طراحی سیستم خبره بر پایه پردازش تصویر به منظور کنترل کیفیت مفتول‌های مسی

محمدمهدی دهدار[۱]، مصطفی جهانگشای رضائی[۲]، مرضیه زرین‌بال ماسوله[۳]، حمیدرضا ایزدبخش[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه؛ mm.dehdar@gmail.com

[۲]عضو هیأت علمی گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه؛ m.jahangoshai@uut.ac.ir

[۳] عضو هیأت علمی، پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات؛ zarinbal@irandoc.ac.ir

[۴] عضو هیأت علمی گروه مهندسی صنایع، دانشگاه خوارزمی؛ hizadbakhsh@khu.ac.ir

چکیده

در محیط‌های صنعتی امروزی، کنترل کیفیت نقش کلیدی را ایفا می‌کند و هر زمان که لازم باشد اقدامات مناسبی به منظور تضمین اینکه محصولات و خدمات تولید شده از استانداردهای کیفی مطمئن برخوردار باشند را انجام می‌دهند. در این تحقیق به طراحی یک سیستم خبره به منظور کنترل کیفیت به طور خودکار پرداخته شده است. در این سیستم خبره ورودی، تصاویری از محصول تولیدی هست. برای این منظور از روش‌های پردازش تصویر استفاده شده است. در ابتدا چون ممکن است تصاویر دارای نویز باشند، پیش پردازش انجام شده و سپس با استفاده از یک سیستم فازی مورد پردازش قرار می‌گیرند. در این سیستم فازی با توجه به تصاویر قوانین خاصی نوشته می‌شود تا ویژگی‌های خاصی را که مورد نیاز هست، استخراج کند. بعد از اینکه ویژگی مورد نیاز استخراج شد، با استفاده از نمودار چارت به دسته‌بندی محصول از لحاظ کیفیت پرداخته می‌شود. رویکرد پیشنهادی در مورد مفتول‌های مسی مورد استفاده قرار گرفته است.

کلمات کلیدی

سیستم خبره، پردازش تصویر، منطق فازی، کنترل کیفیت، مفتول‌های مسی

Design of expert system based on image processing for Copper rods quality control

Mohammad Mahdi Dehdar, Mustafa Jahangoshai Rezaee, Marzieeh Zarinbal Masouleh, Hamidreza Izadbakhsh

M.Sc in Industrial Engineering, Urmia University of Technology; mm.dehdar@gmail.com

Faculty of Industrial Engineering, Urmia University of Technology; m.jahangoshai@uut.ac.ir

Faculty members, Institute of Science and Information Technology, zarinbal@irandoc.ac.ir

Faculty of Industrial Engineering, Kharazmi University; hizadbakhsh@khu.ac.ir

ABSTRACT

Nowadays, in industrial environments, quality control plays a key role and whenever necessary, the appropriate actions should be taken to ensure that the products and services produced meet the quality standards. In this paper, the design of an expert system for automatic quality control is investigated. In this expert system, inputs are images obtained from the products. For this purpose, image-processing methods have been used. At first, it may be noisy images; the pre-processing is done and then a fuzzy system is used to be processed. In this fuzzy system, according to the images, the rules are designed to extract the specific features that are required. After the required attributes are extracted, the control chart is used in terms of quality. The proposed approach has been used for copper wires.

KEYWORDS

Expert system, Image processing, Fuzzy logic, Quality control, Copper rods

۱- مقدمه

از زمانی که انسان توانایی ساخت محصولی را پیدا کرد جهت کنترل کیفیت آن نیز به تلاش پرداخت. با شروع انقلاب صنعتی در اواسط قرن هجدهم، ماشین‌های تولیدی کم‌کم جایگزین ابزار و مهارت فردی افراد هنرمند و صنعتگر گردید. با پیدایش روش‌های جدید و پیچیده تولید، اشتیاق به تولید بیشتر افزایش یافت و بدین ترتیب نیاز به کنترل کیفیت محصول نهایی نیز ابعاد تازه ای پیدا نمود. در محیط های صنعتی امروزی، کنترل کیفیت آماری نقش کلیدی را ایفا می‌کند و هر زمان که لازم باشد اقداماتی به منظور تضمین اینکه محصولات و خدمات تولید شده از استانداردهای کیفی مطمئن برخورد دار باشند را انجام دهند. نمودار کنترل ابزاری برای ارائه تعریف دقیقی از معنای کنترل فرآیند آماری است. بیش‌ترین کاربرد این نمودار ها برای پایش و کنترل فرآیند در حین تولید می‌باشد.

فعالیت‌های کنترل کیفیت انجام شده تاکنون مبتنی بر تخصص نیروی انسانی بوده است؛ که احتمال بروز اشتباهات در فرآیند کنترل کیفیت را بالا می برد. در نتیجه لزوم استفاده از یک سیستم هوشمند که این خطاهای انسانی را تا حد ممکن کم کند، احساس می‌شود. استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر در فرایند دسته‌بندی و کنترل کیفیت نه تنها به کاهش زمان شناسایی کمک می‌کند، بلکه به هماهنگی دسته‌بندی نیز کمک کرده و این باعث یکنواختی بیشتر در ارزیابی کیفیت می‌شود. از طرف دیگر علم پردازش تصویر، از علوم پرکاربرد و مفید در فنون مهندسی می‌باشد که تاکنون مطالعات و تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه صورت گرفته و پیشرفت‌های فراوانی نیز حاصل شده است. در زمینه پردازش تصویر و کنترل کیفیت می توان به تحقیقات زیر اشاره نمود:

دار لین [1] در تحقیقی با استفاده از پردازش تصویر و الگوریتمی خاصی به بررسی کیفیت دیودهای نوری پرداخته است. در این پژوهش به بررسی بصری خودکار از لکه‌های سطحی و نواقصی که در سراسر بافت پس زمینه های مختلف در تراشه‌های تولید شده، پرداخته شده است. بروسنان و همکارانش [2] در تحقیقی به بررسی کاربرد پردازش تصویر در کنترل کیفیت مواد غذایی پرداخته‌اند. رانجان و همکارانش [3] در پژوهشی به بررسی سطوح جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی با رویکرد پردازش تصویر پرداختند. هوسنسکی و همکارانش [4] در تحقیقی از پردازش تصویر به منظور شناسایی عیوب موجود در کاشی استفاده کرده‌اند.

رابینسون و همکارانش [5] از تکنیک پردازش تصویر و بینایی ماشین در کنترل شکل دندانه چرخ دنده استفاده کرده اند و علل برخی از خطاها را مورد تحلیل قرار داده‌اند. اشمیت و همکارانش [6] به منظور شناسایی، تعداد و اندازه‌گیری ترک‌ها و برآمدگی های سطح یک نوع آجر تولید شده، از پردازش تصویر استفاده و کیفیت آجرها را مورد بررسی قرار دادند. ماروس و همکارانش [7] برای بررسی عیوب نخ تولیدی از پردازش تصویر و نمودارهای کنترل کیفیت استفاده کردند. در این تحقیق ارتفاع پرزهای نخ در تصاویر به عنوان یک ویژگی استخراج شده و نمودار کیفیت نخ بر اساس آن رسم شده و عیوب آن از این طریق نمایش داده شده است. زرین بال و همکارانش [8] از یک سیستم خبره پردازش تصویر فازی نوع ۲ برای تشخیص آستروساتیوما[1] در تصاویر MRI استفاده کردند. در واقع در این تحقیق، با توجه به کارهای انجام شده، سعی در استفاده از یک سیستم هوشمند هست که علاوه بر کنترل کیفیت همانند نیروی انسانی، دقت نیز افزایش یابد.

ساختار مقاله در بخش ۲، متدلوژی که شامل پردازش تصویر و کنترل کیفیت است. پس از آن در بخش ۳، رویکرد پیشنهادی در این تحقیق و در بخش ۴، مورد مطالعاتی و نتایج حاصل از تحلیل مورد مطالعاتی است. در انتها در بخش ۵ نتیجه و جمع‌بندی ارائه شده است.

۲- متدولوژی

۲-۱- پردازش تصویر

پردازش تصویر به روش دریافت یک تصویر به عنوان ورودی و اصلاح آن و سپس خروجی یک عدد اندازه‌گیری شده یا توصیفی از آن است. در این زمینه می توان به تحقیقات [9], [10] اشاره نمود.

به طور کلی سه نوع پردازش می‌توان در نظر گرفت : پردازش سطح پایین، سطح متوسط و سطح بالا. پردازش سطح پایین شامل پردازش‌هایی است که باعث کاهش نویز ، بهبود کنتراست و تیز کردن تصویر می شود. در این سطح هم ورودی و هم خروجی پردازش، تصویر است. پردازش سطح متوسط شامل قطعه‌بندی و ناحیه‌بندی تصویر و اشیاء، استخراج پارامترهای اشیاء و دسته‌بندی و شناسایی اشیاء است. در این سطح معمولا ورودی تصویر است و خروجی پارامترهای استخراج شده از تصویر است. درنهایت سطح بالا شامل "ایجاد حس" با کمک اشیاء شناسایی شده و آنالیز تصویر در سطح متوسط است. در واقع دادن قدرت دیدن مثل انسان و تصمیم گیری کردن[11]. در این حوزه ممکن است در تصاویر عدم قطعیت وجود داشته باشد[12].

سیستم‌های منطق فازی در پاسخ به ورودی ناقص، مبهم، تحریف شده و یا غیر دقیق، خروجی قابل قبول ولی مشخص تولید می‌کنند.

بنیاد منطق فازی بر نظریه مجموعه‌های فازی استوار است. این نظریه تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه‌ها در علم ریاضیات است. در نظریه کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر، یا عضو مجموعه است یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک و باینری تبعیت می‌کند. اما نظریه مجموعه‌های فازی این مفهوم را بسط می‌دهد و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند. منطق فازی در زمینه های مختلفی از جمله تشخیص الگو و بینایی ماشین کاربرد موفقی دارد. از منطق فازی می‌توان در لبه‌یابی، بهبود تصویر، بخش‌بندی و کلاس‌بندی تصاویر استفاده نمود[13]. مهمترین دلایل برای پردازش تصویر فازی عبارتند از[11]:

۱. تکنیک های فازی ابزار قدرتمند برای نمایش و پردازش دانش هستند.
۲. تکنیک های فازی مدیریت کارامدی بر ابهام و ایهام می‌توانند داشته باشند.

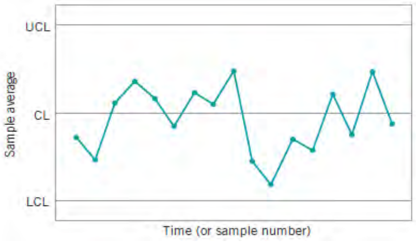
در بسیاری از کاربردهای پردازش تصویر، دانش فرد خبره برای غلبه بر مشکلات در تشخیص، تجزیه و تحلیل و غیره استفاده می شود. در واقع نظریه مجموعه فازی و منطق فازی ابزار قدرتمند برای نشان دادن و پردازش اطلاعات انسان در قالب قوانین فازی IF-THEN هستند.

۲-۲- نمودار کنترل

کنترل کیفیت آماری در دهه ۱۹۲۰ توسط والتر شوهارت از آزمایشگاه‌های بل تلفن آمریکا پایه گذاری گردید. وی در یادداشتی در ۱۶ می ۱۹۲۴ اولین تصویر نمودارهای کنترل را ترسیم کرد و به بررسی بیشتر این روش در مطالعات بعدی خود پرداخت و نتیجه تحقیقات خود را در کتابی تحت عنوان ((کنترل اقتصادی کیفیت محصولات ساخته شده)) در سال ۱۹۳۱ منتشر ساخت[14]. دو همکار دیگر شوهارت به نامهای داج و رومیگ نیز کاربرد تئوری آمار را در نمونه گیری بررسی کردند و نتیجه کار آنان منجر به انتشار جداول معروف بازرسی داج-رومیگ در سال ۱۹۴۴ گردید. مجموعه کارهای شوهارت،داج و رومیگ اساس علمی را تشکیل می دهد که امروزه کنترل کیفیت آماری خوانده می شود.

در یک نمودار کنترل، یک مشخصه کیفی که بر اساس اطلاعات نمونه، اندازه‌گیری یا محاسبه شده است برحسب شماره نمونه یا زمان نمایش داده می‌شود(شکل(۱)). در این نمودار دو حد بالا و پایین به‌گونه‌ای انتخاب می‌شوند که اگر فرآیند تحت کنترل باشد آنگاه تقریباً کلیه نقاطی که بر اساس اطلاعات نمونه محاسبه شده‌اند بین این حدود واقع شوند. تا زمانی که نقاط بین این حدود کنترل قرار می‌گیرند، فرض می‌شود که فرآیند تحت کنترل است و نیازی به اقدام اصلاحی نیست. اگر نقطه‌ای خارج از حدود کنترل رسم شود، آنگاه نتیجه‌گیری می‌شود که فرآیند در شرایط خارج از کنترل به سر می‌برد و اقدامات اصلاحی برای شناسایی منبع ایجاد انحراف یا انحرافات با دلیل و حذف آن‌ها ضروری است. معمولاً مرسوم است که نقاط رسم شده بر روی نمودار کنترل به‌وسیله خط راست به یکدیگر وصل شوند تا راحت‌تر بتوان توالی نقاط در طول زمان را مشاهده کرد[15].

حتی اگر کلیه نقاط در داخل حدود کنترل واقع شوند ولی داری یک روند غیر تصادفی یا نظام‌مند باشند آنگاه آن را می‌توان به عنوان نشانه‌ای از فرآیند خارج از کنترل در نظر گرفت[15].



شکل (۱): نمونه ای از نمودار کنترل

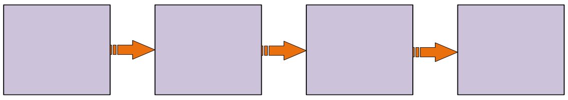
۳- رویکرد پیشنهادی

طراحی یک سیستم خبره برای کنترل کیفیت خودکار یک محصول شامل دو بخش است: بخش اول استراتژی برای طراحی و ساخت سیستم خبره و بخش دوم بکار بردن این استراتژی[8].

بخش اول: استراتژی برای ساخت یک سیستم خبره، شامل گام‌های زیر است:

- استخراج ویژگی از تصاویر با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر.
- ترسیم کنترل چارت بر اساس ویژگی‌های بدست آمده از تصاویر.
- ایجاد قوانین براساس نظر خبرگان.
- بررسی و استنتاج نتایج بدست آمده.

بخش دوم: برای بکارگیری استراتژی بالا، به چهار زیر گام ۱) تهیه تصاویر ۲) پیش پردازش ۳) استخراج ویژگی ۴) استدلال تقریبی که در شکل (۲) نشان داده شده نیاز است. تصویر و شماره نمونه به عنوان ورودی در نظر گرفته می شود. این چهار مرحله بر روی تصاویر اعمال می‌شوند و شماره نمونه در مرحل آخر مورد استفاده قرار می‌گیرد[13].



شکل (۲): گام‌های سیستم پردازش تصویر

به طور خلاصه قسمت‌های تهیه تصاویر، پیش پردازش، استخراج ویژگی و استدلال تقریبی به شرح زیر می‌باشد.

تهیه تصویر یک گام بسیار مهم برای کنترل کیفیت اتوماتیک است زیرا داده های ورودی را برای کل فرایند فراهم می‌کند. در این مرحله برای به دست آوردن تصاویر با مشخصات مورد نیاز، دوربین یا هر دستگاه برای گرفتن تصاویر دیجیتال استفاده می شود.

تکنیک های پیش پردازش بسیاری وجود دارد که باتوجه به تصاویر مختلف قابل اجرا هستند. نویز تصویر در مرحله قبل از پردازش با استفاده از فیلترهای معمول (فیلتر میانه[۲]، گوسی[۳] و ...) کاهش می یابد[16]–[18]. ایده کلی فیلتر کردن تعین مقدار یک پیکسل با استفاده از مقادیر دیگر پیکسل اطراف خود است، اما همزمان باید مراقب ساختارهای مهم تصویر مانند لبه‌ها بود.

استخراج ویژگی از یک مجموعه اولیه داده‌های اندازه‌گیری شده، شروع می‌شود و مقادیر مشتق شده (ویژگی ها) را در نظر می‌گیرد که به تسهیل مراحل یادگیری، تعمیم و در بعضی موارد به تفسیرهای بهتر انسان منجر می‌شود. استخراج ویژگی مربوط به کاهش ابعاد است. یک کاربرد بسیار مهم استخراج ویژگی در پردازش تصویر است که در آن الگوریتم ها برای شناسایی و جداسازی بخش های مورد نظر یا شکل (ویژگی) یک تصویر دیجیتالی مورد استفاده قرار می‌گیرند. روش های مختلفی برای این منظور طراحی شده است که می‌توان به روش های تشخیص لبه، که با استفاده از تغییرات شدت روشنایی بدست می‌آیند، اشاره کرد. روشهای کنی و سوبل دو روش شناخته شده از روش‌های شناسایی لبه هستند.

رویکرد منطق فازی برای تشخیص لبه این امکان را می‌دهد که از توابع عضویت برای تعریف درجه عضویت یک پیکسل برای تعلق به یک لبه استفاده شود.

تعریف قوانین مناسب برای تشخیص خرابی یکی از مهمترین مراحل است. قدرت یک موتور استنتاج بر اساس دقت داده‌های ورودی و قوانین از پیش تعریف شده است.

برای انجام این کار از نرم‌افزار MATLAB® R2016a استفاده شده است.

درقسمت بعد به طور مفصل به شرح انجام کار روی مطالعه موردی و نتایج بدست آمده از آن پرداخته می شود.

۴- مورد مطالعاتی و تحلیل نتایج

یکی از گام‌های مهم در صنعت تولید میله های مسی، کنترل کیفیت است و معمولا شامل اقدامات زیر است. ابتدا نمونه‌ای به طول ۳۵سانتی‌متر از هر کلاف تولیدی انتخاب شده و درون دستگاه تست پیچش تعبیه می‌گردد. سپس جهت آشکار شدن عیوب داخلی آن با سرعت ۱۵ دور بر دقیقه، چند دور به چپ و راست پیچانده می‌شود[19]. در ادامه همانطور که در بخش رویکرد پیشنهادی مراحل کار توضیح داده شده است:

مرحله ۱: تهیه تصویر

در مرحله اول و به منظور تهیه تصاویر با مشخصات مورد نیاز، از دوربین کانن SX510 استفاده شد. تصاویر گرفته شده با فرمت JPEG و در ابعاد ۴۰۰ × ۳۰۰ است. تمام تصاویر در یک فاصله ثابت و از بالای سطح میله گرفته شداند. شکل (۳)، نمونه ای از یک مفتول سالم و شکل (۴) نمونه از مفتول خراب پس از تست را نشان می‌دهند.

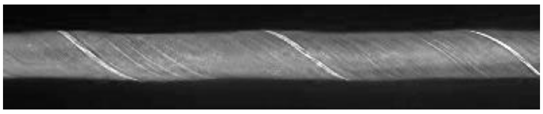
شکل (۳): نمونه‌ای از مفتول سالم

شکل (۴): نمونه‌ای از مفتول خراب

مرحله ۲: پیش پردازش

تصاویر ورودی مدل رنگی قرمز، سبز و آبی (RGB) هست که بسیار متداول است، متأسفانه سیستم RGB و مدل‌های رنگ مشابه دیگر، برای توصیف رنگ‌ها بر حسب عباراتی که انسان‌ها در تفسیر رنگ در عمل از آن استفاده می‌کنند، مناسب نیستند اما فضای رنگ HSV فضایی است که در آن توصیف رنگ‌ها را برای ذهن بشر بسیار ملموس می‌کند و هر رنگ در این فضا با سه مشخصه‌ی پرده رنگ، اشباع و روشنایی نشان داده می‌شوند.

بعد از تبدیل تصویر به فضای HSV از فضای S استفاده می‌شود. چون که در این فضا کمترین انعکاس نور بر روی سطح مفتول وجود دارد. نمونه ای از تصویر مورد استفاده در شکل (۵) آمده است.

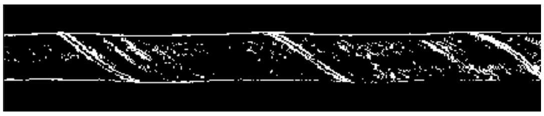


شکل (۵): فضای S از مدل رنگی HSV

در مرحله بعد، نویز احتمالی از تصویر با استفاده از فیلتر کاهش می‌یابد و لبه‌ها تیز می‌شوند. به دلیل اینکه اطلاعات کافی در مورد نویزهای موجود در تصاویر وجود ندارد، در اینجا تنها فیلتر گاوسی برای کاهش نویز استفاده می‌شود. بعلاوه استفاده نامناسب از این روش ها، ممکن است به افزایش نویز و یا حذف جزئیات منجر شود[12]. همچنین تصاویر کنتراست[۴] پایین، می‌توانند از نورپردازی ضعیف، کاستی محدوده‌ی پویایی در حسگر تصویربرداری یا حتی تنظیمات اشتباه عدسی در طی تصویربرداری ناشی شوند. کشش کنتراست، فرآیندی است که گستره سطوح شدت روشنایی تصویر را به‌نحوی گسترش می‌دهد که تمامی محدوده‌ی شدت روشنایی لوازم تصویربرداری و نمایش را پوشش دهد[20].

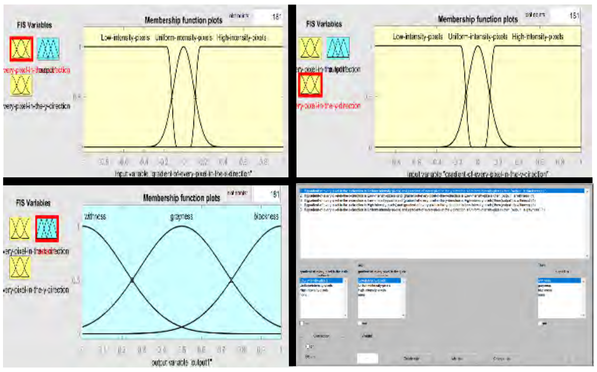
مرحله ۳: استخراج ویژگی

در این مرحله باید ویژگی مورد نیاز از مفتول‌های مسی استخراج شود. با استفاده از لبه یاب هایی نظیر سوبل[۵]، پرایوت[۶]، کنی[۷] و ... اعمال آنها به تصویر نتیجه ای مطابق شکل (۶) حاصل می‌شود که هم لبه و هم خرابی مشخص شده است اما با استفاده از سیستم فازی نتیجه بهتری ایجاد می شود که در ادامه به توضیح آن پرداخته می‌شود.



شکل (۶): خروجی تصویر از اعمال لبه‌یاب کنی

اما رویکرد ما مشخص کردن خرابی ها در سطح مفتول مسی است لذا با تعریف یک سیستم مناسب فازی و همچنین رول‌های مناسب می توان به این هدف دست. برای این کار برای ورودی ها و خروجی ها سه mf تعریف می شود، شکل (۷) ورودی ها، خروجی و رول‌ها را نشان می دهد.

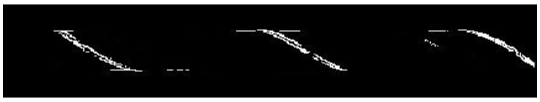


شکل (۷): سیستم فازی. ورودی‌ها، خروجی و قوانین

حال با استفاده از سیستم فازی ساخته شده و اعمال آن به تصویر، خروجی مطابق شکل (۸) حاصل می شود.

شکل (۸): خروجی تصویر سیستم فازی

همانطور مشاهده می شود، خرابی های موجود در سطح مشخص شده اند حال با قرار دادن یک استانه برای حذف نقاطی که کمترین جرم را دارند که سطح خرابی ها بهتر مشخص می شوند(شکل(۹)).



شکل (۹): حذف نقاط با کمترین جرم

در اینجا با شمردن تعداد پیکسل های سفید در هر تصویر، خرابی‌های آن تصویر برای استخراج کنترل چارت بدست می آید.

مرحله ۴: استدلال تقریبی

در مرحله قبل برای هر تصویر ویژگی استخراج شد که در جدول (۱) نماش داده شده است. ستون اول شماره تصاویر یا نمونه و ستون دوم تعداد پیکسل های خرابی مفتول آمده است.

۵- نتیجه و جمع‌بندی

در این پژوهش، رویکردی برای استفاده از یک سیستم خبره با استفاده از پردازش تصویر و کنترل کیفیت ارائه شد. در ابتدا روی تصاویر پیش پردازش شده و سپس باتوجه به مزیت سیستم‌های فازی از این سیستم در پردازش تصویر استفاده و ویژگی مناسب استخراج شد. سپس با استفاده از ویژگی استخراج شده، نمودار چارت رسم و هر کدام از نمونه‌ها به دو دسته سالم و خراب دسته‌بندی شدند.

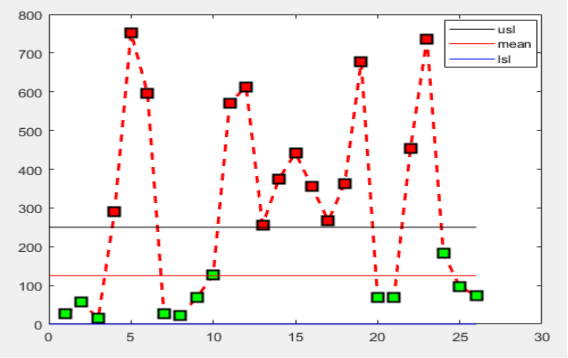
حال اگر بتوان ویژگی‌های بیشتری از تصاویر استخراج کرد و بکار بردن آنها می‌توان قوانینی برای سیستم خبره ساخت که در دسته‌بندی محصول به چند کیفیت مورد استفاده قرار گیرد.

جدول (۱): اندازه و نوع قلم‌ها

نمونه	عدم انطباق
1	26
2	57
3	14
4	290
5	753
6	597
7	26
8	22

9	68
10	128
11	571
12	613
13	256
14	375
15	442
16	355
17	267
18	363
19	677
20	68
21	68
22	454
23	737
24	184
25	96
26	74

حال با توجه به ویژگی بدست آمده یک نمودار چارت کشیده می‌شود(شکل (۱۰)). حال با توجه به دانش فرد خبره و نمودار چارت به استخراج قوانین برای دسته‌بندی هر مفتول پرداخته می‌شود.



شکل (۲۰): نمودار چارت بدست آمده از نتایج

۶- مراجع

[1] H. Lin, "Automated defect inspection of light-emitting diode chips using neural network and statistical approaches," *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 1, pp. 219–226, 2009.

[2] T. Brosnan and D. Sun, "Improving quality inspection of food products by computer vision – – a review," vol. 61, pp. 3–16, 2004.

[3] R. Ranjan *et al.*, "Classification and identification of surface defects in friction stir welding: An image processing approach," *J. Manuf. Process.*, vol. 22, pp. 237–253, 2016.

[4] Ž. Hocenski and S. Vasili, "Improved Canny Edge Detector in Ceramic Tiles Defect Detection," pp. 3328–3331, 2006.

[5] H. Search, C. Journals, A. Contact, M. Iopscience, and I. P. Address, "The accuracy of image analysis methods in spur gear metrology," vol. 860, 1995.

[6] K. M. Schmitt, J. R. Riddington, R. C. D. Young, D. M. Budgett, and C. R. Chatwin, "Image Processing Applied to Brick Quality Control," pp. 434–440, 2000.

[7] T. M. Caner, "Monitoring chenille yarn defects using image processing with control charts," 2011.

[8] M. Zarinbal, M. H. Fazel Zarandi, I. B. Turksen, and M. Izadi, "A Type-2 Fuzzy Image Processing Expert System for Diagnosing Brain Tumors," *J. Med. Syst.*, vol. 39, no. 10, p. 110, 2015.

[9] M. Egmont-Petersen, D. de Ridder, and H. Handels, "Image processing with neural networks—a review," *Pattern Recognit.*, vol. 35, no. 10, pp. 2279–2301, 2002.

[10] G. Stockman, *Computer Vision*. 2001.

[11] A. Gubbi and M. F. Azeem, "Type-2 Fuzzy Logic for Edge Detection of Gray Scale Images, Fuzzy Inference System - Theory and Applications," vol. 3, no. 3, pp. 280–296, 2012.

[12] M. Hanmandlu, D. Jha, and R. Sharma, "Color image enhancement by fuzzy intensification," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 24, no. 1, pp. 81–87, 2003.

[13] M. H. Fazel Zarandi, M. Zarinbal, and M. Izadi, "Systematic image processing for diagnosing brain tumors: A Type-II fuzzy expert system approach," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 11, no. 1, pp. 285–294, 2011.

[14] F. F. Gan, "Joint monitoring of process mean and variance using exponentially weighted moving average control charts," *Technometrics*, vol. 37, no. 4, pp. 446–453, 1995.

[15] D. C. Montgomery, C. L. Jennings, and M. E. Pfund, *Managing, controlling, and improving quality*. John Wiley & Sons, 2011.

[16] J. C. Russ, N. Carolina, and F. Group, *Image*. .

[17] L. Landini, M. Lombardi, and A. Benassi, "Noise filtering methods in mri," in *Advanced Image Processing in Magnetic Resonance Imaging*, CRC Press, 2005, pp. 169–185.

[18] N. Durak, O. Nasraoui, and J. Schmelz, "Coronal loop detection from solar images," *Pattern Recognit.*, vol. 42, no. 11, pp. 2481–2491, 2009.

[19] P. A. Cooley and A. E. Rapuzzi, *National Directory of Commodity Specifications: Classified and Alphabetical Lists and Brief Descriptions of Specifications of National Recognition*, vol. 178. US Government Printing

Office, 1945.
[20] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*. 2008.

زیرنویس‌ها

۱ Astrocytoma
۲ Median Filter
۳ Gaussian
۴ Contrast
۵ Sobel
۶ Prewitt
۷ Canny