The 9th International Conference on Web Research
ICWR2023
May 3th-4th, 2023 ,Tehran, Iran

Study and Evaluation of Quality Control Systems in Industrial Production Using Image Processing, Machine Learning and Deep Learning Techniques

[1]Shiva Cheraghi, [2]Abdolah Chalechale*

[1]MSc. Student of Multimedia Systems, Faculty of Eng., Razi University, Kermanshah, Iran
shiwacheraghi.it.7@gmail.com

[2]Associate Professor, Faculty of Eng., Razi University, Kermanshah, Iran
chalechale@razi.ac.ir

Abstract

In recent years, with the growth of science and technology and the creation of competitive markets in various industries measuring the quantitative and qualitative parameters of the final products has become very important. Having a qualified product is the most important part of a production line. Nowadays, there are a few advanced factories that their production is not controlled by intelligent machine vision and image processing-based techniques usually on the Web. Real-time quality management allows increasing production efficiency. The main purpose of this article is to precisely analyze and evaluate some important and influential image processing-based, machine learning-based, and deep learning-based techniques used on the Web that have been employed in the field of quality control. The paper also aims to provide a proper road map for finding the most effective and efficient techniques for the future Web-based projects in the area of quality control.

Keywords: Image Processing, Machine Learning, Deep Learning, Defect Detection, Web-Based Quality Control.

.

The 9th International Conference on Web Research
ICWR2023
May 3th-4th, 2023, Tehran, Iran

مطالعه و ارزیابی سیستم‌های کنترل کیفیت در فرآیند تولید صنعتی با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق

شیوا چراغی[۱] و عبداله چاله چاله[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های چندرسانه‌ای، گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشکده فنی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
shiwacheraghi.it.7@gmail.com

[۲] دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشکده فنی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
chalechale@razi.ac.ir

چکیده

در سال‌های اخیر با رشد علم و فناوری و ایجاد بازارهای رقابتی در صنایع مختلف، لزوم کنترل کیفیت، اندازه‌گیری پارامترهای کمی و کیفی محصول نهایی اهمیت به سزایی پیداکرده است. داشتن یک محصول باکیفیت مهم‌ترین بخش از یک خط تولید است، به‌طوری‌که امروزه کمتر کارخانه پیشرفته‌ای وجود دارد که بخشی از تولید آن توسط برنامه‌های هوشمند بینایی ماشین و پردازش تصویر ترجیحاً مبتنی بر وب کنترل نشود. مدیریت کیفیت در زمان واقعی و بر خط، امکان افزایش کارایی تولید رابه نحو مؤثری فراهم می‌کند. بر این اساس، هدف اصلی این مقاله بررسی و ارزیابی دقیق برخی از تکنیک‌های مهم و تأثیرگذار مبتنی بر پردازش تصویر، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق است که در زمینه کنترل کیفیت محصولات صنعتی در بستر وب استفاده می‌شوند. علاوه بر این، تحقیق حاضر قصد دارد نقشه راه مناسبی برای رسیدن به روش‌های مؤثر و پرسرعت در تحقیقات آتی، در حوزه کنترل کیفیت صنعتی در فضای وب را نیز ارائه دهد.

کلمات کلیدی

پردازش تصویر، یادگیری ماشین، یادگیری عمیق، تشخیص نقص، کنترل کیفیت در وب

۱- مقدمه

تشخیص برخی ناهنجاری‌ها موضوع اصلی بازرسی صنعتی است که در کنترل کیفیت از اهمیت بالایی برخوردار است[۱]. این مسئولیت بر عهده شرکت است که محصولات باکیفیت بالا و طبق روال استاندارد تولید کند[۲]. اطمینان از اینکه فرآیند تولید تحت کنترل است و مطابق انتظار کار می‌کند، مستلزم تشخیص عیب است[۳]. یکی از راه‌های افزایش بهره‌وری شناسایی به‌موقع محصولات معیوب است. وجود نقص در برخی محصولات ممکن است ثبات، مقاومت و دوام محصول را کاهش دهد. وجود نقص به دلایل مختلف ازجمله کیفیت پایین مواد، واکنش‌های شیمیایی، بلایای طبیعی ممکن است رخ دهد؛ بنابراین نقص موجود در محصول باید شناسایی و اصلاح شود.

در حال حاضر کنترل کیفیت محصولات معمولاً به‌صورت دستی توسط افراد آموزش‌دیده انجام می‌شود. روش کنترل دستی بسیار زمان‌بر و ناکارآمد است و می‌تواند باعث محدودیت جدی در ظرفیت تولید شود[۴]. روش کنترل دستی نمی‌تواند نیازهای تولید را برآورد کند؛ بنابراین لازم است یک رویکرد بازرسی بصری کارآمد و خودکار برای سرعت بخشیدن به کنترل کیفیت، کاهش هزینه‌ها و افزایش دقت تشخیص ارائه شود که درنهایت منجر به افزایش بهره‌وری خواهد شد. دستگاه‌های خودکار دارای پیامد بهتر و مزیت اقتصادی روشن و قابل اثبات نسبت به روش‌های جایگزین است. این منافع ممکن است مستقیم باشند مانند کاهش هزینه‌های تولید، همچنین نقایص را با دقت بالاتر و سرعت بیشتر تشخیص دهند، یا غیرمستقیم مانند یک محیط کار با خطای کمتر را فراهم می‌کنند. سیستم‌های پردازش تصویر و یادگیری ماشین را می‌توان در راستای اهداف متفاوتی مانند طبقه‌بندی محصولات بر اساس شکل و اندازه، تشخیص نقایص محصولات و درجه‌بندی کیفیت استفاده کرد

هدف از این مطالعه معرفی و بررسی دقیق سامانه‌هایی است که قادر به تشخیص نقص محصولات مختلف صنعتی با استفاده از پردازش تصویر، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق بوده و می‌توانند در محیط وب نیز به کار گرفته شوند؛ بنابراین از طریق این مطالعه می‌توان با سیستم‌های تشخیص

نقص خودکار محیط وب آشنا شد و آن‌ها را در محل مناسب و به شکل مؤثر در محیط وب نیز به کار گرفت.

بر این اساس سازمان‌دهی مقاله به این شکل است که در بخش دوم کاربردهای متنوع پردازش تصویر، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق در تشخیص نقص محصولات صنعتی مختلف که قابلیت استفاده در محیط وب را نیز داشته، مورد بررسی و ارزیابی دقیق قرار می‌گیرند و نهایتاً در بخش سوم نتیجه‌گیری مطالب و نقشه راه برای کارهای آتی، خصوصاً در محیط وب، بیان می‌شود.

۲- کاربرد پردازش تصویر و یادگیری عمیق در تشخیص نقص محصولات

بررسی وضعیت ظاهری تولیدات صنعتی یکی از موارد بسیار مهم است که پس از تولید و در انتهای فرآیند تولید باید انجام شود. تشخیص خودکار ناهنجاری‌های سطحی با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و یادگیری ماشین به یک حوزه تحقیقاتی جالب و امیدوارکننده تبدیل شده است. روش یادگیری عمیق به مناسب‌ترین رویکرد برای تشخیص نقص تبدیل شده است. آن‌ها به سیستم بازرسی اجازه می‌دهند تا با نشان دادن تعدادی تصویر نمونه تشخیص ناهنجاری‌های سطحی را بیاموزند[۵]. سیستم‌های بازرسی مدرن مبتنی بر حسگرهای هوشمند مانند پردازش تصویر و بینایی ماشین به‌طور گسترده در چندین زمینه صنعت مانند کنترل فرآیندها و ساخت روباتیک در کارخانه‌ها گسترش یافته‌اند. پردازش تصویر دیجیتال برای استخراج ویژگی‌های مختلف استفاده می‌شود، این کار توسط کامپیوترها و بدون دخالت انسان انجام می‌شود. یکی از مهم‌ترین عملیات روی تصویر دیجیتال شناسایی و طبقه‌بندی انواع عیوب مختلف است. در این بخش چندین مطالعه مبتنی بر یادگیری عمیق و پردازش تصویر برای تشخیص عیوب سطحی محصولات را معرفی و بررسی می‌کنیم.

۲-۱- تشخیص نقص چوب

نقص چوب بر کیفیت تولید محصولات چوبی تأثیر می‌گذارد. پارامترهای سطح پانل چوب مانند رنگ، بافت و زبری ارتباط مستقیمی با زیبایی بصری و عملکرد تزئینی محصولات چوبی دارد. علاوه بر این ارتباط تنگاتنگی با ارزیابی کیفی محصولات چوبی دارند. کیفیت چوب با توجه به تعداد نقص روی آن تعیین می‌شود بنابراین دستیابی به تشخیص و مرتب‌سازی خودکار و هوشمند پانل‌های چوب ازنظر تئوری و عملی مهم است. یادگیری عمیق به‌عنوان یکی از متداول‌ترین روش‌های مورد استفاده در تشخیص گره‌های چوب به نتایج قابل‌توجهی دست یافته است[۶].

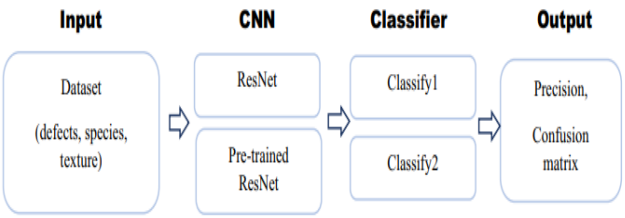
مقاله [۷] به بررسی استراتژی‌های یادگیری عمیق بر اساس معماری ResNet18 برای طبقه‌بندی تصاویر چوب برای چهار مجموعه داده می‌پردازد. در این مقاله معماری ResNet انتخاب شده زیرا به قدرت پردازش کامپیوتری کمتری در مقایسه با معماری VGG نیاز دارد. معماری ResNet18 با ۱۸ لایه انتخاب شده است که دارای کمترین تعداد پارامتر و حداقل نیاز به سخت‌افزار کامپیوتری در مقایسه با سایر معماری‌های مبتنی بر ResNet با تعداد لایه‌های بیشتر است. دو طبقه‌بندی کننده (طبقه‌بندی۱ و طبقه‌بندی۲) به عنوان لایه آخر معماری ResNet طراحی شده‌اند. مجموعه داده به هر دو ورودی ResNet و ResNet از پیش آموزش دیده با ساختار طبقه‌بندی۱ و طبقه‌بندی۲ وارد می‌شود، در نهایت نتایج طبقه‌بندی شامل دقت و ماتریس سردرگمی به عنوان خروجی نشان داده می‌شوند. معماری کلی سیستم در شکل (۱) نشان داده‌شده است.

رویکرد پیشنهادی به‌طور مستقل با چهار مجموعه داده Lumber defect dataset 1، Lumber defect dataset 2، Wood texture classification dataset، Lumber species dataset که به‌صورت دستی توسط کارشناسان جمع‌آوری شده مورد ارزیابی قرار گرفته است. به‌طورکلی ۸۰٪ داده‌ها برای آموزش و ۲۰٪ داده‌ها برای آزمایش استفاده می‌شوند. دقت رویکرد پیشنهادی برای چهار مجموعه داده استفاده شده ۹۸/۱۶، ۹۳/۳۲، ۹۶/۶۴ و ۹۹/۵۰ درصد به‌دست آمده است.

در مقاله [۸] یک سیستم بازرسی بصری خودکار برای مکان‌یابی و طبقه‌بندی عیوب روی سطح روکش چوب ارائه شده است. سیستم‌های بینایی کامپیوتری با استفاده از دوربین‌های ویدئویی با وضوح و سرعت‌بالا محصولات را اسکن می‌کنند و کیفیت محصول را از طریق الگوریتم و تکنیک‌های یادگیری عمیق بررسی می‌کنند اما به‌اندازه کافی دقیق یا سریع نیستند. هدف اصلی در این مقاله بهینه‌سازی سرعت تشخیص نقص است. برای بهبود نتایج از مدل‌های شبکه عصبی از پیش آموزش‌دیده برای یادگیری استفاده شده است. از مدل‌های شبکه عصبی VGG, AlexNet, BNI و ResNet 152 [۹] استفاده شده است.

در مقاله [۱۰] الگوریتم جدیدی برای تشخیص عیوب چوب پیشنهاد شده است. در این روش، بعد از خواندن تصویر ورودی، پیش پردازش لازم برای تبدیل تصویر رنگی به خاکستری انجام می‌شود. سپس تکنیک استخراج ویژگی الگوی باینری محلی (LBP[1]) با روش هشت همسایگی و چندین مقدار شعاع به‌کار برده می‌شود و درنهایت از طبقه بند ماشین بردار پشتیبان (SVM[2]) برای طبقه‌بندی عیوب و ارزیابی عملکرد اعمال می‌شود. نتایج تجربی نشان می‌دهد که میانگین دقت به‌دست‌آمده ۶۵٪ است. این تکنیک برای طبقه‌بندی عیوب چوب نسبتاً خوب عمل می‌کند.

در پژوهش [۱۱] شناسایی گونه‌های مختلف چوب با استفاده از روشی مبتنی بر شبکه عصبی پیچشی انجام می‌شود. در این مطالعه معماری‌های مختلفی مانند MobileNet-V2 [۱۲]، DenseNet-121 [۱۳] و ResNet-50 [۱۴] ارزیابی‌شده است. معماری ResNet-50 بیشترین تعداد پارامتر و بهترین عملکرد پیش‌بینی را دارد، اما با وجود این در مرحله استنتاج کند



شکل (۱): معماری کلی طبقه‌بندی چوب [۷]

عمل می‌کند. معماری DenseNet-121 و MobileNet-V2 معماری‌های پیشـــرفته‌ای هســـتند که تعداد پارامترها را کاهش می‌دهند و ســـرعت زمان استنتاج را بالا نگه می‌دارند. به‌طورکلی دقت ۹۸/۲٪ برای طبقه‌بندی ۱۱ گونه چوب به‌دست‌آمده است.

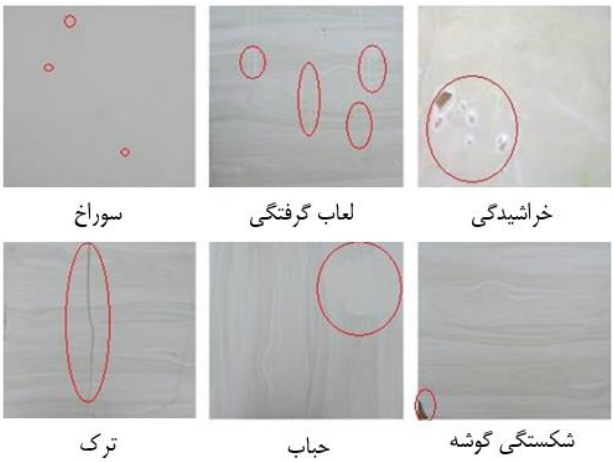
۲-۲- تشخیص عیوب کاشی

در خطوط کنترل کارخانه‌های کاشـی برای اینکه بتوان کاشـی‌ها را درجه‌بندی کرد، نیاز به روش‌هایی برای تشخیص عیوب مختلف بوده که ممکن است، در هنگام تولید بر روی کاشـی‌ها به وجود آید. به گفته کارشـناسـان، کیفیت را می‌توان به تجزیه و تحلیل رنگ، تأثیر ابعاد و تشخیص عیوب سطحی تقسیم کرد. در شکل (۲) انواع نقص سطحی روی کاشی نشان داده شده است.

مطالعه [۱۶] به بررســی رفع محدودیت‌های تشــخیص عیوب بر روی سطوح کاشی سرامیکی با بافت پیچیده می‌پردازد. روش پیشنهادی یک مرجع برای تشخیص عیوب سطحی صنایع مختلفی مانند فولاد، پارچه و شیشـه را فراهم می‌کند. مرحله اول الگوریتم کسب تصویر باکیفیت بالا برای تشخیص دقیق عیوب کاشـی اسـت. سـپس پیش پردازش‌های لازم انجام می‌شـود. لبه کاشی با استفاده از عملگر canny شناسایی می‌شود. گام آخر تشخیص نقص (شـکسـتگی گوشـه و لبه، لکه‌ها، سـوراخ، زخم و ترک‌خوردگی) با الگوریتم SSR^3 اسـت. پارامترهای بهینه مدل از طریق جسـتجوی شـبکه به دسـت می‌آیند. اثربخشـی روش پیشـنهادی از طریق آزمایش‌های مقایسـه‌ای انجام می‌شود. نتایج تجربی نشان می‌دهند که حداکثر میزان دقت روش پیشنهادشده ۹۸٪/۷۵ است.

۲-۳-تشخیص عیوب پارچه

تشخیص نقص پارچه مرحله مهمی از کنترل کیفیت در صنعت نساجی است. کیفیت تولید نهایی به‌شدت به مواد اولیه بستگی دارد. نقص پارچه قیمت آن را کاهش می‌دهد و حتی می‌تواند باعث عدم رضـایت مشـتری شـود. بازرسـی کیفیت در پایان روند بافت در خارج از خط انجام می‌شـود[۱۷]. انواع مختلف نقص پارچه در شکل (۳) نشان داده‌شده است.



شکل (۲): انواع نقص سطحی روی کاشی[۱۵]

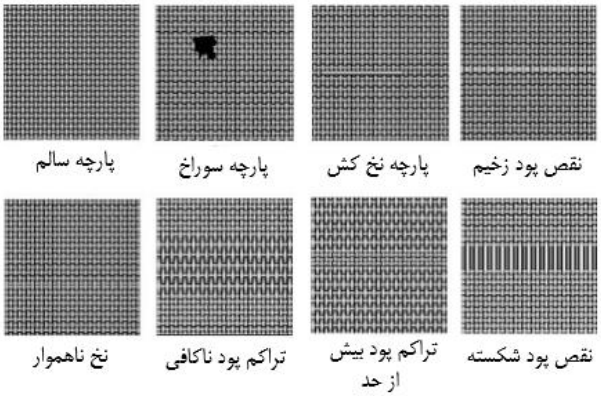
در مقاله[۱۸] هدف ایجاد یک سیستم تشخیص نقص در پارچه‌هایی که بافت یکنواخت دارند، با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و شبکه عصبی است. الگوریتم استفاده شده ترکیبی از عملیات ریخت شناسی و آستانه گذاری برای استخراج ویژگی است. روش پیشنهادی متشکل از دو سیستم تعبیه شده شـامل یک دوربین برای تصـویربرداری و یک الگوریتم اسـتخراج و طبقه‌بندی نقص اسـت. در این مطالعه شـرایط مختلف نور برای شـناسـایی نقص هنگام تصـویربرداری نیز مورد بررسـی قرار گرفته اسـت. نتایج نشـان می‌دهند که استفاده از پرتوهای نوری قرمز، آبی، سبز و اشعه فرابنفش بر اساس رنگ مواد مؤثرتر از پرتو نور سفید است. درنهایت نتایج نشان می‌دهد که استفاده از اشعه فرابنفش، نسـبت به سـایر پرتوهای نوری برای تشـخیص نقص لکه روغن بر روی پارچه بهتر عمل می‌کند.

در مقاله [۱۹] پژوهشـگران یک آشـکارسـاز خطای نسـاجی با اسـتفاده از تکنیک‌های پردازش تصـویر ارائه می‌دهند. الگوریتم این روش به این صـورت است که ابتدا تصویر را از ورودی می‌گیرد، سپس تصویر را به سطح خاکستری تبدیل می‌کند، در ادامه حذف نویز، ســپس تبدیل به‌عکس باینری و درنهایت استخراج هیستوگرام و آستانه گذاری انجام می‌شود. روش پیشنهادی با دقت ۹۰٪ نقص‌های پارچه را طبقه‌بندی می‌کند.

۲-٤-تشخیص عیوب فلز

بازرســی خودکار عیوب ســطح فلزی در رابطه با کنترل کیفیت محصــولات صنعتی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. تشخیص عیوب فلزی معمولاً در یک فرآیند پیچیده صـنعتی انجام می‌شـود که یک مشـکل چالش‌برانگیز را مطرح می‌کند [۲۰] .

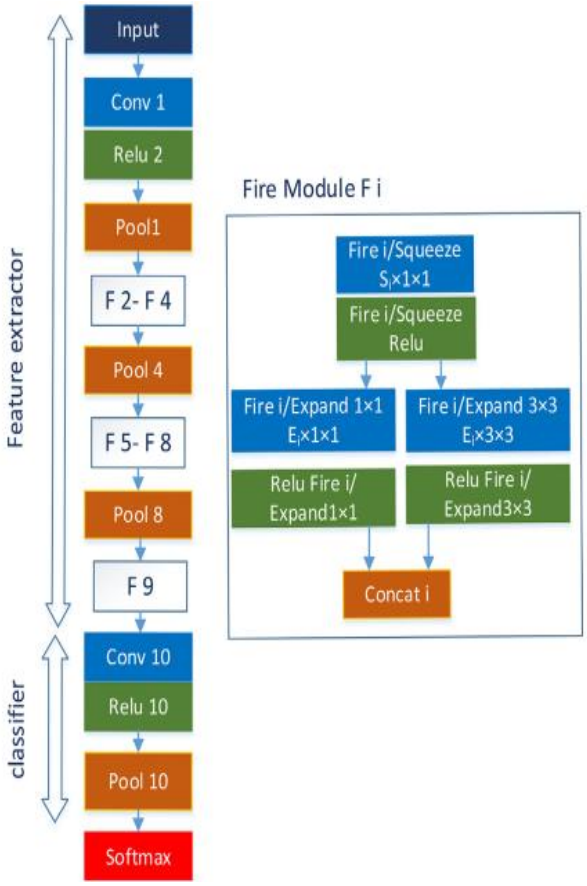
در مقاله [۲۱] از یک طبقه بند که شامل معماری شبکه عصبی ResNet152 و ResNet50 بوده برای تشخیص خراش روی سطوح فلزی استفاده می‌شود. تکنیک پیشنهادی از تشخیص عیوب در تصاویر پشتیبانی می‌کند و این کار را با دقت بالایی انجام می‌دهد. الگوریتم پیشنهادی بر روی مجموعه داده severstal: steel defect detection [۲۲] پیاده‌سازی شده است. در این مطالعه بهترین مدل طبقه بند مبتنی بر شبکه عصبی ResNet52 است. مدل آموزش‌دیده تشخیص عیوب در تصاویر را ممکن می‌سازد و همین‌طور با دقت بالایی انجام می‌شود. در اینجا دقت طبقه‌بندی بر اساس داده‌های آزمایش ۹۷/۱۴٪ گزارش شده است.



شکل (۳): انواع نقص پارچه [۱۷]

پژوهشـــگران در مقاله [۲۳] یک مدل شـــبکه عصـــبی که بر آموزش ویژگی‌های ســـطح پایین تأکید می‌کند را ارائه داده‌اند تا به طبقه‌بندی عیوب ســـطح فولاد به‌صـــورت ســـریع و دقیق دســـت یابند. روش پیشـــنهادی از SqueezeNet [۲۴] از پیش آموزش‌دیده اسـتفاده می‌کند. روش پیشـنهادی آن‌ها فقط به مقدار کمی از نمونه‌های آموزشـی خاص برای تنظیم دقیق مدل از پیش آموزش‌دیده پژوهشگران در مقاله [۲۳] یک مدل شبکه عصبی که بر آموزش ویژگی‌های ســـطح پایین تأکید می‌کند را ارائه داده‌اند تا به طبقه‌بندی عیوب سـطح فولاد به‌صـورت سـریع و دقیق دسـت یابند. روش پیشـنهادی از SqueezeNet [۲۴] از پیش آموزش‌دیده اسـتفاده می‌کند. روش پیشـنهادی آن‌ها فقط به مقدار کمی از نمونه‌های آموزشـی خاص برای تنظیم دقیق مدل از پیش آموزش‌دیده برای دسـتیابی به‌دقت طبقه‌بندی عیوب نیاز دارد. در اینجا مـدل CNN برای تنظیم دقیق ویژگی‌هـای ســـطح پـایین در مـدل از پیش آموزش‌دیده برای مشخص کردن بهتر عیوب سطح فولاد استفاده شده است. این مدل نسـبتاً سـاده بیش از ۱۰۰ تصـویر را با یک واحد GPU NVIDIA پردازش می‌کند.

مدل SqueezeNet از پیش آموزش دیده به‌عنوان سـتون فقرات اتخاذ شـده اسـت، معماری که شـامل ۹ پیمانه آتش[۴] اسـت، پیمانه آتش شـامل یک لایه پیچشی فشرده است. معماری مدل SqueezeNet در شکل (۴) نمایش داده شده است.



شکل (٤): معماری مدل SqueezeNet [۲۳]

۲-۵-تشخیص عیوب بطری

حفظ ایمنی و کیفیت محصـــول از لحظه تولید در کارخانه تا زمان مصـــرف، درگرو بسته‌بندی سالم و بی‌نقص آن محصول است. مخصوصاً دربسته بندی مواد سـیالی مانند انواع بطری‌های نوشـیدنی که امکان خروج و نشـت سـیال همواره وجود دارد این موضـوع اهمیت بیشـتری پیدا می‌کند. انواع عیوب رایج در بطری‌ها در شکل (۵) نشان داده‌شده است [۱].

پژوهشـــگران در مقاله [۲۵] یک ســـیســـتم بینایی رایانه‌ای خودکار تشخیص نقص شکل بطری برای سیستم بازرسی و نظارت بر کیفیت محصول ارائه داده‌اند. بطری نوشـابه به‌عنوان یک محصـول برای سـیسـتم پیشـنهادی آزمایش شـده اسـت. چارچوب تجزیه‌وتحلیل شـامل جمع‌آوری داده‌ها، عملیات ریخت‌شـــناســـی، اســـتخراج ویژگی و طبقه‌بندی نقص اســـت. از عملیات ریخت‌شـناسـی برای تقسـیم‌بندی تصـویر بطری از طریق فرآیند فرسـایش[۵] استفاده شـده اسـت. سـپس برخی ویژگی‌ها مانند مسـاحت و محیط استخراج و طبقه‌بندی انجام می‌شـود. نتایج نشـان داده اسـت که سـیسـتم پیشـنهادی را می‌توان با دقت ۱۰۰٪ برای ۱۰۰ نمونه استفاده کرد.

به‌علاوه یک برنامه پردازش تصـویر برای شـناسـایی بسـته بندی معیوب بطری‌ها در مقاله [۲۶] ارائه‌شده است. در این مطالعه پردازش اولیه تصاویر بر اساس فیلتر Sobel انجام می‌شود. سپس حلقه‌های دهانه بطری توسط تبدیل هاف شناسایی و بعد از شناسایی، تعداد آن‌ها شمارش می‌شود. این عملیات بر روی بسـته‌های ۶ تایی و ۲۰ تایی قابل‌اجرا اسـت. این روش در کشـف بسـته بندی‌های معیوب بطری‌ها از موفقیت خوبی برخوردار شده است.

یک تحقیق برای بررسی و اجرای فناوری‌های بینایی ماشین برای سیستم‌های بازرسی بطری خالی در مقاله [۲۷] ارائه شده است. این مطالعه الگوریتمی را برای مکان‌یابی، ردیابی و تشخیص نقص بر اساس الزامات بازرسی، سادگی و سهولت اجرا ارائه داده است. از این الگوریتم برای بهبود سرعت تشخیص عیوب و سازگاری سیستم با انواع مختلف بطری‌ها استفاده‌شده است. سیستم پیشنهادی در این مقاله می‌تواند دقت و سرعت تشخیص نقص را بهبود دهد.

علاوه بر این‌ها تشخیص بی‌درنگ بطری‌های معیوب در خط تولید کارخانه نوشابه در مقاله [۲۴] نیز بررسی‌شده است. هدف این تحقیق بررسی

الف- عیوب درب ب- عیوب سطح مایع

ج- عیوب برچسب

شکل (۵): عیب‌های رایج برای بازرسی بطری[۱]

یک سامانه بینایی بی‌درنگ برای بازرسی عیوب بطری‌ها و درجه‌بندی آن‌ها در خطوط تولید است. روش اندازه‌گیری عیوب شامل تعیین فاصله و انطباق الگو است. برای این اندازه‌گیری، یک دوربین، رایانه، تسمه‌نقاله، واحد جداساز به همراه نرم‌افزار Lab view استفاده می‌شود. در این سامانه بی‌درنگ، تصمیم‌گیری بر اساس منطق بولین انجام می‌شود و بطری سالم از بطری معیوب جدا می‌گردد. میانگین دقت کلی برای این سامانه ۹۵/۶٪ به‌دست‌آمده است. به‌علاوه به‌طور جداگانه برای بازرسی سطح مایع، درب بطری و صحت اتصال برچسب به ترتیب دقت‌های ۱۰۰، ۹۵ و ۹۰ درصد حاصل‌شده است.

۲-۶-کاربرد پردازش تصویر در ارزیابی کیفیت مواد غذایی

کیفیت مهم‌ترین جنبه صنعت مواد غذایی است. ایمنی مواد غذایی عامل اصلی بر سلامت عموم و یک شاخص قابل اعتماد برای سلامت مواد غذایی است، بنابراین کمی کردن کیفیت مواد غذایی به یک هدف مهم برای صنایع غذایی تبدیل‌شده است[۲۸]. بسیاری از فرآیندهای کنترل کیفیت در صنایع غذایی توسط بازرسی انسانی انجام می‌شود که کاری فشرده و خسته‌کننده است. استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر برای ارزیابی کیفیت غذاهای مختلف سریع، ثابت و غیر مخرب هستند. سیستم بینایی ماشین همراه با تکنیک‌های پردازش تصویر مبتنی بر انواع حسگرهای تصویربرداری می‌توانند برای بازرسی کیفیت، مرتب‌سازی و درجه‌بندی مواد غذایی و آشامیدنی استفاده شوند.

بیماری‌های گیاهی تأثیر مخربی بر ایمنی تولید مواد غذایی دارند و می‌توانند باعث کاهش چشمگیر کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی شوند. در مقاله [۲۹]، از یادگیری انتقالی با شبکه عصبی پیچشی عمیق شامل VGGNet از پیش آموزش‌دیده و یک واحد Inception برای شناسایی بیماری‌های برگ گیاه در یک رویکرد پیشنهادی استفاده شده است. در اینجا به‌جای شروع آموزش با مقداردهی اولیه تصادفی وزن‌ها، آن‌ها را با استفاده از شبکه از پیش آموزش‌دیده روی مجموعه داده بزرگ برچسب‌گذاری شده ImageNet، مقداردهی اولیه می‌کنند و در مجموعه داده‌های عمومی به‌دقت اعتبار سنجی ۹۱/۸۳٪ دست می‌یابند. حتی در شرایط پس‌زمینه پیچیده، میانگین دقت روش پیشنهادی برای پیش‌بینی تصاویر گیاه برنج به ۹۲٪ می‌رسد. رویکرد پیشنهادی می‌تواند به‌طور مؤثر برای تشخیص بیماری‌های گیاهی انجام می‌شود.

در مقاله [۳۰] نحوه ارزیابی غذا با استفاده از تقسیم بندی تصویر و یادگیری ماشین مطرح می‌شود. روش پیشنهادی می‌تواند میوه‌ها را طبقه‌بندی کند و تشخیص دهد که آیا یک میوه آسیب دیده است یا خیر. برای شروع، نویز تصاویر از طریق فیلتر گاوسی حذف می‌شوند، سپس عکس‌ها به‌منظور بهبود کیفیت، تحت فرآیند یکسان‌سازی هیستوگرام قرار می‌گیرند. قطعه‌بندی تصویر با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی K-means انجام می‌شود. سپس، عکس‌های میوه با استفاده از روش‌های یادگیری ماشینی مانند KNN[6]، SVM و C4.5[7] طبقه‌بندی می‌شوند و به ترتیب دقت‌های ۸۴، ۹۸ و ۶۸ درصد حاصل‌شده است.

۳- نتیجه‌گیری و کارهای آینده

برخلاف روش‌های کنترل دستی جهت تشخیص عیوب در خط تولید که باعث افزایش هزینه‌ها، سرعت کم و کاهش دقت می‌شود. استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و بینایی ماشین ضروری به نظر می‌رسد. فرآیند تضمین کیفیت عملکردی است که کامپیوترها به‌جای انسان فرآیندی را کنترل می‌کنند. سیستم‌های بازرسی بصری نه‌تنها می‌توانند چندین نقص را به‌طور هم‌زمان تشخیص دهند، بلکه نوع تخریب را نیز بر اساس شکل و ساختار نقص به‌خوبی تشخیص می‌دهند. برخی از روش‌های تشخیص نقص عملکرد سریع اما دقت کم و برخی با محدودیت و محاسبات پیچیده سروکار دارند. به‌طورکلی هر روش محاسن و معایب خود را دارد که در این مقاله به شرح مختصر آن‌ها پرداخته شد.

در آینده با به‌کارگیری ویژگی‌های مؤثر دارای پیچیدگی محاسباتی ناچیز، مانند انواع مختلف و جدید توصیفگر الگوی دودویی محلی و استفاده از طبقه بندهای قدرتمند مانند ماشین بردار پشتیبان انتظار می‌رود نتایج مؤثری در شناسایی عیوب اشیاء در محیط وب به دست آورد. همچنین استفاده از این ویژگی‌های دستی مؤثر در کنار روش‌های یادگیری عمیق، به‌علاوه استفاده از پردازشگرهای گرافیکی قدرتمند و محاسبات ابری می‌تواند سبب افزایش دقت، سرعت و رفع چالش‌های موجود شده و امکان استفاده از این سامانه‌ها در فضای وب فراهم نماید.

لازم به ذکر است که امروزه اکثر سامانه‌های پردازش تصاویر در محیط وب، برای کاربردهای پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند و نتایج مطلوبی هم در این حوزه به‌دست آمده است. لذا نگارندگان این مقاله قصد دارند که در آینده برخی از روش‌های فوق را بکار گرفته، تغییر و بهبود داده و برای تشخیص مؤثر و پرسرعت عیوب متنوع صنعتی در محیط وب استفاده نمایند. در این مسیر با به‌کارگیری هوش جمعی، توانایی‌های گوشی‌های هوشمند و نیز محاسبات ابری می‌توان سامانه‌هایی کاربردی و کاربرپسند برای کنترل کیفیت صنعتی، در محیط وب طراحی و ایجاد نمود.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از سرکار خانم دکتر سارا خسروی، عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور، به جهت کمک‌های مؤثر و مفید ایشان در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی نمایند.

مراجع

[۱] رسولی شربیانی، فرهنگی، ابراهیم تقی نژاد،" تشخیص بی‌درنگ بطری‌های معیوب در خط تولید نوشابه با استفاده از ماشین بینایی"، نشریه ماشین‌های کشاورزی، جلد ۹، شماره ۱، صص. ۱۳۷-۱۲۳، مشهد، ۱۳۹۶.

[2] U. Sanver, E. Yavuz, C. Eyupoglu, "An Image Processing Application to Detect Faulty Bottle Packaging", proc. *IEEE Int. Conf. Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)*, pp. 986-989, Russia, 2017

[3] P. Bhatt, M. Malhan, R. Rajendran, P. Shah, B. Thakar, S. Yoon, Y. and Gupta, "Image-Based Surface Defect

[20] X. Tao, D. Zhang, W. Ma, X. Liu, D. Xu, "Automatic Metallic Surface Defect Detection and Recognition with Convolutional Neural Networks ", *Appl. Sci, vol. 9, no. 8*, 2018

[21] I. Konovalenko, P. Maruschak, V. Brevus, O. Prentkovskis, "Recognition of Scratches and Abrasions on Metal Surfaces Using a Classifier Based on Convolutional Neural Network", *MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations*, vol. 11, no. 4, 2021

[22] Kaggle. Severstal: Steel Defect Detection. Can You Detect and Classify Defects in Steel? Available online: https://www.kaggle.com/c/severstal-steel-defect-detection (accessed on 27 March 2021).

[23] G. Fu, P. Sun, W. Zhu, J. Yang, Y. Cao, M. Ying yang, Y. Cao, "A deep-learning-based approach for fast and robust steel surface defects classification", *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 121, pp. 397-405, 2019

[24] M. Minu, R. Canessane; S. Ramesh, " Optimal Squeeze Net with Deep Neural Network-Based Arial Image Classification Model in Unmanned Aerial Vehicles", *Signal is the property of International Information & Engineering Technology Association (IIETA)*, Vol. 39, p275-281, 2022

[25] N.M. Saad, F. Waheb, "Shape Defect Detection for Product Quality Inspection and Monitoring System*", proc. IEEE Int. conf. Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, pp. 19-21, Sep.2017

[26] U. Sanver, E. Yavuz, C. Eyupoglu, "An Image Processing Application to Detect Faulty Bottle Packaging", proc. *IEEE Int. Conf. Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)*, pp. 986-989, 2017

[27] B. Huang, S. Ma, P. Wang, H. Wang, J. Yang, X. Guo, W. Zhang, H. Wang, "Research and implementation of machine vision technologies for empty bottle inspection systems", vol. 21, no. 1, pp. 159-169, 2018.

[28] H. Yousefi, H. Su, S. Imani, K. Alkhaldi, C. Filipe, T. Didar, " Intelligent Food Packaging: A Review of Smart Sensing Technologies for Monitoring Food Quality ", *ACS Sens*, vol. 4, pp. 808-821, 2019

[29] . Chen, J. Chen, D. Zhang, Y. Sun, Y. Nanehkaran, " Using deep transfer learning for image-based plant disease identification", *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 173, ISSN 0168-1699, 2020

[30] V. Hemamalini, S. Rajarajeswari, S. Nachiyappan, M. Sambath, T. Devi, B. Kumar Singh, A. Raghuvanshi, " Food Quality Inspection and Grading Using Efficient Image Segmentation and Machine Learning-Based System", *Journal of Food Quality*, 2022

زیرنویس‌ها

[1] local binary pattern (LBP)
[2] Support vector machine (SVM)
[3] Scalable Source Routine (SSR)
[4] fire modules
[5] Erosion
[6] K-Nearest Neighbors Algorithm
[7] Decision Tree Classifier

Detection Using Deep Learning: A Review." ASME. *J. Comput. Inf. Sci. Eng*. August 2021

[4] D. tabernik, S. Sela, J. Skvarc, D. Skocaj, "Segmentation-based deep-learning approach for surface-defect detection", *Journal of Intelligent Manufacturing*, pp. 759-776, 2019

[5] J. Park, B. Kwon, J. Park, D. Kang," Machine Learning-Based Imaging System for Surface Defect Inspection ", *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRECISION ENGINEERING AND MANUFACTURING-GREEN TECHNOLOGY*, Vol. 3, No. 3, 2016

[6] G. Mingyu, D. Qi, H. Mu, and J. Chen, "A Transfer Residual Neural Network Based on ResNet-34 for Detection of Wood Knot Defects" *Forests*, vol. 12, no. 2, 2021

[7] J. Hu, W. Song, W. Zhang, Y. Zhao, A. Yilmaz, " Deep learning for use in lumber classification tasks", *Wood Science and Technology* ,vol.53, PP. 505–517, 2019

[8] A. Urbonas, V. Raudonis, R. Maskeliunas, R. Damasevicius, " Automated Identification of Wood Veneer Surface Defects Using Faster Region-Based Convolutional Neural Network with Data Augmentation and Transfer Learning ", *Computing and Artificial Intelligence*, vol. 9, no. 22, 2019

[9] Md. Zahangir A. T. Taha, C. Yakopcic, S. Westberg, P. Sidike, M. Nasrin, B. Esesn, A. Awwal, V. Asari, " The History Began from AlexNet: A Comprehensive Survey on Deep Learning Approaches", *conf. Computer vision and pattern Recognition*, 2018

[10] E. Ibrahim, U. Hashim, L. Salahuddin, N. Ismail, N. Choon, K. Kanchymalay, S. Zabri, "Evaluation of texture feature based on basic local binary pattern for wood defect classification", *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, Vol. 7, No. 1, 2021

[11] F. Wu, R. Gazo, E. Haviarova, B. Benes, " Wood identifcation based on longitudinal section images by using deep learning", Int. conf. Wood Science and Technology, pp. 553-564, USA, 2021

[12] J. Chen, D. Zhang, M. Suzuddola, A. Zeb, "Identifying crop diseases using attention embedded MobileNetV2 model", Applied soft computing, vol. 113, 2021

[13] S. Nandhini, K., "An automatic plant leaf disease identification using DenseNet121 architecture with mutation-based henry gas solubility optimization algoritm", *Neural Comput & Applic* 34, pp. 5513-34, 2022

[14] B. Koonce, "ResNet 50. In: Convolutional Neural Networks with Swift for Tensorflow. Apress, Berkeley",2021. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6168-2_6

[15] M. Karimi, D. Asemani, "Surface defect detection in tiling Industries using digital image processing methods: Analysis and evaluation", Elsevier Ltd, Volume 53, pp 834-844, 2014

[16] H. Zhang, L. Peng, Sh. Yu, W. Qu, " Detection of Surface Defects in Ceramic tiles with complex", *IEEE Access*, vol. 9, pp. 92788-92797, 2021

[17] G. Vladimir, I. Evgen, N. L. Aung, "Automatic Detection and Classification of Weaving Fabric Defects Based on Digital Image Processing", proc. *IEEE Int. Conf. Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), pp. 2218-2221*, Moscow, 2019

[18] P. Bandara, T. Bandara, T. Ranatunga, V. Vimarshana, S. Sooriyaarachchi and C. Silva, "Automated Fabric Defect Detection", proc. *IEEE Int. Conf. Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer)*, pp. 119 – 125, 2018

[19] A. khowaja, D. Nadir, "Automatic Fabric Fault Detection Using Image Processing", proc. *IEEE Int. Conf. Mathematics, Actuarial Science, Computer Science and Statistics (MACS)*, 2019.