



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

تشخیص و دسته بندی عیوب پدید آمده در سطح پالت های مجتمع فولاد مبارکه،  
با استفاده از تکنیک های پردازش تصویر در فضای رنگ

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- هوش مصنوعی

نرجس سادات چهره راضی

اساتید راهنما

دکتر رسول امیر فتاحی

دکتر محمد علی منتظری

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی کامپیوتر- هوش مصنوعی خانم  
نرجس سادات چهره‌راضی تحت عنوان

**تشخیص و دسته بندی عیوب پدید آمده در سطح پالت‌های مجتمع فولاد مبارکه،  
با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر در فضای رنگ**

در تاریخ ۸۹/۱/۲۵ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

دکتر رسول امیرفتاحی

۱-استاد راهنمای پایان‌نامه

دکتر محمدعلی منتظری

۲-استاد راهنمای پایان‌نامه

دکتر سعید صدری

۳-استاد مشاور پایان‌نامه

دکتر سید محمود مدرس هاشمی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج  
مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق  
موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی  
اصفهان است.

خداوند یگانه را سپاس که حمد مختص ذات اقدس اوست. خدا را شکرگزار هستم که به من توفیق داده تا این دوره را به پایان برسانم. بر خود لازم میدانم که از زحمات پدر بزرگوار و مادر دلسوز و مهربانم که در تمام لحظات زندگی دعای خیرشان بدرقه راهم بوده و همچنین همسر عزیزم که همیشه بهترین یار و مشوق من بوده است، تشکر نمایم.

از زحمات و راهنماییهای اساتید ارجمند جناب آقای دکتر صدری، جناب آقای دکتر امیر فتاحی و جناب آقای دکتر منتظری که در امر این پژوهش مرا بسیار یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم و امیدوارم که توانسته باشم حق شاگردی این بزرگواران را بجا آورده باشم.

از کلیه دوستانی که در اتمام این پایان‌نامه مرا یاری نمودند، کمال تشکر را دارم.

تقدیم به پدر بزرگوار

مادر دلسوز

و همسر عزیزم

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب.....	هشت
چکیده.....	۱
<b>فصل اول: مقدمه</b>	
۱-۱ نظارت اتوماتیک در صنایع.....	۲
۲-۱ معرفی شرکت فولاد مبارکه ی اصفهان.....	۳
۳-۱ واحد گندله سازی.....	۴
۴-۱ بازرسی پالت در واحد گندله سازی.....	۶
۵-۱ مشخصات پایگاه داده، نرم افزار و سخت افزار مورد استفاده.....	۷
۶-۱ معرفی چند فضای رنگ.....	۹
۱-۶-۱ فضای رنگ RGB.....	۹
۲-۶-۱ فضای رنگ YIQ.....	۱۰
۳-۶-۱ فضای رنگ YUV.....	۱۰
۴-۶-۱ فضای رنگ YCbCr.....	۱۱
۵-۶-۱ فضای رنگ I1I2I3.....	۱۲
۶-۶-۱ فضای رنگ RGB نرمال.....	۱۲
۷-۶-۱ فضای رنگ HSI.....	۱۲
۸-۶-۱ فضای رنگ CIE.....	۱۳
۷-۱ سایر مطالعات انجام شده.....	۱۵
۸-۱ ساختار پایان نامه.....	۱۸
۹-۱ نتایج پژوهشی.....	۱۸
<b>فصل دوم: جداسازی ناحیه ی پالت از تصویر</b>	
۱-۲ مقدمه.....	۲۰
۲-۲ انواع روش های جداسازی تصاویر رنگی.....	۲۱
۱-۲-۲ جداسازی بر اساس پیکسل.....	۲۳
۲-۲-۲ روش های بر اساس ناحیه.....	۲۴

۲۵	۳-۲-۲ روش های بر اساس لبه.....
۲۶	۴-۲-۲ روش های بر اساس تئوری گراف.....
۲۶	۵-۲-۲ روش های بر اساس شبکه عصبی.....
۲۷	۶-۲-۲ روش های بر اساس تکنیک فازی.....
۲۸	۷-۲-۲ روش های بر اساس مدل های فیزیکی.....
۲۸	۳-۲ خصوصیات رنگ پالت در فضای رنگ YUV.....
۳۰	۴-۲ تصویر انتگرال افقی در تصویر پالت.....
۳۱	۵-۲ ROC منحنی.....
۳۴	۶-۲ الگوریتم های پیشنهادی برای جداسازی پالت از تصاویر رنگی اخذ شده از پالت ها.....
۳۴	۱-۶-۲ الگوریتم پیشنهادی اول.....
۴۲	۲-۶-۲ الگوریتم پیشنهادی دوم.....
۴۵	۳-۶-۲ الگوریتم پیشنهادی سوم.....
۵۰	۷-۲ خلاصه.....
	فصل سوم: محلیابی گریت بارها در سطح پالت
۵۱	۱-۳ مقدمه.....
۵۲	۲-۳ جداسازی توسط اطلاعات آماری تصویر.....
۵۵	۳-۳ جداسازی توسط الگوریتم K-means.....
۵۷	۴-۳ جداسازی توسط الگوریتم k-means محلی.....
۵۸	۵-۳ جداسازی با استفاده از فرایند چند مرحله ای.....
۵۸	۱-۵-۳ معرفی تبدیل PCA.....
۶۲	۲-۵-۳ اعمال تبدیل PCA.....
۶۵	۳-۵-۳ بهبود کنتراست محلی.....
۶۹	۴-۵-۳ باینری سازی.....
۷۲	۶-۳ نويز زدایی توسط مورفولوژی ریاضی.....
۷۵	۷-۳ برچسب گذاری اشیاء.....
۷۷	۸-۳ خلاصه.....



#### فصل چهارم: استخراج ویژگی و طبقه‌بندی

۷۸	۱-۴ مقدمه.....
۷۹	۲-۴ استخراج ویژگی.....
۷۹	۱-۲-۴ ویژگی‌های مربوط به شکل شناسی.....
۸۳	۲-۲-۴ ویژگی‌های مربوط به رنگ.....
۸۵	۳-۴ انتخاب ویژگی.....
۸۶	۱-۳-۴ رگرسیون لجیستیک.....
۸۸	۲-۳-۴ انتخاب ویژگی اشیاء توسط رگرسیون لجیستیک.....
۸۹	۴-۴ طبقه‌بندی.....
۸۹	۱-۴-۴ ماشین بردار پشتیبان.....
۹۵	۲-۴-۴ نتایج طبقه‌بندی اشیاء با استفاده از SVM.....
۹۷	۵-۴ خلاصه.....

#### فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۹۸	۱-۵ نتیجه‌گیری.....
۱۰۱	۲-۵ پیشنهادات.....
۱۰۳	مراجع.....

## چکیده

شرکت فولاد مبارکه ی اصفهان بزرگترین تولید کننده ی فولاد در ایران است. در این شرکت، نظارت بر بخش های مختلف، مانند واحد گندله سازی، به منظور افزایش کیفیت و کاهش هزینه های احتمالی، توسط نیروی انسانی انجام می شود. در واحد گندله سازی، گندله ها برای پخت و خشک شدن بر روی پالت هایی با عرض ۱۵۰ و طول ۳۶۰ سانتی متر، قرار می گیرند. پالت ها طی چرخه ای وارد کوره شده و در اثر حرارت بالا، گندله ها خشک و پخته می شوند. روی سطح هر پالت، با چهار ردیف ۹۰ تایی گریت بار پوشانده شده است. گریت بارها به مرور زمان در اثر دمای بالا و تغییرات ناگهانی دما و همچنین فشار و ضربه ای که بر اثر ریختن گندله ها بر روی آنها وارد می شود، آسیب می بینند. خرابی های ایجاد شده باعث ایجاد فضای خالی مابین گریت بارها شده و این امر منجر به بروز مشکلات و خساراتی در واحد گندله سازی می شود. به منظور جلوگیری از خسارات، لازم است خرابی های ایجاد شده بر روی گریت بارها مشاهده شده و گزارش شوند، تا در صورت لزوم نسبت به تعویض پالت اقدام شود. به همین دلیل پالت ها نیاز به مراقبت و نظارت دائمی دارند. هم اکنون این کار توسط نیروی انسانی انجام می شود. در این پایان نامه، روشی برای کشف خودکار عیوب گریت بارها بر روی سطح پالت ها، ارائه شده است. برای این منظور از تصاویر رنگی اخذ شده از پالت ها استفاده می شود. ابتدا ناحیه ی مربوط به پالت توسط سه الگوریتم پیشنهادی از تصویر جدا شده و پالت به چهار قسمت به طوری که هر قسمت شامل یک ردیف گریت بار باشد، تقسیم می شود. سپس در تصویر یک ردیف گریت بار، فاصله ی مابین هر دو گریت بار مجاور که به آن شیء گفته می شود، از مابقی تصویر جدا می گردد. برای این منظور از چهار روش استفاده می شود که عبارتند از: جداسازی توسط اطلاعات آماری رنگ تصاویر، جداسازی توسط الگوریتم k-means، جداسازی توسط الگوریتم k-means محلی و جداسازی با استفاده از فرایند چند مرحله ای. بعد از پیدا شدن محل دقیق هر شیء در تصویر، به تعداد ۱۰۳ ویژگی، مربوط به شکل و رنگ اشیاء از هر شیء استخراج می شود. سپس با استفاده از رگرسیون لجیستیک از میان ۱۰۳ ویژگی استخراج شده، ۳۳ ویژگی مؤثرتر انتخاب شده و در نهایت اشیاء بر اساس ویژگی هایشان و توسط طبقه بندی کننده ی SVM، به دو دسته ی سالم و معیوب طبقه بندی می گردند. بدین ترتیب انواع خرابی با دقت بالا کشف شده و همچنین محل آنها نیز در سطح پالت مشخص می شود.

کلمات کلیدی: گریت بار، پالت، استخراج ویژگی، انتخاب ویژگی، طبقه بندی.

## فصل اول

### مقدمه

#### ۱-۱ نظارت اتوماتیک در صنایع

در صنایع مختلف، نظارت<sup>۱</sup> بر تولیدات امر مهم و حیاتی بوده و به منظور دسته بندی محصولات، ارتقاء کیفیت محصولات و کشف عیوب احتمالی که ممکن است در چرخه تولید برای آن‌ها پیش آید، انجام می‌شود. نظارت علاوه بر تولیدات، ممکن است بر روی دستگاه و ابزارهای موجود در کارخانه‌ها نیز انجام شود. معمولاً جهت اطمینان در کیفیت محصول لازم است که در هر مرحله از فرآیند تولید، بر تولیدات نظارت شود. نظارت ممکن است به صورت مخرب<sup>۲</sup> و یا غیر مخرب<sup>۳</sup> باشد. نظارت مخرب به مفهوم آن است که در کالای مورد بررسی تغییر ایجاد شده و به آن آسیب برسد. همچنین نظارت ممکن است با تماس<sup>۴</sup> فیزیکی باشد، یعنی ناظران باید به کالای مورد بازرسی دست زده و آنرا از نزدیک مورد بررسی قرار دهند و یا بدون تماس<sup>۵</sup> باشد. در روش‌های سنتی، معمولاً نظارت توسط انسان انجام می‌شود، اما در اکثر موارد این کار برای انسان خسته کننده و تکراری است. معمولاً محیط کارخانه‌ها که تولیدات و یا دستگاه‌های آن نیاز به نظارت دارد، دارای انواع آلودگی‌های تنفسی و صوتی، حرارت و برودت غیر متعارف و سایر مخاطرات برای انسان است و کار را برای ناظر انسانی دشوار می‌کند. در بعضی مواقع نظارت انجام شده توسط انسان دارای دقت لازم نیست و گاهی افراد ناظر در بازرسی دقیق سهل‌انگاری می‌کنند که

---

<sup>1</sup> Inspection

<sup>2</sup> Destructive

<sup>3</sup> Non-Destructive

<sup>4</sup> Contact

<sup>5</sup> Non-Contact

در نهایت به قضاوت فردی می‌انجامد. منظور از قضاوت فردی آن است که رأی و نظر ناظر انسانی به‌طور مستقیم در نتیجه گزارش موثر است.

امروزه در بیشتر صنایع مانند صنایع پارچه، چوب، فولاد، کاشی و سرامیک، نظارت به‌صورت اتوماتیک انجام می‌شود. یکی از روش‌های رایج نظارت اتوماتیک، استفاده از تکنیک‌های بینایی کامپیوتر<sup>۱</sup> است. در این روش از کالاهای مورد بازرسی فیلم و یا عکس‌هایی گرفته شده و با تکنیک‌های مختلف پردازش تصویر<sup>۲</sup> مورد تحلیل قرار می‌گیرند. از مزایای این روش می‌توان به مواردی چون دقت و سرعت بالا و هزینه کمتر نسبت به نظارت انسانی، غیر مخرب و بدون تماس بودن و همچنین کمتر شدن تصمیمات نادرست ناظر انسانی به علت خستگی و شرایط بد محیط اشاره کرد [۱].

یکی از صنایع بزرگی که در مراحل مختلف تولید نیاز به نظارت دارد، صنایع فولاد است. در ایران، معمولاً نظارت بر بخش‌های مختلف صنایع فولاد توسط نیروی انسانی انجام می‌شود. در ادامه شرکت فولاد مبارکه اصفهان که یکی از شرکت‌های بزرگ تولیدکننده فولاد در ایران است، معرفی می‌شود.

#### ۱-۲ معرفی شرکت فولاد مبارکه اصفهان

شرکت فولاد مبارکه‌ی اصفهان بزرگترین مجتمع صنعتی ایران، در ۷۵ کیلومتری جنوب غربی اصفهان و در زمینی به وسعت ۳۵ کیلومتر مربع احداث شده و دارای ۱۷ کیلومتر مربع سالن تولید است. این شرکت دارای ظرفیت تولید سالانه ۵ میلیون تن انواع محصولات فولادی است. محصولات این شرکت شامل تختال، ورق نورد شده‌ی گرم و سرد، ورق قلع اندود، ورق گالوانیزه و رنگی از ضخامت ۰/۱۸ تا ۱۶ میلیمتر است. خطوط تولید شرکت فولاد مبارکه اصفهان عبارتند از: آهک پزی، گندله<sup>۳</sup> سازی، احیاء مستقیم، فولاد سازی، ریخته‌گری مداوم، پرداخت و خنک سازی شمش، نورد گرم، تکمیل نورد گرم، اسید شوئی، نورد سرد، واحد تولید ورق قلع اندود، واحد تولید ورق گالوانیزه، واحد تولید ورق رنگی، واحد فولادسازی و نورد پیوسته [۲].

پودر سنگ آهن مورد نیاز این شرکت از معادن گل‌گهر و چادر ملو تأمین می‌شود و به وسیله راه‌آهن به واحد انباشت و برداشت شرکت فولاد مبارکه اصفهان حمل می‌شود. پودر سنگ آهن انباشت شده، در واحد گندله سازی تبدیل به گندله می‌شود. سپس گندله‌ها در واحد احیاء مستقیم به آهن اسفنجی تبدیل و در کوره‌های قوس الکتریکی در واحد فولاد سازی به همراه قراضه و سایر مواد اولیه ذوب می‌شوند. فولاد مذاب جهت تبدیل به تختال به ماشین‌های ریخته‌گری مداوم منتقل می‌گردد. تختال تولید شده، خنک و پرداخت شده و بعد از پیش‌گرم شدن در واحد نورد گرم، نورد شده و سپس به واحد تکمیل نورد گرم و یا به واحد اسید شوئی می‌رود و سپس برای کاهش

<sup>۱</sup> Computer Vision

<sup>۲</sup> Image Processing

<sup>۳</sup> Pellet

ضخامت به واحد نورد سرد ارسال می‌گردد. همچنین بخشی از محصولات سرد نورد شده به واحدهای قلع اندود، گالوانیزه و رنگی ارسال می‌گردد [۲].

### ۱-۳ واحد گندله سازی

ناحیه آهن سازی در شرکت فولاد مبارکه اصفهان از چهار واحد تشکیل شده است که عبارتند از واحد برداشت و انباشت مواد خام، واحد گندله سازی، واحد آهک سازی و واحد احیای مستقیم. سنگ آهن در واحد گندله سازی جهت مصرف در واحد احیای مستقیم تبدیل به گندله می‌شود. گندله‌ها در واحد احیای مستقیم به منظور استفاده در واحد فولادسازی طی چندین مرحله به آهن اسفنجی تبدیل می‌شوند [۲].

شکل ۱-۱ قسمتی از واحد گندله سازی در شرکت فولاد مبارکه را نشان می‌دهد. در این واحد سنگ آهن درشت دانه پس از ورود به آسیاب‌های گندله سازی از سایز ۱ میلیمتر به سایز ۴۵ میکرون می‌رسد. در ادامه سنگ آهن آسیاب شده با سنگ آهن ریزدانه ارسالی از معدن، بنتونیت (به عنوان چسب) و رطوبت مخلوط شده و پس از آماده سازی به دیسک‌های تشکیل گندله‌ی خام ارسال می‌گردد. در دیسک‌های گندله سازی، مخلوط سنگ آهن به گندله خام با سایز ۲۵-۵ میلیمتر تبدیل می‌گردد. سپس طی مراحل قطر گندله‌ها به ۱۶-۸ رسیده و وارد کوره‌ی پخت می‌گردند. در کوره‌ی پخت، گندله‌ی خام با عبور از مراحل خشک کردن، پیش‌گرم، پخت و خنک کردن به استحکام مناسب و کافی جهت استفاده در فرآیند احیاء مستقیم می‌رسد. در ادامه، گندله‌ی تولید شده جهت مصرف، به واحد احیاء مستقیم و یا جهت انباشت، به واحد انباشت و برداشت ارسال می‌گردد [۲].

طی عملیات مختلف مانند خشک شدن و پخته شدن که بر روی گندله‌ها انجام می‌گردد، گندله‌ها بر روی محفظه‌های چرخ‌دار بزرگی به نام پالت قرار می‌گیرند. در شکل ۱-۲ تصویری از یک پالت در حال ریخته شدن گندله‌ها بر روی آن نشان داده شده است. عرض هر پالت ۱۵۰ و طول آن ۳۶۰ سانتی‌متر است. ۲۶۰ عدد پالت در خط تولید با سرعت ۴/۶ متر بر دقیقه به دنبال یکدیگر حرکت می‌کنند. در شکل ۱-۳ تصویری از دو پالت در حال گردش نشان داده شده است.

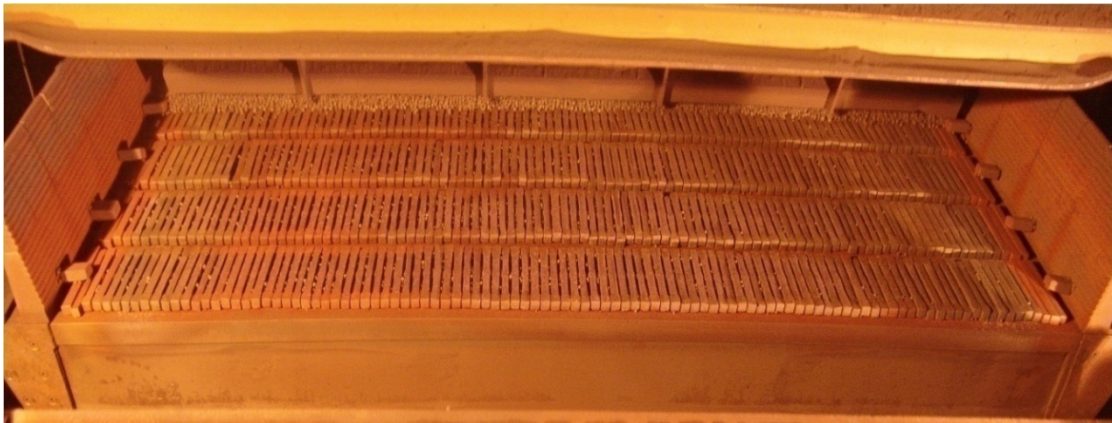
در ابتدای فرآیند، گندله‌های خشک بر روی پالت‌ها ریخته شده، سپس بر روی آن‌ها گندله‌های خیس اضافه می‌شود. اگر گندله‌های خیس مستقیماً بر روی پالت‌ها قرار گیرند آسیب دیده و تغییر شکل می‌دهند. پس از آن پالت‌ها طی چرخه‌ای وارد کوره شده و در اثر حرارت بالا، گندله‌ها خشک و پخته می‌شوند. پس از خارج شدن پالت‌ها از کوره، فرآیند خنک سازی گندله‌ها انجام شده و آن‌ها برای استفاده آماده می‌شوند.

روی سطح هر پالت، با چهار ردیف ۹۰ تایی گریت‌بار پوشانده شده است. گریت‌بارها از جنس فولاد نسوز بوده و دماهای بالا را تحمل می‌کند. عرض و طول آن‌ها به ترتیب ۳/۵ و ۳۰ سانتی‌متر است. بین گریت‌بارها فاصله

مشخصی برای عبور هوا تعبیه شده است. زمانی که گندله ها بر روی پالت ریخته می شوند، در واقع بر روی گريت بارها قرار می گیرند و عبور هوای گرم از میان گريت بارها در کوره، باعث خشک و پخته شدن گندله ها می شود. در شکل ۱-۴ تصویری از چیدمان ۳۶۰ گريت بار بر روی سطح پالت نشان داده شده است.



شکل ۱-۱: قسمتی از واحد گندله سازی در شرکت فولاد مبارکه اصفهان



شکل ۱-۲: تصویر پالت



شکل ۱-۳: دو پالت در حال گردش



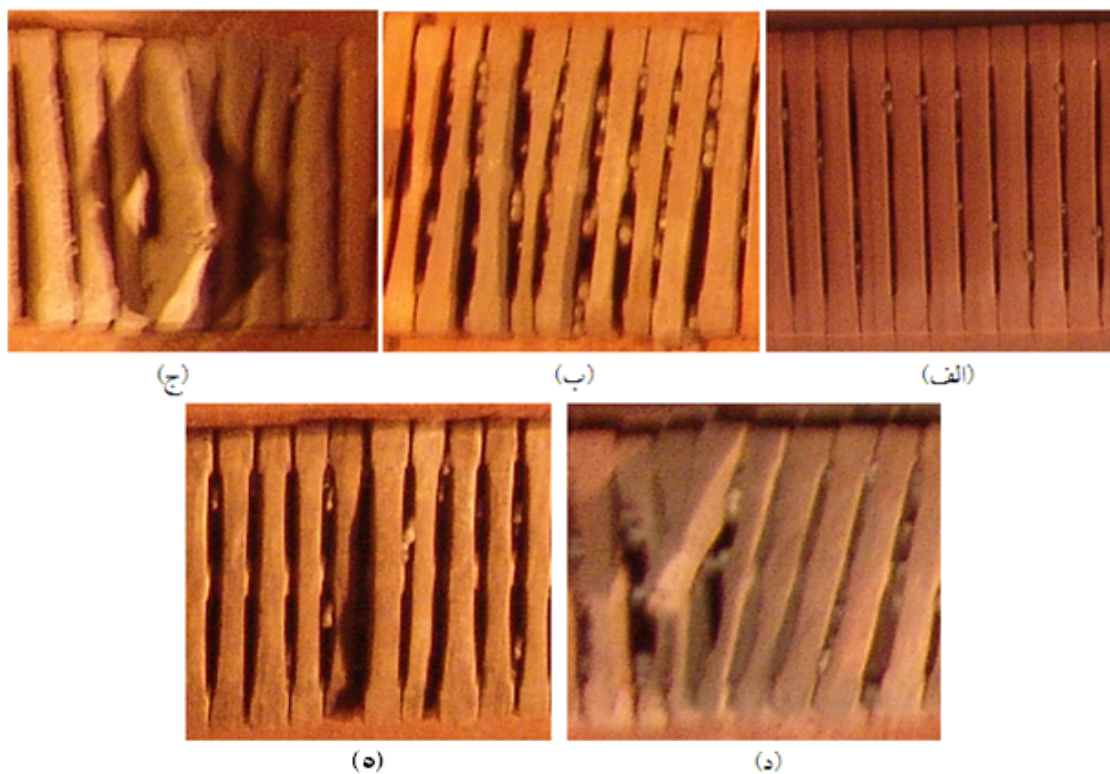
شکل ۱-۴: چهار ردیف ۹۰ تایی گریت بار بر روی سطح پالت

#### ۴-۱ بازرسی پالت در واحد گندله سازی

دما در کوره های پخت تا ۱۷۰۰ درجه سانتی گراد می رسد. پالت بعد از خارج شدن از کوره ی پخت، به سرعت خنک شده و دمای آن به ۱۰۰ درجه سانتی گراد می رسد. گریت بارها به مرور زمان در اثر دمای بالا و تغییرات ناگهانی دما و همچنین فشار و ضربه ای که بر اثر ریختن گندله ها بر روی آنها وارد می شود، آسیب دیده و معیوب می شوند. آسیب های وارد شده بر گریت بارها عبارتند از: ۱- فاصله افتادن میان گریت بارها بر اثر ساییده شدن تدریجی آنها. ۲- بالازدگی گریت بار بر اثر تغییر شکل آن. ۳- فرو رفتگی گریت بار. ۴- شکستگی گریت بار. در شکل ۱-۵ انواع خرابی های گریت بارها نشان داده شده است. خرابی های ایجاد شده باعث ایجاد فضای خالی مابین گریت بارها شده و این امر منجر به بروز مشکلات مختلفی می گردد. بعضی از مشکلات عبارتند از: ۱- ریختن گندله ها از میان گریت بارها و خارج شدن تعداد زیادی گریت بار از چرخه ی تولید که باعث ضرر مالی قابل توجهی خواهد شد. ۲- در صورتی که گندله ها در میان گریت بارها گیر بیافتند، مانع از عبور هوای گرم از میان گریت بارها در کوره شده و در نتیجه عملیات خشک سازی و پخته شدن گندله ها به خوبی انجام نمی شود. ۳- در صورتی که گندله ها درون کوره ها ریخته شوند، در آنجا انباشته شده و باعث اختلال در کار کوره ها می شوند.

به منظور جلوگیری از خسارات ذکر شده لازم است خرابی های ایجاد شده بر روی گریت بارها مشاهده شده و گزارش شوند، تا در صورت لزوم نسبت به تعویض پالت اقدام شود. به همین دلیل پالت ها نیاز به مراقبت و نظارت دائمی دارند، که هم اکنون توسط نیروی انسانی انجام می شود. اما دقت ناظر انسانی به علت وجود گرمای بیش از حد در محیط، سروصدای زیاد و آلودگی شدید ناشی از وجود گرد و غبار در محیط، پایین آمده و همچنین کار او تکراری و خسته کننده است. علاوه بر این ممکن است ناظر انسانی نظر شخصی خود مبنی بر سالم و یا معیوب بودن گریت بارها را دخیل نموده و باعث ایجاد تصمیمات نامناسب شود. بر این اساس یک سیستم مکانیزه لازم است تا بتواند به صورت خودکار عیوب ایجاد شده بر سطح پالت ها را کشف کرده و آنها را گزارش دهد. در این تحقیق ما

سعی در طراحی نرم‌افزاری جهت تشخیص خودکار گریت‌بارهای معیوب از گریت‌بارهای سالم داریم. این نرم‌افزار قادر است از روی تصاویر اخذ شده از سطح پالت‌ها انواع عیوب گریت‌بارها را تشخیص داده و آن‌ها را به دو گروه سالم و معیوب، دسته‌بندی نماید. توضیحات بیشتر در مورد روند انجام تحقیق در بخش ۱-۸ آمده است.



شکل ۱-۵: چند نمونه خرابی‌های گریت‌بارها. الف: گریت‌بارهای سالم. ب: فاصله افتادن بین گریت‌بارها بر اثر ساییده شدن. ج: بالازدگی گریت‌بار. د: شکستگی گریت‌بار. ه: فرورفتگی گریت‌بار.

#### ۱-۵ مشخصات پایگاه داده، نرم افزار و سخت افزار مورد استفاده

برای انجام تحقیق به یک پایگاه داده از تصاویر پالت‌ها نیاز است. بدین منظور واحد گندله‌سازی در شرکت فولاد مبارکه اصفهان مورد بازدید قرار گرفت و بعد از بررسی قسمت‌های مختلف چرخه‌ی پخت گندله‌ها، مکانی در ابتدای چرخه به عنوان محل عکس برداری انتخاب شد. تصویر هر پالت، باید به گونه‌ای اخذ شود که تمام سطح پالت، بدون هیچ زاویه‌ای درون تصویر قرار گیرد. به همین دلیل بهترین محل برای تصویر برداری، بالای پالت‌های در حال گردش انتخاب شد و زمانی که سطح یک پالت دقیقاً روبروی دوربین قرار می‌گرفت تصویر آن گرفته می‌شد. به منظور تصویر برداری از بالا، لازم بود عکاس از بالای داربست تعبیه شده برای این منظور، تصویر برداری را انجام دهد. در صورت عملیاتی شدن این تحقیق، باید دوربین فیلمبرداری با سرعت پایین، در همین مکان نصب شده و از میان فریم‌های اخذ شده توسط دوربین، تصویری منطبق با شرایط ذکر شده، با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر انتخاب شود.



به منظور جمع‌آوری تصاویر مناسب برای این تحقیق، تصویربرداری طی سه مرحله انجام شد، تا شرایط خرابی‌ها، نویزهای محیطی و شرایط نورپردازی متفاوت باشند. از میان تصاویر اخذ شده تعدادی از آنها به دلیل لرزش دست عکاس، کج بودن دوربین، و زمان نامناسب اخذ تصویر با توجه به حرکت پالت‌ها، قابل استفاده نبودند. در نهایت ۳۰۳ تصویر قابل استفاده از پالت‌ها تهیه شد. تصاویر توسط دوربین عکاسی دیجیتال سونی، مدل DSC-F828، با دقت ۸ مگاپیکسل اخذ شده و ابعاد هر تصویر ۲۴۰۰×۳۲۰۰ پیکسل است. در شکل ۱-۶ نمونه‌ای از این تصاویر نشان داده شده است.



شکل ۱-۶: یک نمونه تصویر اخذ شده از پالت در واحد گندله‌سازی.

در این تحقیق، برنامه‌ها در نرم‌افزار MATLAB2009 نوشته شده‌اند. در فصل‌های بعد، زمان مورد نیاز برای اجرای الگوریتم‌های استفاده شده، بعد از توضیح هر الگوریتم آمده است. در جدول ۱-۱، مشخصات کامپیوتر مورد استفاده برای اجرای برنامه‌ها، ارائه شده است.

جدول ۱-۱: مشخصات کامپیوتر مورد استفاده برای اجرای برنامه‌ها.

CPU	Intel Core 2 Duo, 2GHz
RAM	2 GB
CACHE MEMORY	2 MB

### ۶-۱ معرفی چند فضای رنگ

چشم انسان می‌تواند هزاران رنگ را تشخیص دهد، ولی قادر است فقط ۲۴ سطح مختلف از شدت روشنایی را در یک ناحیه کوچک تشخیص دهد. خیلی وقت‌ها اشیاء با سطوح خاکستری قابل تفکیک نیستند، ولی با رنگ قابل تشخیص هستند. تصاویر رنگی در مقایسه با تصاویر خاکستری علاوه بر شدت روشنایی اطلاعات دیگری نیز دارند. رنگ برای بینایی کامپیوتر و بازشناسی الگو مفید و گاهی لازم است و باعث به دست آوردن نتایج بهتری می‌شود [۳]. با پیشرفت در سخت افزار و پردازش گرها محاسبات پیچیده برای تصاویر رنگی در زمان کمتری قابل انجام است. بنابراین پردازش بر روی تصاویر رنگی به شدت کاربردی شده است [۴].

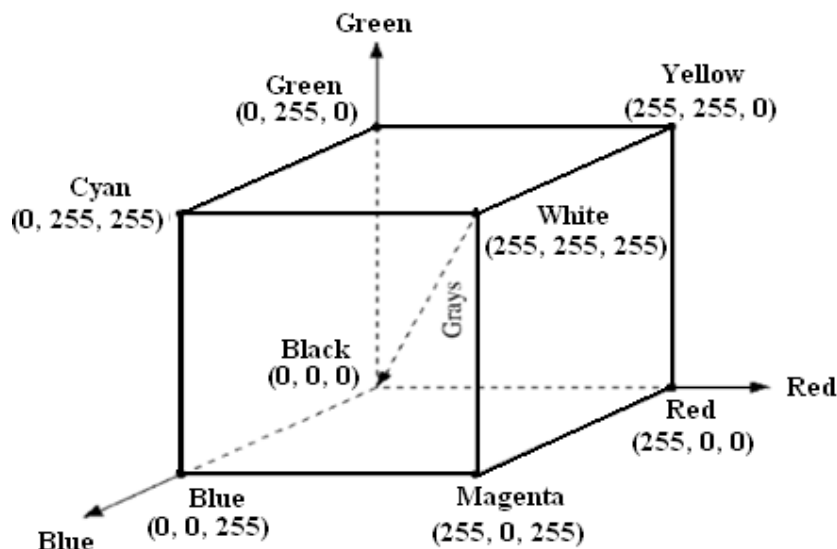
رنگ با ترکیبی از سه رنگ قرمز، سبز و آبی توسط چشم انسان مشاهده و درک می‌شود. فضای نمایش قرمز، سبز و آبی، که به آن فضای رنگ RGB گفته می‌شود، توسط تبدیلات خطی و یا غیر خطی، به فضاهای رنگ دیگر تبدیل می‌شود. در ادامه ضمن توضیح در مورد فضای رنگ RGB به معرفی فضاهای رنگ  $YCbCr$ ،  $YUV$ ،  $YIQ$  و  $I_1I_2I_3$  که با تبدیل خطی و همچنین فضاهای رنگ  $HSI$  و  $CIE$  که با تبدیل غیر خطی، از فضای رنگ RGB حاصل می‌شوند، پرداخته می‌شود.

#### ۱-۶-۱ فضای رنگ RGB

رایج‌ترین فضای رنگ در تکنولوژی‌های کامپیوتری RGB است. در فضای RGB اجزای قرمز، سبز و آبی با استفاده از سه فیلتر مجزا بر روی روشنایی منعکس شده از منظره، به دست می‌آیند. برای این کار از معادلات زیر استفاده می‌شود [۴]:

$$R = \int E(\lambda)S_R(\lambda)d\lambda, \quad G = \int E(\lambda)S_G(\lambda)d\lambda, \quad B = \int E(\lambda)S_B(\lambda)d\lambda, \quad (1-1)$$

به طوری که  $S_B$  و  $S_G$  فیلتر بر روی نور ورودی  $E(\lambda)$  بوده و  $\lambda$  طول موج است. همانطور که در شکل ۱-۷ دیده می‌شود، فضای رنگ RGB به طور هندسی در یک مکعب سه بعدی نمایش داده می‌شود. هر یک از محورهای مختصات نشان دهنده یکی از رنگ‌های قرمز، سبز و آبی است [۴].



شکل ۱-۷: مکعب سه بعدی فضای رنگ RGB.

قوانین رنگ سنجی به این صورت است: ۱- هر رنگ می‌تواند با استفاده از این سه رنگ ساخته شود و ترکیب سه رنگ یکتا است. ۲- اگر دو رنگ یکسان هستند، بعد از ضرب و یا تقسیم اجزای آن‌ها بر یک مقدار یکسان، باز هم دو رنگ یک جور به دست می‌آید. ۳- سطح روشنایی ترکیب رنگ‌ها برابر مجموع سطح روشنایی هر رنگ است. طول موج رنگ‌های اصلی به صورت، ۴۲۵/۸ نانومتر برای آبی خالص (۰،۰،۲۵۵)، ۵۴۶/۱ نانومتر برای سبز خالص (۰،۲۵۵،۰) و ۷۰۰/۰ نانومتر برای رنگ قرمز خالص (۰،۲۵۵،۰) است [۵].

فضای رنگ RGB معمولاً در سیستم تلویزیون و عکس‌هایی که با استفاده از دوربین‌های دیجیتال گرفته می‌شود، استفاده می‌شود. نمایشگرهای ویدئو با تنظیم کردن شدت روشنایی رنگ‌های اولیه (قرمز، سبز و آبی) در هر پیکسل، رنگ دلخواه را بدست می‌آورند. RGB برای نمایش رنگ مناسب است، ولی برای جداسازی تصویر و پردازش آن مناسب نیست، به دلیل اینکه بین رنگ‌های قرمز، سبز و آبی همبستگی زیادی وجود دارد [۶]. به علت همبستگی زیاد اگر شدت روشنایی تغییر کند، هر سه جزء تغییر خواهد کرد. سنجش فاصله میان دو رنگ در فضای RGB، با فاصله میان دو رنگ دیگر در این فضا، در مقیاس یکسان نیست. به همین دلیل نمی‌توان تفاوت دو رنگ را از روی فاصله آن‌ها در فضای RGB به خوبی سنجید [۴].

#### ۱-۶-۲ فضای رنگ YIQ

YIQ برای کد کردن سیگنال‌های تلویزیون در سیستم‌های آمریکایی استفاده می‌شده است. این فضا با استفاده از یک تبدیل خطی از فضای RGB محاسبه می‌شود [۴].

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.253 & -0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, 0 \ll R \ll 1, 0 \ll G \ll 1, 0 \ll B \ll 1 \quad (2-1)$$

مؤلفه Y نمایانگر میزان روشنایی بوده و یک کاندید احتمالی برای کشف لبه در تصاویر رنگی است. مؤلفه‌های I و Q مشترکاً رنگ و میزان سیر و یا باز بودن رنگ را نشان می‌دهند. تلویزیون‌های سیاه و سفید فقط از مؤلفه Y استفاده کرده و تصاویر سطح خاکستری را نمایش می‌دهند. فضای رنگی YIQ تا اندازه‌ای از وابستگی که بین رنگ‌های قرمز، سبز و آبی در فضای RGB وجود دارد، مستقل است. همانطور که گفته شد، فضای YIQ توسط یک تبدیل خطی از فضای RGB حاصل می‌شود. تبدیلات خطی زمان محاسباتی کمتری نسبت به تبدیلات غیر خطی دارند، و این گاهی باعث ترجیح فضای YIQ نسبت به سیستم‌های غیر خطی می‌شود [۴].

#### ۱-۶-۳ فضای رنگ YUV

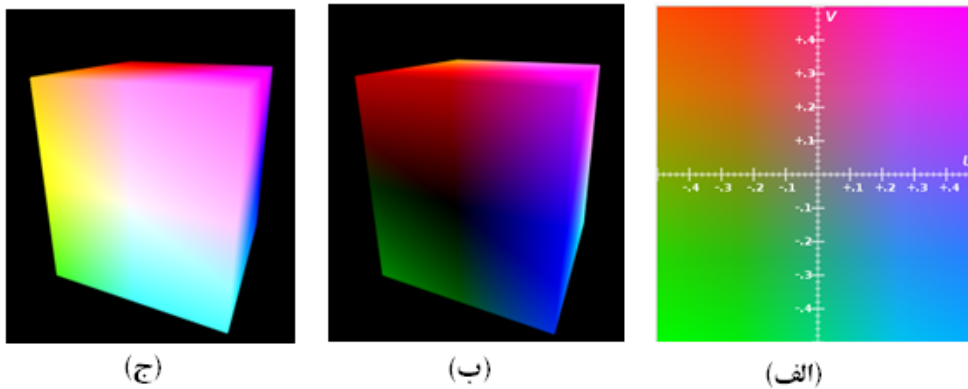
YUV یک روش نمایش مناسب برای تلویزیون‌های رنگی در کشورهای اروپایی مانند آلمان و فرانسه بوده است. تبدیل خطی آن به صورت زیر می‌باشد [۴]:

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.437 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, 0 \ll R \ll 1, 0 \ll G \ll 1, 0 \ll B \ll 1 \quad (3-1)$$

یک روش فشرده سازی تصاویر رنگی بردن مؤلفه های  $U$  و  $V$  به نصف سایز اصلی تصویر و یا کوچکتر است، که باعث می شود داده های تصویر کمتر شده و تصویر فشرده شود و در عین حال کیفیت تصویر تغییر قابل توجهی نکند. همچنین فضای رنگ  $YIQ$  نیز برای فشرده سازی تصاویر در پردازش تصویر به کار می رود. مؤلفه های  $I$  و  $Q$  از فضای رنگ  $YIQ$  می توانند توسط مؤلفه های  $U$  و  $V$  از فضای رنگ  $YUV$  با استفاده از یک چرخش ساده در دستگاه مختصات به دست آیند [۷]. به رابطه ی (۴-۱) توجه کنید.

$$I = -U \cdot \sin(33^\circ) + V \cdot \cos(33^\circ), \quad Q = U \cdot \cos(33^\circ) + V \cdot \sin(33^\circ). \quad (4-1)$$

شکل ۸-۱ الف تغییرات مؤلفه های  $U$  و  $V$  را نسبت به یکدیگر نشان می دهد، شکل ۸-۱ ب مکعب  $YUV$  را از جهتی که  $Y$  کمترین و در شکل ۸-۱ ج از جهتی که بیشترین مقدار خود را دارد، نشان می دهد.



شکل ۸-۱: فضای رنگ  $YUV$ ، الف: تغییرات مؤلفه  $U$  و  $V$  نسبت به یکدیگر، ب: تاریک ترین وجه مکعب  $YUV$ ، ج: روشن ترین وجه مکعب  $YUV$ .

#### ۴-۶-۱ فضای رنگ $YC_bC_r$

فضای رنگ  $YC_bC_r$  برای استفاده در تصاویر ویدئویی دیجیتال ایجاد شد و با فرمت استفاده شده در ویدئو آنالوگ متفاوت است. این فضا در تراکم سازی تصاویر ویدئویی دیجیتال نیز استفاده می شود [۷]. در فضای رنگ  $YC_bC_r$ ، مؤلفه  $Y$  شدت روشنایی و دو مؤلفه دیگر اطلاعات مربوط به رنگ را بیان می کنند. مؤلفه های  $C_r$  و  $C_b$  توسط چرخش ساده در دستگاه مختصات می توانند توسط مؤلفه های  $U$  و  $V$  در فضای رنگ  $YUV$  و یا توسط مؤلفه های  $I$  و  $Q$  در فضای رنگ  $YIQ$ ، حاصل شوند. تبدیل خطی برای ایجاد  $YC_bC_r$  از فضای  $RGB$  به صورت زیر است [۷].

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \frac{1}{256} \begin{bmatrix} 65.738 & 129.057 & 25.064 \\ -37.945 & -74.494 & 112.439 \\ 112.439 & -94.154 & -18.285 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (5-1)$$

این فضای رنگ در جداسازی رنگ پوست در تصاویر رنگی بسیار استفاده می شود. رنگ پوست در این فضا فشرده تر از فضاهای دیگر است و تحت نورپردازی های مختلف همپوشانی کمی میان رنگ پوست و رنگ غیر پوست در این فضا وجود دارد [۸].