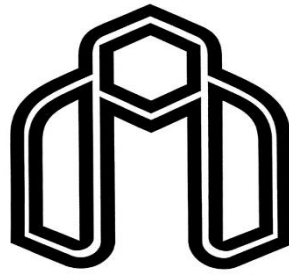


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی مکانیک و مکاترونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکاترونیک

تشخیص عیب ظروف یکبار مصرف در خط تولید به کمک پردازش تصویر

نگارنده:

شاهین روحانیان

استاد راهنما:

دکتر حسین خسروی

اسفند ۱۳۹۵

شماره:
تاریخ:
ویرایش:

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره ۷: صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای شاهین روحانیان به شماره دانشجویی ۹۳۰۸۶۵۴ رشته مهندسی مکترونیک تحت عنوان تشخیص عیب ظروف یکبار مصرف در خط تولید به کمک پردازش تصویر که در تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۱۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ مردود	☐ دفاع مجدد	☒ قبول (با درجه: <u>خوب</u> - امتیاز: <u>۱۷,۱۲۵</u>)
نوع تحقیق: نظری ☒ عملی ☐		

۱- عالی (۲۰-۱۹)

۲- بسیار خوب (۹۹-۱۸/۱۸)

۳- خوب (۹۹-۱۷/۱۶)

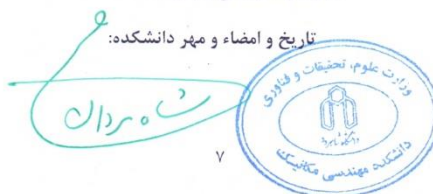
۴- قابل قبول (۹۹-۱۵/۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر حسین خسروی	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم			
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر مهدی بامداد	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر علیرضا احمدی فرد	دانشیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر هادی گریلو	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:



۷

تقدیم به

اسطوره های زندگی ام

مادر ما زینم،

زیبا فرشته ای که هر چه دارم و هر چه هستم ثمره محبت ها، از خود گذشتگی ها و حمایت های اوست،

او که لحظه لحظه با من است و دعای خیرش دلیل بهوار شدن سختی های زندگی ام بوده است.

پدر مهربانم،

او که مایه افتخار من و وجود عزیزش تکیه گاه من است،

به پاس تلاش فداکارانه اش و راهنمایی های خردمندانه اش که پشتوانه عظیم زندگی ام و کلام مهربانش که استواری کام مایم بوده است.

تشکر و قدردانی

پیش از همه شاکر خداوند متعال هستم که قسمتی از زیبایی‌های علم را به من نشان داد تا در این راه گام بردارم. بر حسب وظیفه پس از قدردانی از پدر عزیز و مادر مهربانم و برادران نازنینم، از استاد شایسته و گران‌قدرم جناب آقای دکتر حسین خسروی که با فروتنی خاصی نهایت کمک را بر من دریغ نمودند و با راهنمایی‌های ایشان این رساله به سرانجام رسید، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

بر خود لازم می‌دانم از زحمات تنی چند از مدیران و مهندسان از جمله مدیریت محترم عامل شرکت بهسازان پلیمر، مدیریت شرکت ظروف یک‌بار مصرف گیاهی فرهنگ جناب آقای مهندس پیمایش و دوستانم آقایان رشیدی، نوریان و زرین‌دل و دیگر عزیزان که در گردآوری این رساله من را یاری کردند، نهایت تشکر را داشته باشم.

باشد که این خردترین بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

تعهد نامه

این جانب شاهین روحانیان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکترونیک دانشکده مهندسی مکترونیک و مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تشخیص عیب ظروف یک بار مصرف در خط تولید به کمک پردازش تصویر تحت راهنمایی دکتر حسین خسروی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

با پیشرفت روزافزون دانش بشری، استفاده از دستگاه‌های الکترونیک، رباتیک و سیستم‌های هوشمند در صنایع مختلف توسعه یافته است. از کاربردهای مهم سیستم‌های هوشمند، تشخیص عیوب محصولات در خط تولید انبوه است. خودکارسازی فرآیند تشخیص عیب در خطوط تولید ظروف یک‌بارمصرف با توجه به میزان مصرف عمومی و تولیدات انبوه و تنوع محصولات فوق، اقدامی اساسی و لازم در جهت بهبود کیفیت آن‌ها و کاهش نیروی انسانی به جهت حذف خطاهای ناشی از آن است. خودکارسازی در سودآوری واحد تولیدی تاثیر به‌سزایی دارد. هدف از بازرسی سطوح، تشخیص و آشکارسازی بخش‌هایی از سطوح و محصولات و کالاهای صنعتی است که با استانداردهای مشخص و از پیش تعیین‌شده مطابقت نداشته، دارای کیفیت ایده‌آل نیستند و باید در خطوط تولید جدا شوند.

در این پایان‌نامه دو روش به‌منظور تشخیص عیوب ظروف یک‌بار مصرف ارائه داده شده است. در روش اول با بررسی اطلاعات هندسی و استفاده از لبه‌یاب کنی، اصلاح زاویه را انجام می‌دهیم. سپس خطوط لبه‌های ظرف را با استفاده از تبدیل هاف تشخیص داده و خطوط داخلی ظرف را بررسی می‌کنیم. با استفاده از تبدیل موجک گسسته و آستانه‌گذاری روی ضرایب، به تشخیص ظرف ناسالم از ظرف سالم می‌پردازیم. در این روش به دقت ۸۸٪ رسیدیم. برای بهبود دقت عملکرد سیستم، از ویژگی‌های بسته موجک و شبکه‌عصبی پرسپترون چندلایه برای آموزش‌دادن و یافتن ظروف ناسالم استفاده می‌کنیم. نتایج حاصله بسیار مطلوب بوده و تشخیص عیب حدود ۹۷٪ را در پی داشته که این، نشان از عملکرد مطلوب سیستم طراحی شده نهایی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خودکارسازی فرآیند تشخیص عیب، خط تولید ظروف یک‌بارمصرف، پردازش تصویر، تبدیل هاف، تبدیل موجک گسسته، شبکه‌عصبی، پرسپترون چندلایه

فهرست

فصل اول.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ نقص صفر.....	۴
۳-۱ ضرورت تشخیص عیب.....	۴
۴-۱ ظروف یکبار مصرف غیراستاندارد.....	۵
۱-۴-۱ مواد اولیه تشکیل دهنده ظروف مضر.....	۵
۲-۴-۱ عوارض شاخص ظروف یکبار مصرف غیراستاندارد.....	۵
۵-۱ پلیمرهای گیاهی.....	۶
۱-۵-۱ موارد کاربرد پلیمرهای گیاهی.....	۶
۶-۱ مواد تشکیل دهنده ظروف یکبار مصرف گیاهی.....	۷
۱-۶-۱ ماشین آلات اصلی خط تولید.....	۷
۲-۶-۱ تجهیزات و دستگاه های جانبی خط تولید.....	۸
۷-۱ فرآیند تولید.....	۸
۱-۷-۱ دستگاه اول خط تولید (دستگاه گرانول ساز مخصوص تولید مواد اولیه ظروف یکبار مصرف گیاهی).....	۸
۲-۷-۱ دستگاه دوم خط تولید ظروف گیاهی (اکسترودر کردن و تولید ورق گیاهی زیست تخریب پذیر).....	۹
۳-۷-۱ دستگاه سوم خط تولید ظروف گیاهی (دستگاه پرس ترموفرمینگ یا وکیوم فرمینگ تولید ظروف یکبار مصرف گیاهی).....	۱۲
۸-۱ بازرسی چشمی.....	۱۴
۱-۸-۱ محدودیت های بازرسی چشمی.....	۱۴
۹-۱ ساختار پایان نامه.....	۱۵

فصل دوم..... ۱۷

- ۱-۲ مقدمه ۱۸
- ۲-۲ دسته‌بندی عیوب..... ۱۸
- ۳-۲ روش‌های تشخیص عیب ۱۹
- ۴-۲ کارهای مشابه انجام شده ۲۰

فصل سوم ۲۷

- ۱-۳ مقدمه ۲۸
- ۱-۱-۳ سطوح پردازش تصویر ۲۸
- ۲-۳ پارامترهای تحقیق ۳۰
- ۳-۳ اجزای سیستم بینایی ماشین ۳۱
- ۴-۳ مراحل کار ۳۳
- ۱-۴-۳ تشخیص لبه..... ۳۴
- ۲-۴-۳ عملگر کنی ۳۴
- ۳-۴-۳ تشخیص خطوط در تصاویر با استفاده از تبدیل هاف..... ۳۶
- ۵-۳ استخراج ویژگی ۳۹
- ۱-۵-۳ تبدیل فوریه ۴۰
- ۲-۵-۳ تبدیل فوریه زمان کوتاه ۴۱
- ۳-۵-۳ تبدیل موجک ۴۲
- ۶-۳ شبکه‌های عصبی ۴۶
- ۱-۶-۳ آموزش پرسپترون ۴۷
- ۲-۶-۳ شبکه‌عصبی پرسپترون چند لایه ۴۸
- ۳-۶-۳ الگوریتم پس‌انتشار خطا ۵۱

فصل چهارم ۵۳

۱-۴ مقدمه ۵۴

۲-۴ فلوجارت الگوریتم پیشنهادی ۵۵

۳-۴ تهیه مجموعه داده ۵۶

۴-۴ مراحل الگوریتم ۶۰

۱-۴-۴ پیش پردازش ۶۰

۲-۴-۴ شناسایی عیوب ۶۱

۱-۲-۴-۴ روش اول (با استفاده از تبدیل موجک) ۶۱

۲-۲-۴-۴ روش دوم (با استفاده از شبکه عصبی) ۶۴

فصل پنجم ۶۷

۱-۵ مقدمه ۶۸

۲-۵ بررسی نتایج ۶۸

۳-۵ پیشنهادها ۶۹

منابع ۷۰

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ شماتیک کلی دستگاه گرانول‌ساز ۹
- شکل ۲-۱ شماتیک کلی دستگاه تولید ورق گیاهی از مواد اولیه گرانول کامپاندی ۱۱
- شکل ۱-۲ عیوب سطحی مورد بررسی کاشی و سرامیک ۲۴
- شکل ۱-۳ اجزای یک سیستم ماشین‌بینایی ۳۱
- شکل ۲-۳ سیستم نورپردازی و عکس‌برداری ۳۲
- شکل ۳-۳ ضرایب تبدیل موجک پس از سه سطح در یک تصویر ۴۴
- شکل ۱-۴ فلوچارت روش پیشنهادی ۵۵
- شکل ۲-۴ ظرف نمونه اول دارای عیب بزرگ ۵۷
- شکل ۳-۴ ظرف نمونه اول دارای عیب بزرگ و کوچک ۵۷
- شکل ۴-۴ ظرف نمونه اول دارای عیب کوچک ۵۸
- شکل ۵-۴ ظرف نمونه دوم دارای عیب بزرگ ۵۸
- شکل ۶-۴ ظرف نمونه دوم دارای عیب کوچک ۵۹
- شکل ۷-۴ نمونه ظرف اول پس از مرحله پیش‌پردازش ۶۰
- شکل ۸-۴ نمونه اول پس از پیدا کردن خطوط آن ۶۲
- شکل ۹-۴ اعمال تبدیل موجک به نمونه اول ۶۳

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱ مشخصات کلی دستگاه گرانول‌ساز ۹
- جدول ۲-۱ مشخصات اکسترودر و هد دستگاه دوم ۱۱
- جدول ۳-۱ مشخصات کلندر دستگاه ۱۲
- جدول ۴-۱ اطلاعات و مشخصات فنی پرس ۴ بازو ترموفرمینگ گیاهی ۱۳
- جدول ۱-۲ ویژگی‌های ترکیب اندازه و ابعاد (شوچه و همکاران) ۲۱
- جدول ۱-۴ جدول نتایج استفاده از روش اول ۶۳
- جدول ۲-۴ جدول نتایج استفاده از روش دوم برای نمونه ظرف اول ۶۵
- جدول ۳-۴ جدول نتایج استفاده از روش دوم برای نمونه ظرف دوم ۶۶

فصل اول



۱-۱ مقدمه

امروزه بالا نگه داشتن کیفیت محصولات، مهمترین دغدغه هر تولیدکننده‌ای است. بارها اتفاق افتاده که در هنگام استفاده از ظروف یک‌بارمصرف متوجه عیب‌های مختلفی در آن‌ها شده باشید. برخی از این عیب‌ها ناشی از خرابی‌های سطحی مانند انحنای خطا در ابعاد، پارگی‌ها و تغییر شکل در مقاطع ظروف بوده که توسط بازرسی دیداری تشخیص داده می‌شوند و برخی از این عیب‌ها نیز ممکن است درون ساختاری باشند که ناشی از نفوذ مواد ناخواسته به درون ترکیب شیمیایی پلیمرهای استفاده شده در ظروف یک‌بارمصرف باشد.

از طرفی، چند سالی است که توجه به سلامت ظروف یک‌بارمصرف بیش از پیش شده است؛ زیرا ثابت گردیده که این مواد می‌توانند سرطان‌زا باشند. به منظور تشخیص عیوب مختلف در خط تولید این ظروف، استفاده از نیروی انسانی در بلندمدت، هم هزینه‌بر است و هم دقت مناسبی را نخواهد داشت.

وجود مشکلات ذکر شده در بازرسی توسط انسان، باعث گرایش پژوهش‌گران و تولیدکنندگان به استفاده از تکنیک پردازش تصویر شده است. استفاده از پردازش تصویر برای بازرسی محصولات باعث کاهش تعداد نیروی انسانی و خطای ناشی از خستگی خواهد شد. در دو دهه‌ی اخیر جهت بالا بردن راندمان و کیفیت کار بازرسی محصولات، از تکنیک‌های بینایی ماشین و پردازش تصویر استفاده شده است. در تشخیص عیب یا تاقان‌ها در خودروسازی، در تشخیص عیب محصولات کشاورزی، تشخیص عیوب سطحی کاشی و بسیاری از صنایع دیگر از آن استفاده می‌شود.

برخی از ظروف یک‌بارمصرف بر اثر وجود آسیب‌های مکانیکی و عیوب ریز ساختاری دچار آسیب‌دیدگی‌های ظاهری و داخلی می‌شوند، که سبب پایین آمدن کیفیت تولیدات می‌شوند و در نتیجه غریبال نمودن ظرف سالم از ظرف ناسالم و جدا کردن ظروف در گروه‌های مختلف ضرورت پیدا می‌کند.

هر نقص در محصول سبب ایجاد هزینه‌ای است که اغلب پنهان می‌ماند. این هزینه‌ها شامل زمان بازرسی، دوباره‌کاری، مواد و زحمت هدر رفته، سود از دست رفته و هزینه نارضایتی مشتری می‌شود. مقدار این هزینه‌ها را می‌توان با شناسایی و محاسبه درست آشکار ساخت. این کار دارای سه مزیت است: اول، آن را برای مراحل بهبود کیفیت مقرون به صرفه می‌کند؛ دوم این که، یک راه برای اندازه‌گیری پیشرفت مهیا می‌کند که برای حفظ تعهد مدیریت و پاداش کارکنان ضروری است و سوم این که اقدامات با ساخت هدف قابل اندازه‌گیری، محکم ساخته می‌شوند و تصمیمات بر اساس بازگشت نسبی گرفته می‌شوند.

در تشخیص عیوب محصولات از جمله ظروف یک‌بارمصرف در خطوط تولید کارخانه‌ها، چالش اساسی و مهم دیگری وجود دارد که در نوشتن الگوریتم‌های پردازش تصویر و طراحی سیستم بایستی مورد توجه قرار گیرد. این چالش مساله سرعت عمل سیستم است؛ چرا که سیستم باید قادر باشد تا به صورت بلادرنگ¹ عیب را حین عبور ظروف از روی تسمه نقاله و... تشخیص دهد؛ لذا سرعت پردازش تصویر و دستیابی به خروجی‌های نهایی برای کاربرد در خطوط تولید اهمیت فراوانی خواهد داشت.

همچنین با توجه به این که اکثر روش‌های عیب‌یابی نیاز به تصویر کامل دارند، که در آن‌ها حاشیه اضافی و چرخش تصویر وجود نداشته باشد، لذا باید به بررسی روش‌های استخراج تصویر ظروف و رفع اعوجاج و حاشیه‌های ناخواسته آن پرداخته شود. دو دلیل عمده برای عیوب پیش آمده قبل از مرحله بسته‌بندی نهایی شامل خطای تجهیزات و خطای ابزارهای اندازه‌گیری می‌باشد.

¹ Real time

۲-۱ نقص صفر^۱

نقص صفر یک ابزار مدیریت با هدف کاهش عیوب از طریق پیشگیری و یک بعد جدید در تضمین کیفیت می‌باشد. این مورد مستقیماً در ایجاد انگیزه در افراد برای جلوگیری از اشتباهات و تمایل برای انجام درست کار خود تاثیرگذار است.

۳-۱ ضرورت تشخیص عیب

درجه‌بندی خودکار ظروف دارای فواید اقتصادی و ایمنی مختلفی از جمله موارد زیر می‌باشد:

- ✓ کاهش حضور نیروی انسانی در محیط‌های آلوده و بعضاً پرخطر
 - ✓ بازرسی با خطا و هزینه کمتر
 - ✓ همگنی بیشتر در محصولات نهایی
 - ✓ دادن بازخورد به قسمت‌های مختلف تولید به منظور برطرف ساختن مشکلات احتمالی
- تحقیقات نیکولای و چیکتنز در این زمینه نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری روی سیستم‌های نظارت خودکار در خط تولید کارخانه‌ها بسیار اقتصادی و مقرون به صرفه است [۱].
- کیفیت^۲ یک فرآیند و یک محصول همان چیزی است که مشتری طلب می‌کند. اگر محصول ارائه شده در جنبه‌هایی خاص، کیفیت بسیار بالایی داشته باشد، اما مشتری بدان نیاز نداشته باشد؛ تنها هزینه‌ای است که پرداخته شده ولی ارزش افزوده‌ای ایجاد نکرده است.

کنترل کیفیت روش منظمی است که به موجب آن، اولاً کیفیت اندازه‌گیری می‌شود؛ دوماً کیفیت با استانداردهای از پیش تعیین شده مقایسه می‌شود و سوماً اقدامی موثر جهت کاهش اختلافات با استانداردها انجام می‌شود. هدف از کنترل کیفیت رسیدن به سطح کیفیت معلوم با حداقل هزینه است.

¹ zero defects

² Quality

۴-۱ ظروف یکبارمصرف غیراستاندارد

استفاده از ظروف یکبارمصرف پلی استایرن و بسیاری از ظروف کاغذی موجود در بازار، به علت دارا بودن لایه‌ای از پلاستیک در رویه داخلی ظرف موجب از بین رفتن ویتامین‌ها و پروتئین‌های موجود در غذا، ورود مواد سمی به غذا و تجمع این مواد سمی در بافت چربی بدن می‌شود. در حالی که ظروف یکبارمصرف گیاهی تماماً از گیاه و با ترکیبی از نشاسته ذرت، موم عسل، روغن گیاهی، سلولز و فیبرهای گیاهی ساخته می‌شود و طبق آزمایشاتی که از سوی وزارت بهداشت انجام شده به هیچ عنوان برای سلامت انسان مضر نیست.

۱-۴-۱ مضرات ظروف یکبارمصرف پلاستیکی

ظروف یکبار مصرف پلاستیکی مضراتی از قبیل مضرات زیست محیطی، بیماری‌زایی، مضرات بهداشتی و اقتصادی دارند. مهمترین معایب ظروف یکبار مصرف پلاستیکی عبارت‌اند از مشکل بازیافت، انتقال مواد مضر به غذا، عدم تجزیه پذیری سریع و آسیب به زیبایی طبیعت.

۲-۴-۱ عوارض شاخص ظروف یکبار مصرف غیراستاندارد

به چند مورد از عوارض شاخص ظروف یکبار مصرف غیراستاندارد به شرح ذیل اشاره می‌گردد:

- (۱) ظروف یکبار مصرف پلاستیکی یکی از عوامل جدی بروز انواع سرطان و سایر بیماری‌ها محسوب می‌شوند و به شدت سلامت انسان را تهدید می‌کنند.
- (۲) این مواد خاصیت آلرژی‌زایی دارند.
- (۳) این ظروف دستگاه گوارش را مستعد عفونت‌ها می‌سازد.
- (۴) استفاده دراز مدت از این ظروف باعث مشکلات گوارشی، خستگی و ناراحتی اعصاب می‌شود.

با توجه به نکات ذکر شده و مضراتی که ظروف غیراستاندارد دارند، امروزه استفاده از ظروف گیاهی رایج‌تر بوده و در این پایان‌نامه نیز تمامی تحقیقات بر روی این نوع از ظروف صورت می‌گیرد.

۵-۱ پلیمرهای گیاهی

ظروف یک‌بارمصرف گیاهی، ظروف زیست تخریب‌پذیر هستند. زیست تخریب‌پذیر بودن، گونه‌ای از توانایی مواد است که کربن در آن‌ها را توسط موجودات میکرو ارگانیزم مورد استفاده قرار می‌دهد و آن‌ها را به مواد بی‌خطر مانند دی‌اکسید کربن، توده‌های زنده و آب بر می‌گرداند.

۱-۵-۱ موارد کاربرد پلیمرهای گیاهی

- **گرانول گیاهی:** گرانول گیاهی از نشاسته ذرت، گندم و سیب‌زمینی قابل تولید است. در این تکنولوژی، با استفاده از انواع نشاسته‌های ذرت، گندم و یا سیب‌زمینی که از منابع داخلی قابل تأمین است، در یک هم‌زن حرارتی تولید گرانول می‌گردد.
 - **ورق‌های گیاهی زیست تخریب‌پذیر:** در مرحله بعد گرانول‌های تهیه شده در دستگاه میکسر، وارد یک دستگاه اکسترودر دومارپیچه طراحی شده برای گرانول‌های گیاهی می‌شوند. در نهایت گرانول گیاهی در یک دستگاه اکسترودر، تولید ورق گیاهی می‌گردد.
- از دلایل اصلی تمایل دنیا به استفاده از این مواد، قیمت تمام شده ارزان و ارزش افزوده بالای تولید این محصول، منابع فراوان تامین مواد طبیعی مانند نشاسته ذرت و گندم، تجزیه‌پذیری سریع، تحمل دماهای بالا بدون ایجاد تغییر شکل، عدم آلودگی کارخانجات تولید این ظروف به محیط زیست و مضر نبودن برای سلامتی انسان می‌باشد.

۶-۱ مواد تشکیل دهنده ظروف یک بار مصرف گیاهی

مواد تشکیل دهنده ظروف یک بار مصرف گیاهی، از مواد طبیعی گیاهی نظیر نشاسته ذرت، سیب زمینی و گندم ساخته می شود. نشاسته به طور طبیعی یک پلیمر گیاهی ضعیف است که خاصیت هیدروفیلی (آب دوست) دارد و باید به پلیمر قوی تبدیل شود؛ افزودن اسیدهای چرب گیاهی مانند استاریک اسید و اولئیک اسید باعث تغییراتی در ترکیب اولیه شده و با تشکیل گروه استری با زنجیره طویل کربنی، خاصیت آب گریزی ایجاد می شود.

از عیوب این ظروف می توان به این نکته اشاره کرد که، ممکن است در صورت ریختن مایعات در این ظروف کمی بوی نشاسته حس شود که به دلیل استشمام هم زمان، احساس می شود که مزه مایعات تغییر کرده است. البته این بو اندک است و ممکن است تنها برخی از افراد متوجه آن شوند.

۱-۶-۱ ماشین آلات اصلی خط تولید

ماشین آلات اصلی در خط تولید ظروف گیاهی عبارتند از:

- میکسر حرارتی تولید گرانول گیاهی (دستگاه تولید گرانول، تهیه کامپاند مواد اولیه گیاهی برای ترکیب نشاسته با پلیمر و مواد شیمیایی)
- دستگاه انتقال گرانول به قیف اکسترودر
- اکسترودر دو مارپیچه تولید ورق گیاهی (دستگاه تولید ورق گیاهی)
- ست قالب ظروف گیاهی
- دستگاه پرس (دستگاه وکیوم فرمینگ برای تولید ظروف گیاهی تخت مثل بشقاب، سینی و دستگاه فرمینگ حرارتی برای تولید ظروف گود مثل لیوان)
- دستگاه پانچینگ
- دستگاه خردکن و بازیافت ضایعات

۱-۶-۲ تجهیزات و دستگاه‌های جانبی خط تولید

در کنار ماشین‌آلات اصلی، دستگاه‌های جانبی مثل دستگاه آسیاب پلاستیک، استکر (لیوان جمع کن)، میکسر مواد اولیه، مکنده و انتقال‌دهنده مواد اولیه دستگاه، ترکیب‌دهنده مواد اولیه با آسیابی، چیلر (سردکن آب) و کمپرسور در خطوط تولید ظروف گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۷-۷ فرآیند تولید

اگر فرآیند تولید ظرف را به سه بخش اصلی تقسیم کنیم، مراحل به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

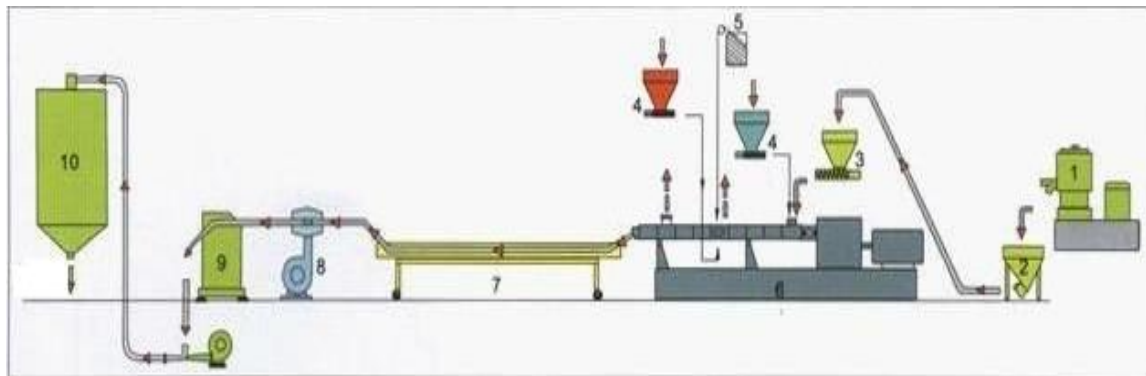
۱-۷-۱ دستگاه اول خط تولید (دستگاه گرانول‌ساز مخصوص تولید مواد اولیه

ظروف یک‌بارمصرف گیاهی)

چنان‌که قبلاً نیز توضیح دادیم، مواد اولیه اصلی ظروف گیاهی از دو نوع گرانول کامپاندی می‌باشد، که ترکیب هر دو نوع مواد فوق و تهیه گرانول به‌عنوان مواد اولیه در دستگاه گرانول‌ساز انجام می‌پذیرد.

در این مرحله، مخلوط تهیه‌شده از نشاسته‌ذرت (یا برنج و یا گندم) و مواد افزودنی در میکسر حرارتی تحت دما و فرآیند مشخصی به‌صورت کامپاند یکنواخت و هموژن در می‌آید. به نشاسته‌ذرت اصلاح شده، مواد افزودنی همچون موم عسل، اسیدهای چرب گیاهی، سلولز و ... جهت ارتقاء خواص فیزیکی پلیمر چون براقیت، نرمی و مقاومت حرارتی اضافه می‌گردد و گازگیری و خشک‌شدن انجام می‌شود. پس از مخلوط شدن با شرایط کنترل‌شده در زمان مشخص، طی یک پروسه دمایی مشخص خنک شده و در قسمت کاتر به‌شکل گرانول در ابعاد مشخص برش خورده و محصول نهایی تولید شده و قابل استفاده در خط تولید ورق گیاهی به‌عنوان مواد اولیه می‌باشد و به‌سمت دستگاه اکسترودر منتقل می‌گردد.

اگر قطر گرانول‌ها به هر دلیلی از جمله فشار نامناسب سیال در خشک‌کن افزایش یابد، فضای خالی بین دانه‌ها زیادتر می‌شود و باعث بروز عیب در مراحل بعدی خواهد شد. کاهش قطر گرانول‌ها نیز به همین ترتیب منجر به خطاهایی در مرحله دوم خواهد شد.



شکل ۱-۱ شماتیک کلی دستگاه گرانول‌ساز

جدول ۱-۱ مشخصات کلی دستگاه گرانول‌ساز

ظرفیت تولید دستگاه	۲۵۰ کیلوگرم در ساعت
قطر رشته تولیدی	۳/۵ تا ۴ میلی‌متر
مواد مصرفی	انواع نشاسته، گلی سیرین و پلی پروپیلین
مواد کامپاندی خروجی	مواد اولیه ظروف گیاهی

۲-۷-۱ دستگاه دوم خط تولید ظروف گیاهی (اکسترودر کردن و تولید ورق

گیاهی زیست تخریب پذیر)

در این دستگاه نشاسته‌هایی که در مرحله قبل توسط دستگاه میکسر خاص به گرانول اولیه تبدیل گردید، پس از گازگیری در بونکر و قیف مخصوص، وارد دستگاه دوم که یک اکسترودر خاص با طراحی ویژه مارپیچ و سیلندر مختص پلیمرهای گیاهی می‌شود. در قسمت اکسترودر دستگاه، که از

حساسیت منحصر به فردی برخوردار است، مواد اولیه تحت شرایط کنترل شده ذوب، و پس از اکستروژن شدن، تبدیل به خمیر گرم می‌شوند.

مواد به صورت ورق گرم از محل خروج اکستروژن که همدای نامیده می‌شود، خارج شده و بلافاصله وارد قسمت کلندر شده و در این قسمت از دستگاه، بین غلطک‌های فولادی کلندر، نورد تبدیل به ورق یکنواخت و صاف و ضخامت یکسانی می‌شود و همچنین با توجه به عبور مایع خنک‌کننده از داخل غلطک‌های نورد، ورق تولیدی تا حد لازم در اثر عبور از روی غلطک‌ها سرد و در ادامه پس از طی مسیری در قسمت کانوایر دستگاه و تماس با هوای محیط، ورق تولیدی کاملاً خنک شده، عرض آن نیز تنظیم و به صورت ورق و رول، محصول نهایی تولید می‌شود.

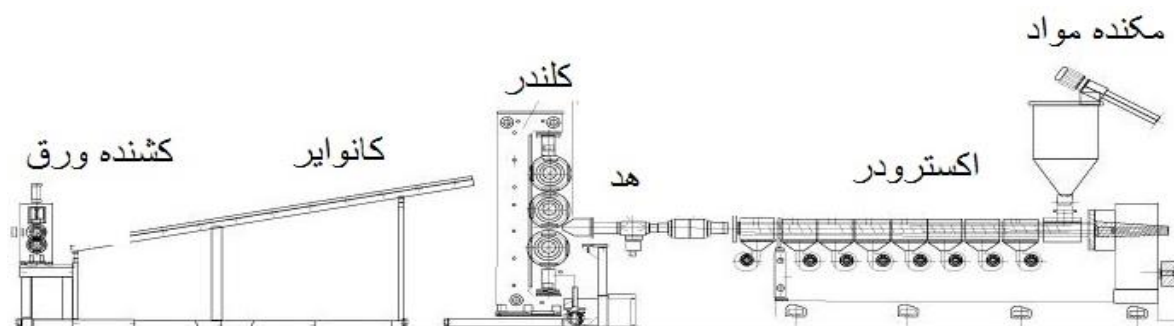
ورق تولید شده می‌تواند به همین صورت به انبار رول‌ها منتقل شود و یا مستقیماً به کنار دستگاه وکیوم‌فرمینگ یا پرشرفرمینگ برای تبدیل شدن به ظروف یا سایر قطعاتی که توسط فرآیند وکیوم یا پرشر تولید می‌گردند، انتقال داده شود. دستگاه تولید ورق شامل ۴ قسمت و واحد اصلی زیر می‌باشد:

۱. اکستروژن دستگاه ورق (که خود شامل: سیلندر ماردون، فیلتر و همدای است).

۲. کلندر نورد دستگاه ورق

۳. کانوایر دستگاه ورق

۴. رول جمع‌کن دستگاه ورق



شکل ۲-۱ شماتیک کلی دستگاه تولید ورق گیاهی از مواد اولیه گرانول کامپاندی

جدول ۲-۱ مشخصات اکسترودر و هد دستگاه دوم

مشخصات اکسترودر دستگاه		
Screw Diameter	120 mm	قطر ماردون
Screw Long	320 mm	طول ماردون
Screw Ratio	30:1	نسبت قطر به طول ماردون
مشخصات هد		
Max Width Die Head	900 mm	حداکثر عرض هد دای
Min Width Die Head	600 - 800 mm	عرض ورق حداقل حداکثر
Die Head Lip Thickness	0 - 3 mm	محدوده ضخامت تیغه هد
Die Head Material	VCN	جنس تیغه هد

جدول ۳-۱ مشخصات کلندر دستگاه

مشخصات کلندر دستگاه		
Calender Roller Width	900mm	عرض غلطک
Calender Roller Diameter	400 mm	قطر غلطک
Calender Roller Material	MO40 -CK45-60	جنس غلطک
Overall Dimension(m)	L12×W1.80× H2.5	ابعاد دستگاه ورق
All Power	380/3/50hz/54kw	مصرف برق کلی دستگاه
Weight	About 6.0T	وزن کلی

۳-۷-۱ دستگاه سوم خط تولید ظروف گیاهی (دستگاه پرس ترموفرمینگ یا

وکیومفرمینگ تولید ظروف یک بار مصرف گیاهی)

نوع و مدل دستگاه پرس نسبت به شکل ظروف تولیدی در دو مدل پرس ترموفرمینگ (برای ظروف بلند و ضخیم مانند لیوان، ظرف ماست و کاسه) و همچنین دستگاه پرس وکیومفرمینگ (برای ظروف کوتاه و درب دار مانند ظرف غذای درب دار) می باشد.

در این بخش ورق تهیه شده با ضخامت و پهنای معین در مرحله قبل، وارد دستگاه ترموفرمینگ یا وکیومفرمینگ می گردد. دستگاه به صورت اتوماتیک ورق را باز کرده و به صورت مرحله ای به درون می کشد. در این دستگاه، ورق در کوره حرارتی ابتدا تا دمای ۸۰ درجه سانتی گراد پیش گرم و سپس در گرم کن اصلی به دمای حدود ۱۲۰ درجه می رسد. سپس ورق نرم شده وارد بخش قالب گیری شده و طی فرآیند ایجاد خلا یا با ایجاد فشار مثبت در قسمت پرس اصلی و در زیر قالب، با استفاده از فشار باد، ورق گرم حالت و فرم قالب را به خود گرفته و ظرف تولیدی، بلافاصله خنک و پس از فرمینگ برش

خورده و قطعات مختلف مانند بشقاب، کاسه، لیوان و سایر قطعات تولید می‌گردد و بسته‌بندی نهایی ظروف انجام می‌گیرد.

لازم به توضیح می‌باشد این نوع پرس، مخصوص تولید ظروف ضخیم با ارتفاع بلند و بدون درب متصل می‌باشد. ظروف تولیدی در این نوع پرس شامل انواع لیوان، انواع سطل ماست، انواع کاسه و بشقاب می‌باشد. برای تولید ظروف درب‌دار با قفل مانند ظرف غذای درب‌دار گیاهی و یا ظرف ساندویچ، نیاز به پرس از نوع وکیوم‌فرمینگ می‌باشد.

جدول ۴-۱ اطلاعات و مشخصات فنی پرس ۴ بازو ترموفرمینگ گیاهی

I. Main Technical Parameter		اطلاعات خط ورق
sheet Material	Herbal sheet	جنس ورق مصرفی
Sheet Thickness Rang	0.25~2.0 mm	ضخامت ورق مصرفی
Sheet Width. Max	750mm	حداکثر عرض ورق مصرفی
Sheet Width. Min	550mm	حداقل عرض ورق ورودی
Sheet Width Forming For feeding	W=600mm ~ 680mm	ورق مصرفی در فرمینگ
Max. Sheet Roll of	1000mm	حداکثر قطر رول ورودی
Forming Area	۷۲۰×۴۰۰ mm	ابعاد فرم دهی
External Mould Area	۹۵۰×۵۰۰ mm	ابعاد قالب خور پرس
Max Up Forming height	15mm	ماکسیمم برگشت فرم
Max Down Forming height	150mm	ماکسیمم عمق ظروف تولیدی

۸-۱ بازرسی چشمی

بازرسی چشمی یکی از پایه‌ای‌ترین و پرکاربردترین روش‌های غیرمخرب است که در آن عمدتاً از چشم به‌عنوان ابزار اصلی بازرسی استفاده می‌شود. در این روش، شناسایی عیوب و بررسی کیفیت سطح قطعات براساس مشاهده دقیق و فنی سطح توسط بازرس ماهر و باتجربه صورت می‌گیرد. بازرس براساس دانش و شناختی که از قطعه آزمون و عوامل موثر بر کیفیت آن دارد، می‌تواند سطح کیفیت آن را با دیدن با چشم غیرمسلح و در مواردی به‌کمک ابزارهای بازرسی مربوطه شناسایی و ارزیابی نماید. کاربردهای اصلی آن در شناسایی تمامی عیوب و عوامل سطحی مانند سطح کیفیت، رنگ، صافی سطح، خوردگی، ابعاد، تعداد و ... می‌باشد. مزایای بازرسی چشمی عبارت است از:

- امکان بازرسی انواع مواد و موضوعات در صنایع مختلف
- امکان بازرسی قطعات با سطوح گسترده یا حجم‌های بالا با قیمت پایین و سرعت بالا
- عموماً ساده و ارزان
- کارایی بالا و قابل قبول از نظر تمامی استانداردها

۱-۸-۱ محدودیت‌های بازرسی چشمی

- در این روش، تنها عیوب روی سطح قطعه تشخیص داده می‌شود.
 - تمیزکاری سطح بسیار حساس و بحرانی است؛ زیرا وجود هرگونه آلودگی و یا پوشش باعث ممانعت از تشخیص عیوب می‌گردد.
 - نتایج بازرسی به تجربه و مهارت بالای بازرس بستگی دارد.
- امروزه با هدف بالابردن کیفیت محصولات نهایی در خطوط تولید، از سیستم‌های بازبینی خودکار بهره گرفته می‌شود. این امر با افزایش سرعت و دقت بازبینی محصولات، توسط این سیستم‌ها انجام می‌شود.

۹-۱ ساختار پایان نامه

در ادامه ساختار پایان نامه به این ترتیب است که در **فصل دوم** تحقیقاتی که در زمینه‌های مشابه تاکنون انجام شده را بررسی خواهیم کرد. در **فصل سوم** مباحث نظری که در این پایان نامه از آن‌ها استفاده کرده‌ایم را مختصری توضیح داده.

در **فصل چهارم** روش پیشنهادی خود را مطرح کرده که شامل دو روش بوده و نتایج متفاوتی داشتند. در **فصل پنجم** نیز نتایج دو روش مطرح شده را بررسی کرده و چند پیشنهاد برای تحقیقات آینده مطرح می‌کنیم.

فصل دوم

مرور کارهای انجام شده

۲-۱ مقدمه

نزدیک به چند دهه است که استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و بینایی ماشین در تشخیص عیوب محصولات کاربرد فراوانی دارد. در صنایع مختلف، این تکنولوژی برای مواد متفاوتی به کار رفته است. در صنعت کشاورزی از این تکنیک‌ها برای تشخیص عیوب محصولات کشاورزی، در صنعت خودرو و فضایی برای تشخیص عیوب سطحی یا ترک‌ها در ساختار اجسام، در صنایع تولیدی مختلف هم برای کنترل کیفیت محصولات به کار رفته است.

علاوه بر این، پیشرفت‌های کلیدی و مهمی در روش بازرسی خودکار چشمی برای تشخیص عیوب سطحی در پانزده سال گذشته انجام شده و این پیشرفت‌ها به دلیل کاهش دادن هزینه‌ها در خط تولید با استفاده از الگوریتم‌های تشخیص عیب است.

۲-۲ دسته‌بندی عیوب

عیوب در مواد را به چهار دسته کلی عیوب نقطه‌ای^۱، عیوب خطی یا یک‌بعدی^۲، عیوب سطحی یا دوبعدی^۳ و عیوب حجمی یا سه‌بعدی^۴ تقسیم می‌کنند.

انواع عیوب سطحی نیز عبارتند از:

۱. سطوح خارجی ماده و پستی و بلندی‌های آن (تحت تاثیر کشش سطحی و عوامل بیرونی)
۲. مرزدانه‌ها و فصل مشترک‌های داخل ماده (عدم تطابق دو دانه در کنار یکدیگر)
۳. نقص در چیده شدن صفحات اتمی (باعث تغییر خواص فیزیکی و مکانیکی در محل نقص

می‌شود)

¹ point defects

² linear defects

³ surface defects

⁴ volume defects

عیوب سه بعدی یا حجمی: حفرات، ترک‌ها، مواد ناخالص، ذرات فاز ثانوی

۲-۳ روش‌های تشخیص عیب

به‌طور کلی روش‌های تشخیص عیب و ریشه‌یابی عیوب به دو دسته روش‌های مبتنی بر داده و روش‌های مبتنی بر مدل تقسیم‌بندی می‌شوند؛ که هر کدام از آن‌ها شامل روش‌های کیفی و روش‌های کمی هستند. روش‌های کیفی مبتنی بر داده شامل منطق فازی و سیستم‌های خبره بوده و روش‌های کمی شامل شبکه‌های عصبی و روش‌های آماری می‌باشد که در این پایان نامه از آن‌ها بهره می‌بریم.

در تقسیم‌بندی دیگری، روش‌های تشخیص عیب شامل دو دسته می‌شوند که عبارتند از روش‌های آماری و روش‌های طیفی. در روش‌های آماری، هدف جدا کردن مناطقی از تصویر است که رفتارهای آماری مجزایی نسبت به سایر مناطق از خود نشان می‌دهند.

روش‌های آماری تشخیص عیب با استفاده از ویژگی‌های بافت شامل تشخیص عیب با استفاده از آستانه‌گذاری دوسطحی (نورتن واین و استوجانویچ [۲])، تشخیص عیب با استفاده از معیار برخال (کونکی و پرونسا [۳])، تشخیص عیب با استفاده از اطلاعات آماری تصویر خاکستری (ژانگ و برسه [۴])، عملگرهای ریخت‌شناسی، تشخیص لبه، ویژگی‌های ماتریس هم‌رخداد و... می‌باشد.

اما روش‌های دیگری که اهمیت دارند، روش‌های طیفی هستند که بسیار قوی و کارآمد می‌باشند. تصاویر دارای بافت‌های یکنواخت، از بافت‌های اولیه تکرارپذیری تشکیل شده‌اند که درجه بالای تکرار این شکل‌های اولیه در بافت به ما این اجازه را می‌دهد که از ویژگی‌های طیفی برای تشخیص عیب استفاده کنیم.

روش‌های طیفی تشخیص عیب شامل استفاده از تبدیل فوریه گسسته (چان و پانگ [۵])، تسای و هیش [۶])، استفاده از فیلتر گابور، استفاده از تبدیل موجک (سراف و گودارد [۷])، جاسپر و همکاران [۸]) و تشخیص عیب با استفاده از فیلتر گابور موجک می‌باشد.

با مروری بر ادبیات موضوع درمی‌یابیم که درخصوص تشخیص عیب در ظروف یک‌بارمصرف، تاکنون پژوهش متمرکزی صورت نگرفته است. برخی از این پژوهش‌هایی که به موضوع این پژوهش نزدیک است را در این جا مرور می‌کنیم.

۴-۲ کارهای مشابه انجام شده

تعیین شکل یکی از رایج‌ترین اهداف ارزیابی کیفی محصولات مختلف در صنایع است. تعیین شکل با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر در مقایسه با خصوصیات مانند رنگ و بافت، آسان‌تر است. غالباً اشیای متعلق به یک طبقه دارای ابعاد فیزیکی مشخص را می‌توان براساس شکل آن‌ها از اشیای دیگر جدا کرد. دو و سان در مقاله خود ویژگی‌های شکل را به صورت مستقل و یا به وسیله ترکیبی از اندازه ابعاد مشخص کردند [۹].

در مقاله لیو و وانگ [۱۰] تمرکز بر روی تشخیص عیب در ظروف شیشه‌ای بود. معیار اصلی قیاس و پردازش تصویر در پژوهش آن‌ها پارامترهای شکل ظاهری و ابعاد هندسی بود. آن‌ها نشان دادند که می‌توان محدوده وسیعی از عیوب ظروف شیشه‌ای را با پردازش تصویر شناسایی نمود.

شوچه^۱ و همکاران [۱۱]، برای آنالیز ویژگی‌های شکل گندم هندی مقادیر مساحت، محیط، طول محورهای اصلی و فرعی، تراکم، نسبت محوری، کرویت، فاکتور شکل ۱، فاکتور شکل ۲، فاکتور شکل ۳ و فاکتور شکل ۴، تعریف شده در جدول ۱ را از تصاویر دیجیتالی محاسبه کردند.

¹ Shouche

جدول ۱-۲ ویژگی‌های ترکیب اندازه و ابعاد [۱۱]

$AreaRatio = \frac{Area}{MaxDiameter \cdot MinDiameter}$	نسبت سطح
$AspectRatio = \frac{MaxDiameter}{MinDiameter}$	نسبت ظاهری
$Circularity = \frac{Perimeter^2}{Area}$	گردی
$Compactness = \frac{4\pi \cdot Area}{Perimeter^2}$	تراکم
$DiameterRange = MaxDiameter - MinDiameter$	بازه قطر
$Eccentricity = \sqrt{1 - \frac{SemiMinor^2}{SemiMajor^2}}$	خروج از مرکزیت
$Roundness = \frac{4\pi \cdot Area}{\pi \times MoxDiameter^2}$	کرویت
$ShapeFactor1 = \frac{Perimeter^2}{4\pi \cdot Area}$	فاکتور شکل ۱
$ShapeFactor2 = \frac{MaxDiameter}{Area}$	فاکتور شکل ۲
$ShapeFactor3 = \frac{Area}{MaxDiameter^3}$	فاکتور شکل ۳
$ShapeFactor4 = \frac{4 \cdot Area}{\pi \cdot MaxDiameter \cdot MinDiameter}$	فاکتور شکل ۴

بین لیو^۱ و همکاران، در خصوص کاربرد استفاده از ماشین‌های بینایی در تشخیص عیوب سطحی در محصولات پلاستیکی مانند اجزای الکترونیکی، پلاستیکی، نوارها، مواد ساختمانی PVC، فیلم‌ها، چرم، بطری‌ها و... مطالعه‌ای انجام دادند [۱۲].

آق‌خانی و پوررضا، جهت متمایز کردن تخم‌مرغ‌های کثیف و تمیز از بررسی هیستوگرام‌های سطوح خاکستری استفاده نمودند [۱۳]؛ به‌طوریکه مقدار هیستوگرام در تخم‌مرغ‌های کثیف بیشتر بود و باعث می‌شد که تخم‌مرغ‌ها به‌سادگی از هم تشخیص داده شوند.

شافیت^۲ و همکاران، در مقاله‌ای یک روش بر پایه تصویربرداری برای تشخیص عیب در بطری-های آب ارائه نمودند [۱۴]. هدف آن‌ها پیدا کردن تمام نواقص در بطری‌های آب خالی بود. قید اصلی موجود در پژوهش آن‌ها این بود که فرایند بایستی به‌شکل بلادرنگ انجام می‌گرفت. به این معنی که، هنگامی که بطری‌ها به‌طور مداوم بر روی تسمه نقاله حرکت می‌کنند، بایستی تشخیص عیب شوند. با استفاده از تصاویر دوربین و پردازش تصویر، موقعیت بطری‌ها به‌وسیله تبدیل هاف تعمیم‌یافته^۳ پیدا می‌شود.

سپس بطری‌ها برای داشتن هر نوع عیبی و یا حضور اشیاء خارجی بررسی می‌شدند. در آماری که از عملکرد سیستم و الگوریتم ارائه شده به‌دست آمد، سیستم توانست تمام بطری‌های معیوب را تشخیص دهد و تنها یک درصد از بطری‌های سالم را نیز به اشتباه معیوب تشخیص داد. آن‌ها ادعا کردند که سیستم آن‌ها می‌تواند در خط تولید نوشیدنی‌ها برای بررسی عدم حضور اشیاء خارجی در بطری‌ها استفاده شود.

¹ Bin Liu

² Shafait

³ Generalized Hough

در آنالیز تصویر، بافت بیانگر ترتیب خاصی از سطوح خاکستری پیکسل‌ها در یک ناحیه است. بافت یک ناحیه جداشده، ویژگی مهمی برای توصیف این ناحیه است که کمیت بعضی از مشخصات تغییرات سطح خاکستری درون جسم را تعیین می‌کند.

در سال‌های اخیر تکنیک‌های چندتفکیکی از قبیل تبدیلات موجک و گابور به‌طور گسترده، جهت آنالیز ساختار و بافت تصویر مورد استفاده قرار گرفته است. برخلاف تبدیل موجک که از پارامترهای ثابت جهت تجزیه تصویر در مقیاس‌های مختلف بهره می‌گیرد، تبدیل گابور نیازمند تنظیم دقیق و مناسب پارامترهای فیلتر در مقیاس‌های متفاوت می‌باشد [۱۵].

سبحانی‌پور و همکاران، برای شناسایی و طبقه‌بندی عیوب سطحی عنب ۸ ویژگی شکلی و ۲۴ ویژگی بافتی جهت تشخیص چروکیدگی، آفت‌زدگی، شکستگی و نارس بودن میوه مورد بررسی قرار دادند [۱۶]. نتایج این تحقیق نشان داد که ویژگی‌های بافتی با دقت بسیار بهتری نسبت به ویژگی‌های شکلی در تشخیص عیوب سطحی عنب موثر است. به‌طوریکه از طریق این ویژگی‌ها می‌توان با دقت بیش از ۹۶ درصد، عنب چروکیده از سالم را که به‌عنوان یک ویژگی منفی در بازاریابی این محصول مطرح است، جدا نمود.

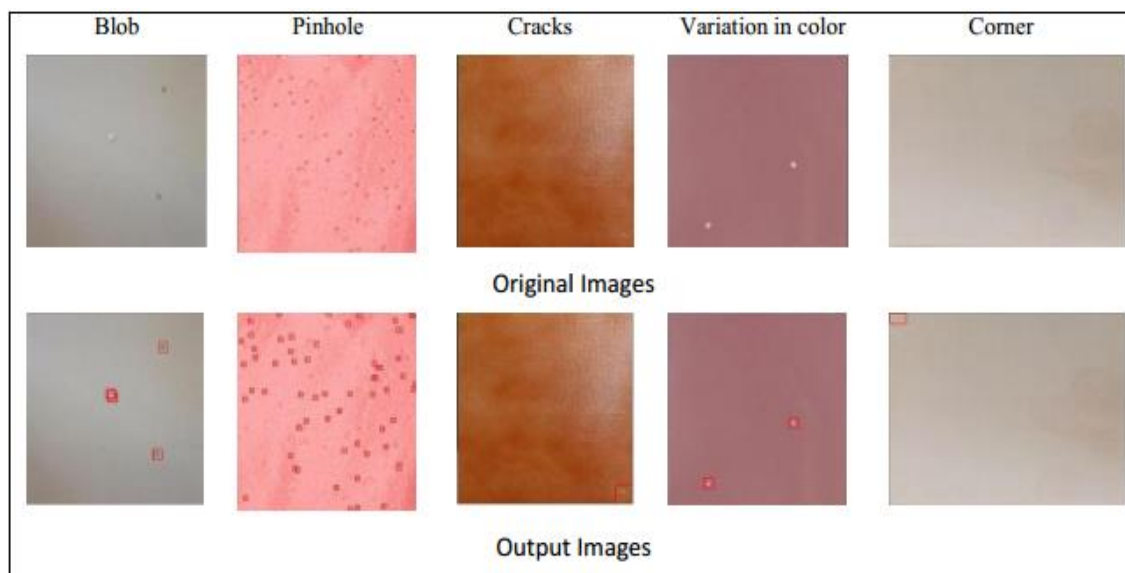
اونی و گاسلین^۱، در تحقیق خود برای هر پیکسل از تصویر در هر کلاس ویژگی‌های رنگی، بافتی و طیفی را استخراج کرده و روش‌های مختلف استفاده از پنجره (هم‌پوشان و غیرهم‌پوشان) را برای استخراج ویژگی بررسی کردند [۱۷]. کلاس‌های طبقه‌بندی سالم، خراب، دم و کاسبرگ بوده و برای طبقه‌بندی پیکسلی تصویر سیب از شبکه‌عصبی پرسپترون استفاده کردند. در تحقیق آن‌ها تنها طبقه‌بندی پیکسلی تصویر انجام شد و شناسایی نوع خرابی برای درجه‌بندی سیب اهمیت نداشته است.

کمال‌پریت و بینت در مقاله خود، تمام ۱۴ نقص روی PCBها (تخته مدارات چاپی برای مونتاژ مدارهای الکترونیکی) شامل اتصال کوتاه، مدارباز، پین سوراخ و... را در مرحله‌ی اول تشخیص داده و

¹ Unay & Gosselin

سپس عیب‌ها را به ۵ گروه دسته‌بندی کردند [۱۸]. الگوریتم آن‌ها شامل عملگرهای پردازش تصویر متلب از جمله تفریق، جمع، XOR، فرسایش و... بود. مشکل اصلی الگوریتم آن‌ها نیاز داشتن به تصاویری با ابعاد مشخص بود.

آقایان سانقدیا و میستری، عیوب سطح کاشی را با استفاده از پردازش تصویر دیجیتال مورد تجزیه‌تحلیل و ارزیابی قرار دادند [۱۹]. از آنجایی که بازرسی از کاشی و سرامیک در شرایط نویز، درجه حرارت شدید و همچنین رطوبت انجام می‌شود، تشخیص عیب آن‌ها کار دشواری است. آن‌ها در مقاله خود فقط عیوب سطحی که شامل ترک، لکه، سوراخ، نقص در لبه‌ها و عدم تطابق الگویی مطابق با شکل ۱-۲ می‌باشد را بررسی کردند؛ و از تکنیک‌های مختلفی از جمله آستانه‌گذاری، قطعه‌بندی^۱، تفاضل دو تصویر، خوشه‌بندی و غیره بهره بردند و با استفاده از یک شبکه‌عصبی PNN و دادن وزن‌های مختلف به لبه‌های شبکه، آن‌را به چهار قسمت تقسیم کردند و با اعمال بردارهای ویژگی به شبکه‌عصبی، نقص‌ها را تشخیص دادند.



شکل ۱-۲ عیوب سطحی مورد بررسی کاشی و سرامیک [۱۹]

¹ segmentation

ریماک و همکارانش روشی را جهت تشخیص عیب کاشی بر مبنای تبدیل موجک و شبکه‌های عصبی ارائه نمودند که در آن کاشی به دو قسمت تقسیم شده و به‌ازای هر قسمت یک شبکه‌عصبی ایجاد می‌شود. ویژگی‌های مورد استفاده شامل ماکزیمم ضرایب جزئیات و میانگین ضرایب حاصل از تقریب در سه جهت است. نکته مثبت این روش کوچک بودن بردار ویژگی و نکته منفی آن استفاده از دو شبکه‌عصبی جهت کلاس‌بندی است [۲۰].

در [۲۱] روشی برای کشف، نمایش و درجه‌بندی عیوب شکستگی به‌صورت بلادرنگ و با دقتی بالا معرفی شده است. در این روش از استخراج نقاط مرزها و کانتور تصاویر و همچنین محاسبه شیب پیکسل‌های کانتور برای شناسایی شکستگی‌ها استفاده کرده است.

در شناسایی عیوب لبه‌ی کاشی و سرامیک، روش پیشنهادی دیگر، [۲۲] است که توسط هوسنسکی و همکارانش ارائه شده است. هدف این مقاله یافتن عیوب لبه‌ی کاشی و سرامیک بر پایه‌ی تحلیل توصیفگر کانتور است. برای این منظور ابتدا تصویر ورودی را به تصویر دودویی تبدیل کرده و سپس برای آستانه‌گذاری از تحلیل هیستوگرام استفاده کردند. نویسندگان عنوان کرده‌اند که اغلب روش‌های آشکارسازی لبه‌های تصویر، بر پایه روش‌های گرادیان انجام می‌گیرد.

آن‌ها برای استخراج لبه‌های شکل از الگوریتم لبه‌یاب کنی استفاده کرده‌اند. روش ردیابی جهت-دار کانتور که مورد استفاده هوسنسکی و همکاران بوده است، روشی بر پایه جستجوی پیکسل‌های لبه شکل کاشی با اطلاعاتی درباره جهت آن‌ها در امتداد مسیر جستجو است. به این صورت که به‌جای موقعیت هر پیکسل کانتور، جهت آن پیکسل ذخیره شده و ردیابی کانتور بر پایه جهت‌ها انجام می‌شود.

دانگ و همکاران برای طبقه‌بندی بافت با کمک استخراج ویژگی از زیر باندهای تبدیل کانتورلت استفاده کرده‌اند [۲۳]. در این مقاله با استفاده از بردار ویژگی به‌دست‌آمده از الگوریتم c-means در فضای کانتورلت به طبقه‌بندی بافت موردنظر می‌پردازند؛ و در ادامه با مقایسه با روش طبقه‌بندی بافت با استفاده از استخراج ویژگی انرژی در حوزه موجک پرداخته است. الگوریتم c-means یک الگوریتم

خوشه‌بندی است که بر پایه‌ی اندازه‌ی بین نقاط داده و مرکز خوشه‌ها در فضای داده و بهینه‌سازی تابع هدف کار می‌کند.

در [۲۴] جهت کشف عیوب بافت محصولات از هیستوگرام تصاویر محصولات استفاده شده‌است. نویسندگان در این مقاله جهت کشف عیوب موجود در بافت محصولات، هیستوگرام استخراجی تصویر را با یک هیستوگرام مبنا مقایسه نموده‌اند.

در [۲۵] سیستمی برای درجه‌بندی کاشی‌های سرامیکی با استفاده از تکنیک بینایی‌ماشین پیشنهاد شده‌است. در کار موردنظر برای کلاس‌بندی عیوب از شبکه‌عصبی پرسپترون چندلایه استفاده شده‌است.

در مقاله [۲۶] یک روش جدید برای تجزیه و تحلیل بافت‌ها ارائه شده‌است. این روش از نظریه شبکه پیچیده استفاده کرده‌است. روش پیشنهادی، از اندازه‌گیری و سنجش درجه بافت برای توصیف آن مجموعه استفاده می‌کند. نتایج این روش برای نقص‌های موجود در بافت بسیار قوی است.

در [۲۷] بکووالس و همکارانش، روش‌هایی برای آشکارسازی ترک‌های بزرگ و کوچک پیشنهاد داده‌اند. روش شامل یک پیچش یک‌بعدی به‌ترتیب در جهات افقی و عمودی است. شکل سیگنال‌های خروجی، با شکلی که انتظار داریم مقایسه می‌شود تا ببینیم خط مورد نظر ما را تایید یا رد می‌نماید. فیلترهای پیچشی می‌توانند برای تشخیص خصوصیات حتی به اندازه پهنای تا چند پیکسل بهینه شده و استفاده شوند. در همین مقاله برای آشکارسازی ترک‌های بزرگ، استفاده از توزیع وینر و فاصله ماهانولوبیس پیشنهاد شده‌است.

فصل سوم

مباحث نظری

۱-۳ مقدمه

پردازش تصویر به موارد زیر اطلاق می‌شود:

- دست‌کاری تصاویر به منظور بهبود تصاویر به طوری که تفسیر آن‌ها برای انسان بهتر گردد.
 - استخراج اطلاعاتی از تصویر که برای تفسیر و فهم تصویر توسط ماشین به کار می‌رود.
- فهم تصویر توسط ماشین به بینایی ماشین^۱ موسوم است که از مباحث پیشرفته در پردازش تصویر می‌باشد.

۱-۱-۳ سطوح پردازش تصویر

۱. پردازش‌های سطح پایین

شامل عملیات اولیه مانند پردازش تصاویر برای کاهش نویز، ارتقای تباین^۲ و تیزکردن تصویر، اصلاح هندسی تصویر و... است. مشخصه این پردازش‌ها این است که ورودی و خروجی، هر دو تصویر هستند.

۲. پردازش‌های سطح متوسط

شامل عملیات قطعه بندی^۳، تقسیم‌بندی تصویر به مناطق یا اشیاء، توصیف اشیاء جهت ساده-سازی وضعیت آن‌ها به صورتی که برای پردازش توسط کامپیوتر مناسب شوند و نیز طبقه‌بندی^۴ و شناسایی^۵ اشیاء می‌باشد. مشخصه این نوع پردازش این است که ورودی‌ها عموماً تصویر بوده اما خروجی‌های آن توصیفاتی است که از تصویر مانند لبه‌ها^۶، منحنی میزان کانتورها^۷ و مشخصه‌های شناسایی اشیاء استخراج شده‌اند.

¹ Machine Vision

² Contrast

³ segmentation

⁴ classification

⁵ recognition

⁶ edges

⁷ contours

۳. پردازش‌های سطح بالا

شامل معنی‌دار کردن اشیا تشخیص داده شده و اجرای توابعی با قابلیت شناسایی است که معمولاً با بینایی همراه است.

پردازش تصویر به عنوان یک تکنیک غیرمخرب و الگوریتم‌های مبتنی بر این تکنیک براساس تفاوت در ویژگی‌های شکلی، رنگی و بافت، می‌تواند نواقص و شاخص‌های موثر در درجه‌بندی ظروف یک‌بارمصرف را با دقت بالایی تشخیص دهد.

در یک سیستم یک‌پارچه بینایی ماشین، بخش مکاترونیک ماشین، اشیاء را به گونه‌ای جابجا می‌کند که در دامنه دید تجهیزات تصویربرداری دستگاه، به درستی مستقر گردند. سپس تصاویر متعددی که از شیء گرفته می‌شوند، در نرم‌افزار سیستم، پردازش می‌شوند و ویژگی‌های مورد نیاز استخراج می‌شوند. نرم‌افزار شامل رویه‌های یادگیری ماشین، اندازه‌گیری و تست است که لزوماً به ترتیب اجرا نمی‌شوند. این رویه‌ها درباره نواقص احتمالی محصول تصمیم‌گیری می‌کنند و سرانجام، محرک‌های دستگاه نتیجه تست را روی شیء آزمون شده اعمال می‌نمایند.

وظایف نوعی سیستم‌های بینایی ماشین عبارت‌اند از بازرسی، مرتب‌سازی، درجه‌بندی، نظارت و هدایت. بنابراین یک دستگاه بازرسی به روش بینایی ماشین می‌تواند چند کار مرتب‌سازی و درجه‌بندی را تنها با استفاده از ابزار الکترونیکی انجام دهد.

۲-۳ پارامترهای تحقیق

هدف، کنترل کیفیت ظروف یکبارمصرف در خط تولید این محصولات است. پارامترهای مورد

بررسی در این تحقیق عبارت است از:

- **یکنواختی (هندسه):** عبارت است از یکدست نمودن ظروف از نظر اندازه براساس استاندارد.
- **ترک خوردگی:** عبارت است از آثار ناشی از عوامل مکانیکی مانند ضربه و سایر عواملی که باعث شکستگی، بریدگی و تغییر شکل ظاهری ظروف یکبارمصرف گردد.

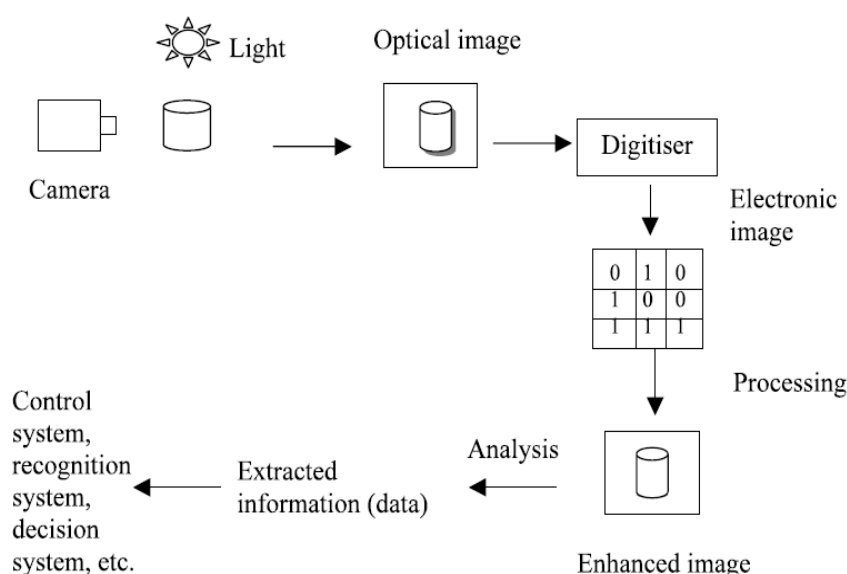
- **عیوب ریزساختاری:** شامل آن دسته از عیوب است که در نتیجه نفوذ مواد ناخواسته به ریزساختار پلیمرها به وجود می‌آید و یا این که در اثر انبار نمودن ظروف تولیدی در شرایط نامناسب جوی ممکن است ایجاد شده و باعث تغییر رنگ در ظروف شود. گاهی دیده می‌شود که با نگهداری این ظروف در برابر آفتاب و محیط‌های خورنده، تغییر رنگ و ریزساختار در آن‌ها ایجاد می‌گردد.

روش کار سیستم بدین صورت است که پس از عکس‌برداری از جسم موردنظر و ذخیره‌ی آن، عواملی چون نویز تصویر، پیش‌زمینه تصویر و همچنین انعکاس نور در تصویر را به‌منظور بررسی دقیق حذف می‌کنیم و سپس به‌وسیله‌ی الگوریتم‌ها و روش‌های مخصوص به ارزیابی ویژگی‌های محصول می‌پردازیم. منابع خطای بسیاری در انجام اندازه‌گیری با سیستم بینایی ماشین وجود دارد که شامل موارد زیر می‌شود:

- تنظیم نبودن نور و در نتیجه ایجاد سایه در تصویر
- انتخاب نامناسب حد آستانه برای جداسازی زمینه از تصویر
- امکان چسبیدن اجسام به یکدیگر
- خطای ناشی از جهت قرار گرفتن جسم زیر دوربین
- خطای ناشی از برجستگی ناهمواری سطحی اجسام

۳-۳ اجزای سیستم بینایی ماشین

سیستم پردازش تصویر در این پژوهش متشکل از دو بخش سخت افزار و نرم افزار است؛ قسمت سخت افزار آن شامل بخش های نورپردازی، دوربین و رایانه است و در قسمت نرم افزار نیز از نرم افزار متلب^۱ استفاده خواهد شد. شکل ۳-۱ اجزای سیستم بینایی ماشین مورد استفاده را به صورت شماتیک نشان می دهد.



شکل ۳-۱ اجزای یک سیستم بینایی ماشین

تکنیک پردازش تصویر در این پژوهش مطابق با شکل بالا به ۴ گام اساسی تقسیم بندی شده است:

۱- نورپردازی و تصویربرداری

با توجه به این که نورپردازی یک پارامتر اساسی در کیفیت داده های ورودی می باشد و می تواند تاثیر به سزایی در کاهش زمان پردازش داشته باشد، در انتخاب منبع نورپردازی دقت لازم بایستی به عمل آید. در این پژوهش از یک دوربین تجاری برای تصویربرداری استفاده می شود. در سیستم نورپردازی

¹ Matlab

مطابق شکل ۲-۳ از یک پایه جهت تنظیم شدت نور و عدم ایجاد سایه‌های اضافی روی ظرف هنگام گرفتن تصویر از ظرف استفاده می‌کنیم.



شکل ۲-۳ سیستم نورپردازی و عکس برداری

۲- پیش‌پردازش تصویر

پس از این‌که تصاویر تهیه شدند، به دلایل متفاوت تصاویر موجود دارای نویزهای متفاوتی می‌باشند؛ به‌عنوان مثال ممکن است به‌دلیل شرایط نامناسب نورپردازی در هنگام دودویی کردن تصاویر، تعدادی پیکسل به‌اشتباه به‌عنوان محصول در نظر گرفته شوند. برای از بین بردن این نویزها و افزایش کیفیت در این پژوهش، سعی بر این است که بتوان به کمک توابع موجود تا حد امکان این نویزها را از بین برد.

۳- ناحیه‌بندی تصویر

عمل جداسازی، یک تصویر را به اجزاء تشکیل دهنده‌اش تقسیم‌بندی می‌کند. روش‌های جداسازی توسعه‌یافته برای ارزیابی ظروف یک‌بار مصرف را می‌توان بر اساس روش کار آن‌ها به چهار گروه زیر تقسیم کرد:

- جداسازی بر اساس آستانه‌یابی^۱
- جداسازی بر اساس ناحیه^۲
- جداسازی بر اساس شیب^۳
- جداسازی بر اساس طبقه‌بندی^۴

با توجه به منابع موجود در این‌جا، در اکثر موادغذایی از روش آستانه‌یابی استفاده می‌شود؛ چون نسبت به سایر روش‌ها سریع‌تر و ساده‌تر انجام می‌گیرد [۹].

۴- اندازه‌گیری ویژگی‌های شکلی، رنگ و بافت

یک جسم جداشده را می‌توان براساس ویژگی‌هایی از خصوصیات داخلی و یا خارجی آن نمایش داد. در این مرحله از کار می‌بایست به دنبال انتخاب گروهی از ویژگی‌هایی که بیشترین تاثیر را در فرایند تفکیک دارند، بود. ویژگی‌های زیادی می‌توانند برای توصیف جسم استفاده شوند که برای ما ویژگی‌های قابل سنجش و دارای اندازه‌گیری ساده‌تر ارجحیت دارند. ویژگی‌های اندازه‌گیری شده مورد استفاده برای طبقه‌بندی و بررسی عیوب ظروف یک‌بارمصرف در این پژوهش به گروه‌های شکلی، رنگ و بافتی تقسیم‌بندی می‌شوند.

۳-۴ مراحل کار

ابتدا به مبحث تشخیص خطوط و لبه‌ها با استفاده از لبه‌یاب کنی و همچنین تبدیل هاف می‌پردازیم. در ادامه روش تبدیل موجک جهت استخراج ویژگی از تصاویر معرفی می‌شود. برای تشخیص و طبقه‌بندی عیوب به بیان شبکه‌عصبی پرسپترون چندلایه می‌پردازیم که از ویژگی‌های استخراج شده در تبدیل موجک استفاده می‌کند.

¹ Thresholding-based Segmentation

² Region-based Segmentation

³ Gradient-based Segmentation

⁴ Classification-based Segmentation

۳-۴-۱ تشخیص لبه

در مبحث بینایی کامپیوتر، لبه معمولاً به ناپیوستگی‌های میان پیکسل‌های محلی اطلاق می‌شود؛ به بیان دیگر، تغییر در شدت پیکسل‌ها را لبه می‌گویند. هدف، استخراج لبه‌های مهم و قابل توجه از تصویر می‌باشد. مراحل استخراج لبه به صورت مراحل زیر تعریف می‌شوند:

- حذف نویز و حفظ لبه‌های واقعی

- اعمال فیلتر برای عملیات مشتق‌گیری

- آستانه‌گذاری

و روش‌های آشکارسازی لبه به سه دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱. تخمین مرتبه اول: لبه‌یاب گرادیان + لبه‌یاب قطب‌نما + لبه‌یاب کنی

۲. تخمین مرتبه دوم: لاپلاسیان + تفاضل گاوسین

۳. مدل‌های لبه پارامتری: تبدیل هاف

۳-۴-۲ عملگر کنی^۱

روش کنی در سال ۱۹۸۳ توسط جان کنی اختراع شد که در آن تصویر با یک تابع گاوسی، کانال‌ها شده و ماکزیمم تصویر مشتق‌گیری شده جستجو می‌شود. این روش مراحل لازم برای تشخیص لبه یعنی هموارسازی و مشتق‌گیری را در یک مرحله انجام می‌دهد [۲۸].

به منظور تحلیل تصاویر از لحاظ محتوایی، ضروری است تا از مجموعه‌ای از پیکسل‌های تشکیل‌دهنده تصویر، ویژگی‌های معناداری را استخراج کرد. کانتورها، خطوط، حباب‌ها و... المان‌های پایه‌ای هستند که محتوای یک تصویر را می‌سازند. با اعمال یک حد آستانه بر روی اندازه گرادیان، می‌توان تصویری دودویی از لبه‌های اصلی تصویر به دست آورد. تشخیص لبه باعث کاهش مقدار اطلاعات موجود

¹ Canny

در تصویر می‌شود. فرض بر این است که لبه‌ها مربوط به نواحی مهمی از تصویر باشند؛ البته در عمل ممکن است نویز و یا لبه‌های پیدا نشده، این فرض را باطل کند. از آنجایی که لبه‌ها ترسیم‌کننده المان‌های تصویر هستند و شامل اطلاعات بصری مهمی هستند، می‌توان از آن‌ها در شناسایی اشیاء استفاده کرد. هرچند تصویر دودویی لبه‌ها از دو مشکل اساسی رنج می‌برد: اول آن که لبه‌های شناسایی شده به‌طور معمول ضخیم هستند، به این معنا که تعیین محل دقیق مرز اشیاء امکان‌پذیر نیست. مشکل دوم و مهم‌تر، یافتن حد‌آستانه مناسبی است که به حد کافی پایین باشد که تمامی لبه‌های مهم شی را تشخیص دهد و هم‌زمان به حد کافی بالا باشد تا لبه‌های ناچیز و غیرمهم شی را در تصویر دودویی نهایی شامل نشود. این مسئله‌ای است که الگوریتم کنی سعی کرده است آن را حل کند.

عملگر کنی به‌طور عمومی بر پایه عملگر سوبل عمل می‌کند، هرچند که در آن می‌توان از دیگر عملگرهای گرادیان نیز استفاده کرد. استفاده از دو حد آستانه بالا و پایین، برای تشخیص نقاطی که متعلق به لبه‌ها هستند، ایده اصلی این عملگر است. حد آستانه پایین باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که لبه‌های اصلی موجود در تصویر را شامل شود. نقش حد آستانه دوم شناسایی لبه‌هایی است که متعلق به کانتورهای مهم هستند. این حد آستانه باید تمامی لبه‌هایی را که غیرضروری محسوب می‌شوند، از نتیجه نهایی حذف کند.

الگوریتم کنی با ترکیب این دو نتیجه، تصویری بهینه از لبه‌ها تولید می‌کند. این الگوریتم از لبه‌های حاصل از حد آستانه پایین تنها آن نقاطی را نگه می‌دارد که یک مسیر متصل از لبه را ایجاد کنند و آن‌ها را با لبه‌های تشخیص داده شده حاصل از اعمال حد آستانه بالا، متصل می‌نماید.

لبه‌یاب کنی به‌دلیل آشکارسازی و محلی‌سازی خوب و این که برای هر لبه تنها یک پاسخ معرفی می‌کند، پر استفاده می‌باشد و بیشترین لبه‌های مفید تصویر را به ما می‌دهد.

۳-۴-۳ تشخیص خطوط در تصاویر با استفاده از تبدیل هاف

تبدیل هاف ابتدا توسط فردی به نام هاف برای خطیابی به کار رفت. روش او به این صورت بود که متناظر با فضای دکارتی $x-y$ فضای پارامتری $a-b$ در نظر گرفته می‌شود. برای این منظور معادله خط $y = ax + b$ در فضای پارامتری به صورت $b = -ax + y$ نوشته می‌شود؛ بدین ترتیب هر نقطه در فضای $x-y$ به صورت یک خط در فضای پارامتری در نظر گرفته می‌شود.

از آنجا که نقاط هم راستا در فضای پارامتری یکدیگر را در نقطه (a, b) قطع می‌کنند، پارامترهای خط به دست می‌آید؛ اما در این روش برای تعیین خطوط عمودی دچار اشکال می‌شویم. به همین دلیل دودا و هارت از نمایش قطبی خط برای این تبدیل استفاده کردند که در آن فضای پارامتری دارای مختصات (ρ, θ) است. نمایش قطبی خط به صورت زیر می‌باشد:

$$x\cos(\theta) + y\sin(\theta) = \rho \quad (۱-۳)$$

تبدیل هاف به این صورت برای تشخیص اشکالی که دارای یک معادله ریاضی هستند (مثل دایره، بیضی و ...) می‌تواند به کار رود؛ اما در سیستم‌های بینایی ماشین و پردازش تصویر معمولاً علاقمندیم که اشیا دلخواه را از تصویر جدا کنیم (یا موقعیت آن را اندازه بگیریم).

تبدیل هاف تعمیم‌یافته روشی مناسب برای تشخیص این گونه اشیا می‌باشد. در این روش، معادلات پارامتری به صورت شکل بسته وجود ندارد، بلکه از یک جدول ویژگی برای انجام عمل تبدیل استفاده می‌شود، سپس فضای پارامتری برای تشخیص پارامترهای انتقال، چرخش و مقیاس‌بندی طراحی می‌شود. یکی از ویژگی‌های مهم این روش، غیرحساس بودن آن به خرابی‌های تصویری در تصاویر با کیفیت پایین می‌باشد.

تبدیل هاف روشی برای استخراج ویژگی‌ها در آنالیز تصاویر، بینایی رایانه‌ای و پردازش تصویر دیجیتال است. در دنیای ساخته دست بشر، ساختارهای خطی و صفحه‌ای فراوان هستند؛ در نتیجه خطوط مستقیم در تصاویر گرفته شده از آن‌ها به وفور دیده می‌شود.

این‌ها ویژگی‌های پرمعنایی هستند که نقش مهمی را در شناسایی اشیاء و درک تصویر بازی می‌کنند. بنابراین تشخیص این‌گونه از ویژگی‌ها در تصاویر بسیار مفید خواهد بود. تبدیل هاف الگوریتمی کلاسیک برای دستیابی به این هدف است. این الگوریتم در ابتدا به منظور تشخیص خطوط توسعه داده شد اما می‌توان از آن برای تشخیص ساختارهای ساده تصویر نیز استفاده کرد. برای استفاده از تبدیل هاف، خط را به صورت یک معادله پارامتری به شکل زیر در نظر می‌گیریم:

$$P = x \cos\theta + y \sin\theta \quad (2-3)$$

پارامتر P بیان‌کننده‌ی فاصله بین خط و مرکز تصویر و θ بیان‌کننده‌ی زاویه بین این خط و خط عمود است. به این ترتیب، خطوط موجود در تصویر دارای زاویه θ رادیان در بازه صفر تا π هستند. درحالی‌که حداکثر مقدار ممکن برای P اندازه قطر اصلی تصویر است.

توجه به این نکته ضروری است که این الگوریتم، خطوط موجود در تصویر را شناسایی می‌کند و نه پاره‌خط‌ها را (ابتدا و انتهایی برای خطوط مشخص نمی‌شود). برای اکثریت خطوط به نسبت عمودی، تقاطع آن‌ها با محدوده افقی تصویر (سطر اول و آخر تصویر) محاسبه شده و خطی بین این دو نقطه ترسیم می‌شود و مشابه همین کار را برای خطوط افقی انجام می‌دهیم. خطوط را رسم می‌کنیم؛ که حتی در صورتی که دو طرف خط خارج از حیطه تصویر باشند، بدون خطا عمل می‌کند. بنابراین نیازی نیست تا بررسی شود که آیا نقطه برخورد خطوط با خطوط محیط تصویر در داخل تصویر وجود دارد یا خیر.

تبدیل هاف به دنبال لبه‌های تراز شده در یک خط می‌گردد؛ در نتیجه می‌تواند باعث تشخیص - های ناصحیحی به دلیل هم‌تراز شدن تصادفی برخی پیکسل‌ها شود و یا این‌که به دلیل ایجاد چندین تراز هم‌جوار توسط پیکسل‌ها، چندین خط هم‌جوار در کنار هم تشخیص داده شوند.

هدف تبدیل هاف، یافتن تمام خطوطی از تصویر دودویی است که به تعداد کافی از نقاط موجود در تصویر دودویی عبور کنند. این الگوریتم به‌ازای تمامی نقاط موجود در تصویر، تمامی خطوطی را که می‌توانند از آن‌ها عبور کنند، مشخص می‌کند و زمانی که یک خط از تعداد زیادی از نقاط عبور کند، به این معناست که این خط به اندازه کافی مهم است که به‌عنوان یک خط موجود در تصویر در نظر گرفته شود. تبدیل هاف از یک انبار کننده^۱ دوبعدی برای شمارش تعداد دفعاتی که یک خط در تصویر شناسایی شده است، استفاده می‌کند. اندازه این انبار، براساس اندازه بازه‌های جستجوی مشخص شده برای پارامترهای (P, θ) تعریف می‌شود.

تمامی مقادیر درایه‌های متناظر با پارامتر (P, θ) خطوط به‌دست آمده و هر نقطه به تک‌تک خطوط گذرنده از خودش یک رای می‌دهد؛ تمامی خطوط گذرنده از یک نقطه به‌دست آمده و یک منحنی به‌دست می‌آید که معرف تمامی خطوطی است که از نقطه مشخص شده عبور می‌کنند.

حال اگر برای نقطه دیگری نیز همین عملیات را تکرار کنیم؛ دو منحنی یکدیگر را در یک نقطه قطع می‌کنند که این مکان، مشخص‌کننده پارامترهای خطی است که از این دو نقطه می‌گذرد. حال درایه متناظر با این خط دو رای به‌دست آورده است که بیان‌کننده‌ی آن است که این خط از دو نقطه می‌گذرد.

حال اگر این روند برای تمامی نقاط تصویر دودویی تکرار شود، نقاطی که بر روی این خط قرار دارند، باعث افزایش مقدار درایه متناظر نقطه خواهند شد. درنهایت تنها لازم است برای شناسایی خطوط تصویر، مقدار بیشینه محلی در این ماتریس را که دارای مقدار قابل توجهی هستند، شناسایی کنیم. یکی از پارامترهای تابع هاف، حداقل مقدار رای است که یک خط برای پذیرفته‌شدن باید به‌دست آورد و هرچه مقدار کمتری باشد، تعداد خطوط بیشتری پیدا خواهد شد.

¹ accumulator

تمامی اشکال هندسی که بتوان آن‌ها را به‌صورت یک معادله پارامتری بیان کرد، کاندیدای مناسبی برای تشخیص داده‌شدن به‌وسیله الگوریتم هاف هستند.

۳-۵ استخراج ویژگی

استخراج ویژگی به‌منظور پیدا نمودن ویژگی‌هایی که برای سیستم تشخیص الگو مناسب باشد و انتخاب ویژگی برای کاهش ابعاد فضای اندازه‌گیری استفاده می‌گردند. استخراج ویژگی خطی ابتدایی‌ترین روش در استخراج بردار ویژگی‌ها می‌باشد، که در آن از تبدیلات خطی برای تغییر فضای داده‌ها استفاده می‌شود. روش‌های مختلف استخراج ویژگی احتمال دارد یک یا چند عمل زیر را انجام دهند:

- حذف نویز داده‌ها
- جداسازی اجزای مستقل داده‌ها
- کاهش ابعاد جهت تولید بازنمایی مختصر
- افزایش بعد جهت تولید بازنمایی جدایی‌پذیری

اکثر روش‌های مورد استفاده برای تشخیص اشیا را می‌توان براساس نوع ویژگی‌ها به دو بخش تقسیم‌بندی کرد. این دو بخش عبارت‌اند از ویژگی‌های براساس لبه‌ها و ویژگی‌های بر اساس تکه‌ها. البته در بخش پژوهش‌ها، به‌صورت ترکیبی از این ویژگی‌ها برای تشخیص اشیا استفاده شده‌است.

استفاده ترکیبی از هر دو ویژگی در آینده بسیار شایع خواهد شد؛ زیرا می‌توان با مقایسه آن‌ها در موقعیت‌های مختلف بهترین تصمیم را اتخاذ کرد، که البته بار محاسباتی زیادی را طلب می‌کند. یک روش خوب، روشی است که از همه انواع ویژگی‌ها به‌طور موثر استفاده کند و قابل پیاده‌سازی و استخراج در یک سیستم بلادرنگ باشد.

• ویژگی‌ها بر اساس لبه

در این روش از ویژگی‌های لبه استفاده می‌شود؛ به این صورت که نقشه و طرح لبه‌های تصویر به دست می‌آید و ویژگی‌های اشیا بر اساس لبه آن‌ها مشخص می‌گردد. استفاده از لبه‌ها به عنوان ویژگی، مزیت‌هایی نسبت به استفاده از دیگر ویژگی‌ها دارد؛ لبه‌ها ویژگی‌های استواری هستند و نسبت به شرایط روشنایی و تغییرات رنگ اشیا و بافت خارجی اشیا مقاوم هستند و تغییرات آن‌ها بر روی لبه تأثیری نمی‌گذارد و همچنین مرز اشیا را به خوبی مشخص می‌کنند و به این صورت بهره‌وری اطلاعات را در محیط‌های شلوغ و پر از اشیا افزایش می‌دهد.

• ویژگی بر اساس تکه‌ها (وصله‌های تصویر)

در این روش ظاهر تصویر به عنوان نشانه‌هایی برای شناخت بهتر استفاده می‌شود. برای مثال بیشینه و کمینه شدت تغییرات رنگ جستجو می‌شوند و آن‌ها را گوشه‌های تصویر می‌نامند و تکه‌ها را در این گوشه‌ها انتخاب می‌کنند و با استفاده از ویژگی‌های محلی نواحی مشخص می‌شوند.

روش‌های مختلف مورد استفاده جهت استخراج ویژگی و طبقه‌بندی عیوب به چند دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

۳-۵-۱ تبدیل فوریه

در بسیاری از کاربردها مرسوم است که از ترکیب توابع پایه‌ای برای تقریب یک تابع استفاده شود. به عنوان مثال هر تابع پیوسته را می‌توان توسط مجموعه‌ای از توابع چند جمله‌ای نمایش داد. تبدیل فوریه، نوعی تبدیل است که یک تابع را به صورت توابع پایه‌ای سینوسی که هر کدام در مقادیری ضرب شده‌اند، نشان می‌دهد.

تبدیل فوریه یک تبدیل برگشت پذیر است. هر تابع متناوب را می‌توان بر حسب مجموع نامتناهی از توابع نمایی متناوب مختلط و یا توابع پایه سینوسی و کسینوسی نوشت [۲۹]. این خاصیت را به توابع غیرمتناوب نیز می‌توان تعمیم داد و به صورت زیر نوشت:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (3-3)$$

ناکارآمدی تبدیل فوریه، در تحلیل سیگنال‌های نامتناوب است که فرکانس متغیر با زمان دارند (سیگنال‌های نایستان). تبدیل فوریه زمان کوتاه^۱ نگاهی از سیگنال اصلی در فضای زمان، به فضای فرکانس است. این تبدیل با تجزیه یک سیگنال به فرکانس‌های تشکیل‌دهنده آن، تاثیر فرکانس‌های مختلف را در تشکیل سیگنال نهایی نشان می‌دهد.

۲-۵-۳ تبدیل فوریه زمان کوتاه

ساده‌ترین ایده برای رفع مشکل سیگنال نایستان آن است که آن را با پنجره کردن به بخش‌های کوچک‌تر به صورت ایستان فرض کنیم. البته باید طول پنجره به گونه‌ای انتخاب شود که فرض ایستان بودن برای تمام قسمت‌های جدا شده، صحیح باشد. به این فرآیند، تبدیل فوریه زمان کوتاه گفته می‌شود [۳۰]. تبدیل فوریه زمان کوتاه پیوسته به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{STFT}(\tau, f) = X(\tau, w) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) w^*(t - \tau) e^{-j2\pi ft} dt \quad (4-3)$$

که در این رابطه $w(t)$ نشان‌دهنده پنجره جدا شده از سیگنال و $x(t)$ سیگنال موردنظر برای تبدیل می‌باشد. $X(\tau, w)$ تبدیل فوریه پنجره جدا شده از سیگنال است. $x(t) w^*(t - \tau)$ نشان‌دهنده دامنه و فاز سیگنال در حیطه زمان و فرکانس است.

این تبدیل می‌تواند به دو صورت پیوسته یا گسسته انجام شود. در کامپیوتر و به خصوص در پردازش سیگنال معمولاً از تبدیل فوریه گسسته (DFT) استفاده می‌شود. در مورد تحلیل سیگنال‌های گسسته، هر سیگنال به چند بخش (پنجره) که دارای هم‌پوشانی با یکدیگر نیز هستند، تقسیم می‌شود و تبدیل فوریه به هریک از این پنجره‌ها اعمال می‌گردد. نتیجه به صورت یک ماتریس

¹ Shot-time fourier transform

خواهد بود که دامنه و فاز هر نقطه از سیگنال را در حوزه زمان و فرکانس بیان می‌کند. رابطه حاکم بر تبدیل فوریه زمان کوتاه گسسته به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{STFT}\{x[n]\} \equiv \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]w[n-m]e^{-j\omega n} \quad (5-3)$$

که در آن $x[n]$ سیگنال اصلی و $[n]$ پنجره اعمال شده به سیگنال می‌باشد. در این رابطه m گسسته و ω پیوسته است. در کاربردهای عملی از آنجاکه تبدیل فوریه سریع (FFT) بر سیگنال اعمال می‌شود، هر دو پارامتر، گسسته و دارای مقادیر کوانتیزه شده می‌باشند.

۳-۵-۳ تبدیل موجک

تاکنون نسخه‌های مختلفی برای تبدیل موجک گسسته (DWT) ارائه شده‌است، مانند تبدیل کوچک هار^۱، نیولند^۲ و غیره. این تبدیل نیز همانند تبدیل فوریه بسیار پرکاربرد است و در بسیاری از زمینه‌های علوم و مهندسی مورد توجه قرار گرفته‌است. تبدیل موجک هار به دلیل سادگی در پیاده سازی و سرعت اجرای بالا از محبوبیت زیادی برخوردار است.

از نظر ریاضی، چنانچه $x(t)$ تابعی مربعی-انتگرال پذیر باشد، تبدیل موجک آن معادل با تجزیه این تابع بر حسب مجموعه‌ای از توابع پایه به صورت زیر است:

$$X_w(a,b) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \psi_{a,b}(t) dt \quad (6-3)$$

که در آن $\psi_{a,b}(t)$ به نام تابع پایه شناخته می‌شود. این تابع نسخه‌ای کشیده شده و جابجا شده از یک سیگنال میان گذر مانند $\psi(t)$ است که موجک مادر نامیده شده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\psi_{a,b} = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (7-3)$$

¹ Haar wavelet

² Newland wavelet

که در آن a و b به ترتیب پارامترهای اتساع و جابجایی نامیده می‌شوند. عرض تابع پایه با تغییر فاکتور اتساع a تغییر می‌کند که هرچه این فاکتور بزرگ‌تر شود، عرض زمانی تابع پایه نیز بزرگ‌تر می‌شود و بنابراین عرض (یا پهنای باند) فرکانسی آن کمتر می‌شود.

هر تابع مربعی-انتگرال‌پذیر $x(t)$ را می‌توان به صورت یک ترکیب خطی از توابع پایه همانند زیر تحت عنوان تبدیل موجک گسسته نمایش داد:

$$X(t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \alpha_{m,n} \psi_{m,n}(t) \quad (۸-۳)$$

که در آن ضرایب $\alpha_{m,n}$ ، به ضرایب تبدیل موجک $x(t)$ معروف هستند، و از طریق رابطه زیر بدست می‌آیند:

$$\alpha_{m,n} = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \psi_{m,n}(t) dt \quad (۹-۳)$$

با هر بار افزایش m ، مقدار α دو برابر می‌شود، و این به معنای دو برابر شدن عرض زمانی و نصف شدن عرض یا پهنای باند فرکانسی است.

در الگوریتم هرمی تبدیل موجک، سیگنال اصلی توسط دو فیلتر موجک پایین‌گذر L و بالاگذر H به دو سیگنال فرکانس پایین و فرکانس بالا تجزیه شده و سپس زیر نمونه‌برداری^۱ می‌شوند [۳۱]. خروجی فیلترهای پایین‌گذر و بالاگذر به ترتیب موسوم به اطلاعات تقریب^۲ و جزئیات^۳ هستند. در تحلیل چند درجه تفکیک، سیگنال تقریب به دست آمده در سطح تجزیه اول، مجدداً با عبور از فیلترهای L و H و زیر نمونه‌برداری به سیگنال‌های تقریب و جزئیات تجزیه شده و این روند برای سیگنال تقریب سطح تجزیه دوم به بعد تا حصول تعداد سطوح تجزیه مطلوب به همین شکل ادامه می‌یابد.

در مورد سیگنال‌های دوبعدی مانند تصاویر، چنانچه سطرها و ستون‌ها به عنوان سیگنال‌هایی یک بعدی در نظر گرفته شوند، به روشی مشابه فوق می‌توان تبدیل موجک گسسته دوبعدی را به دست

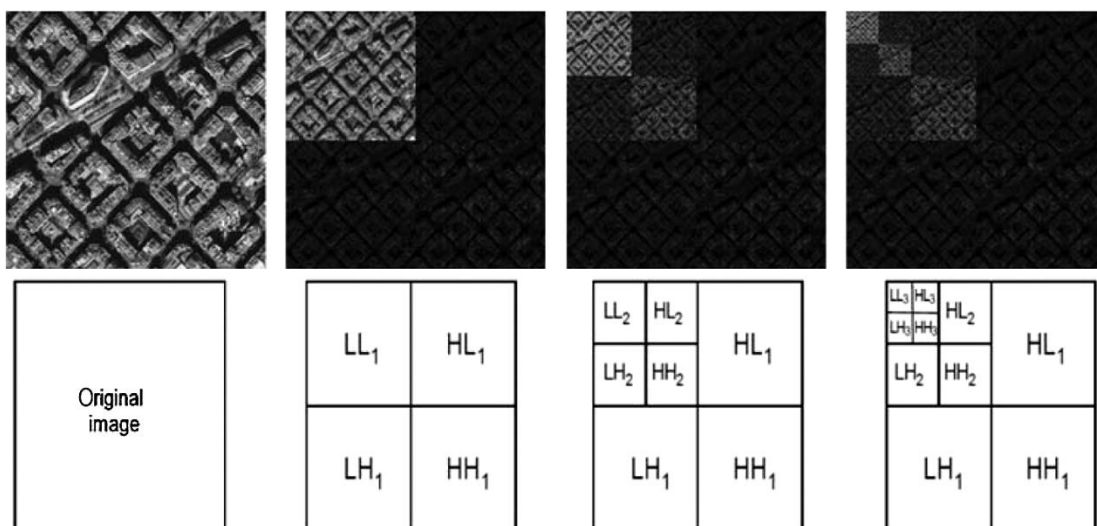
^۱ Downsampling

^۲ Approximation

^۳ Details

آورد. در این روش ابتدا در جهت افقی از تک تک سطرهاى تصویر تبدیل موجک گسسته یک بعدی گرفته می شود. در نتیجه این عمل، تصویر اصلی به دو زیر تصویر مستطیلی هم اندازه با محتوای فرکانسی متفاوت تجزیه می شود.

این بار در جهت عمودی مجدداً با اعمال فیلترها روی تک تک ستون های این زیر تصاویر، از آنها تبدیل موجک گسسته یک بعدی گرفته می شود؛ که در نهایت چهار زیر تصویر حاصل می شود. زیر تصویری که در نتیجه اعمال دو بار متوالی فیلتر L در جهت های افقی و عمودی روی تصویر اصلی حاصل شده، اصطلاحاً زیر تصویر تقریب نامیده شده و با LL نشان داده می شود. به همین ترتیب زیر تصاویر LH ، HL و HH به ترتیب زیر تصاویر جزئیات افقی، عمودی و قطری نامیده می شوند.



شکل ۳-۳ ضرایب تبدیل موجک پس از سه سطح در یک تصویر

تفاوت عمده ی تبدیل فوریه زمان کوتاه با تبدیل موجک در این است که برخلاف وضوح ثابت در تبدیل فوریه زمان کوتاه، تبدیل موجک دارای وضوح متغیری است و تبدیل موجک از پارامترهای ثابت جهت تجزیه تصویر در مقیاس های مختلف بهره می گیرد.

در تحلیل موجک، سیگنال موردنظر در یک تابع موجک ضرب می شود، که در حقیقت نقش همان تابع پنجره را دارد. مهمترین ویژگی تبدیل موجک در این است که، عرض پنجره به موازات تغییر مولفه های فرکانسی تغییر می کند.

ضریب تقریب نتیجه‌ی عبور تصویر از دو مرحله فیلتر پایین‌گذر است که دارای شمای کلی تصویر اولیه است. سه ضریب دیگر هم که حاصل حداقل یک‌بار عبور تصویر از فیلتر بالاگذر است و دارای جزئیاتی از تصویر، مثل لبه‌هاست و به ضرایب جزئیات معروف‌اند.

ضعف عمده تبدیل موجک، عدم نمایش دقیق ویژگی‌هایی از تصویر مانند لبه‌ها و منحنی‌ها است و این بدان علت است که موجک نمی‌تواند از نظمی که در لبه‌های منحنی وجود دارد، استفاده کند. به‌طور کلی می‌توان گفت تبدیل موجک اطلاعات خوبی در رابطه با تغییر روشنایی تصویر و همچنین نمایش همزمان زمان-فرکانس می‌دهد ولی برای نمایش ناهمسان‌گردی و تنوع جهت‌های مختلف دچار ضعف شدید است.

برای بررسی سیگنال در باندهای فرکانسی متوسط و بالا تبدیل بسته موجک پیشنهاد شده است که به کمک این روش، جزئیات بیشتری از سیگنال آشکار شده و قدرت تفکیک سیگنال‌های مختلف افزایش می‌یابد.

تبدیل بسته موجک یک نمونه تعمیم‌یافته از تبدیل موجک است که یک تحلیل جامع از سیگنال را فراهم می‌کند. روند کار همانند روش موجک گسسته می‌باشد و با هر مرحله اعمال تبدیل، سیگنال موردنظر به دو بخش تقریب و جزئیات تقسیم می‌شود؛ ولی برخلاف تبدیل موجک گسسته، در هر مرحله انجام فرآیند، تبدیل موجک به‌روزی هر دو سیگنال تقریب و جزئیات اعمال می‌شود. به کمک این روش می‌توان به تحلیل جامعی از تمامی فرکانس‌های تشکیل‌دهنده سیگنال دست یافت و جزئیات را بررسی کرد.

ایجاد یک بردار ویژگی که شامل آن بردارهای ویژگی‌ای است که ما می‌خواهیم آن‌ها را نگه داریم. اگر همه‌ی بردارهای ویژگی را در این ماتریس قرار دهیم، هیچ اطلاعاتی از دست نخواهد رفت و دوباره می‌توانیم دقیقاً همان داده‌های اولیه را به‌دست آوریم.

۳-۶ شبکه‌های عصبی

شبکه‌عصبی یک شبکه توزیع‌شده موازی است، که بر مبنای فرآیند یادگیری زیست‌شناختی مغز انسان طراحی شده و کاربردهای بسیاری در زمینه طبقه‌بندی دارد. یک شبکه‌عصبی از تعدادی واحد پردازش‌گر به نام نرون تشکیل شده است که توسط سیناپس‌ها (وزن‌های یادگیری) به یکدیگر مرتبط می‌شوند. این وزن‌ها در یک فرآیند تکراری و با استفاده از نمونه‌های اولیه و در فرآیند یادگیری تعیین می‌شود.

اولین کارهای مربوط به شبکه‌های عصبی به سال ۱۹۴۳ بر می‌گردد، زمانی که یک فیزیولوژیست اعصاب به نام مک‌کلا و یک ریاضیدان به نام پیتس، رساله خود را در مورد نحوه عملکرد احتمالی نرون‌ها در مغز منتشر کردند [۳۲]. در سال ۱۹۸۲، هاپفیلد نمونه‌ای مبتنی بر اتصال دوطرفه نرون‌ها ارائه کرد. شبکه‌عصبی از این سال تا به حال پیشرفت‌های چشمگیری داشته است. نمونه‌های مختلف و روش‌های آموزش متنوعی معرفی و توسعه داده شده‌است. شبکه‌های عصبی در کاربردهای تشخیص الگو، تقریب توابع و مدل‌سازی سیستم دینامیکی خطی و غیرخطی مورد استفاده قرار گرفتند، در [۳۳] گردآوری خوبی در زمینه تاریخچه شبکه‌عصبی انجام شده‌است.

در طراحی سیستم تشخیص الگو که با داده طراحی می‌شوند، عموماً از سه مجموعه جدا از هم استفاده می‌شود. این مجموعه شامل داده‌های ورودی و خروجی مطلوب سیستم بوده و هر یک متناظر با قسمتی از فرآیند یادگیری، نام‌گذاری شده و به ترتیب عبارت‌اند از:

الف) **مجموعه آموزش**^۱: این مجموعه بزرگترین مجموعه است و از آن برای به‌دست آوردن پارامترهای نمونه استفاده می‌شود. آموزش یک شبکه‌عصبی به معنای یافتن مقادیر وزن‌هاست. این کار در یک فرآیند

¹ Training Set

تکراری انجام شده و تا آنجا ادامه می‌یابد که خطای حاصل از شبکه آموزش‌دیده به حداقل برسد و مهم‌تر از آن، این که در فرآیند آموزش، قابلیت تعمیم شبکه برای فضای مشاهده نشده، کاهش نیابد.

ب) **اعتبار سنجی**^۱: از این مجموعه برای تنظیم پارامترهای طراحی و نیز برای آزمودن و جلوگیری از یادگیری بیش از حد^۲ نمونه استفاده می‌شود. این مجموعه، از مجموعه آموزش بسیار کوچک‌تر می‌باشد.

ج) **مجموعه آزمون**^۳: از این مجموعه درحین طراحی، هیچ استفاده نمی‌شود. بنابراین داده‌های این مجموعه معیار مناسبی برای برآورد نهایی نمونه است.

۳-۶-۱ آموزش پرسپترون

یکی از روش‌های آموزش پرسپترون، الگوریتم همگرایی پرسپترون است. در حالت کلی، پرسپترون دارای m ورودی به صورت $x = [1, x_1, x_2, \dots, x_m]^T$ و بردار وزن‌ها و بایاس به صورت $w = [1, w_1, w_2, \dots, w_m]^T$ است. اگر دو کلاس C_1 و C_2 به صورت خطی جداپذیر باشند، در آن صورت بردار وزنی w از دو قاعده زیر تعیین می‌گردد:

$$w^T x \geq 0 \text{ برای همه ورودی‌های } x \text{ که به کلاس } C_1 \text{ تعلق دارند.}$$

$$w^T x < 0 \text{ برای همه ورودی‌های } x \text{ که به کلاس } C_2 \text{ تعلق دارند.}$$

در این صورت رابطه $w^T x = 0$ در فضای m بعدی، یک ابرصفحه را ایجاد می‌کند که به عنوان جداکننده دو کلاس عمل می‌کند. هسته الگوریتم همگرایی پرسپترون برای آموزش وزن‌های پرسپترون دارای دو گام است:

^۱ Validation

^۲ Overlearning

^۳ Test Set

(۱) اگر i امین عضو داده‌های آموزشی (x_i) ، به‌وسیله بردار وزن w_i که در i امین تکرار الگوریتم محاسبه شده‌اند، درست دسته‌بندی شود (یعنی خروجی پرسپترون به‌ازای ورودی x_i ، t_i شود)، هیچ تصحیحی بر روی w_i انجام نمی‌گیرد، در این صورت داریم:

$w_{i+1} = w_i$ اگر $w^T x \geq 0$ و x_i به کلاس c_1 تعلق داشته باشد.

$w_{i+1} = w_i$ اگر $w^T x < 0$ و x_i به کلاس c_2 تعلق داشته باشد.

(۲) در غیر این صورت وزن‌ها با رابطه زیر به‌روز می‌شوند:

$w_{i+1} = w_i - \eta_i w_i$ اگر $w^T x \geq 0$ و x_i به کلاس c_2 تعلق داشته باشد.

$w_{i+1} = w_i + \eta_i w_i$ اگر $w^T x < 0$ و x_i به کلاس c_1 تعلق داشته باشد.

η_i نرخ آموزش نام دارد و وظیفه‌ی آن کنترل وزن‌ها در تکرار i ام است. برای بیان ساده‌تری از قوانین آموزش فوق، فرمی از قانون آموزش تصحیح خطا^۱ که به قانون دلتا معروف است، به‌صورت رابطه زیر نشان داده می‌شود:

$$w_{i+1} = w_i + \Delta w_i = w_i + \eta_i (t_i - y_i)x_i \quad (۱۰-۳)$$

که در آن y_i خروجی پرسپترون در تکرار i ام است. پارامتر η یک ثابت مثبت در بازه $0 < \eta < 1$ است. اختلاف $t_i - y_i$ را خطا گویند، در قانون آموزش وقتی خطای $e = t - y$ مثبت است، مقدار α $(w^T x)$ را با افزایش بردار w افزایش می‌دهد تا خطا کاهش یابد.

۳-۶-۲ شبکه عصبی پرسپترون چند لایه^۲

شبکه‌های MLP در طبقه‌بندی و تشخیص الگو، پیش‌بینی سری‌های زمانی و تخمین تابع و همچنین فشرده‌سازی با اتلاف و بدون اتلاف کاربرد دارند. به‌طور کلی شبکه‌های پرسپترون چندلایه

^۱ Error Correction

^۲ Multi Layer Perceptron

شامل چندین پرسپترون ساده هستند که به‌طور ساختار سلسله مراتبی، یک شکل پیش‌خورد با یک و یا چند لایه میانی (لایه‌های پنهان) بین لایه‌های ورودی و خروجی را شکل می‌دهد. تعداد لایه پنهان و تعداد نرون‌های هر لایه ثابت نیستند. هر لایه ممکن است از نرون‌های مختلفی تشکیل شده باشد، که این موضوع به کار آن‌ها بستگی دارد. الگوریتم‌های آموزشی متفاوتی در روش چندلایه استفاده می‌شوند. با توجه به این که پرسپترون تک‌لایه تنها قادر به جداسازی کلاس‌هایی است که به‌صورت خطی جداپذیر هستند، برای جداسازی کلاس‌هایی که دارای مرزهای غیرخطی هستند (به‌صورت غیرخطی جدا می‌شوند).

لایه میانی به‌طور مستقیم از محیط خارج ورودی دریافت نکرده و به دنیای خارج نیز مستقیماً خروجی نمی‌دهد. به همین دلیل به این لایه، لایه پنهان^۱ نیز می‌گویند. در این نوع شبکه‌ها، معمولاً هر گره به تمامی گره‌های لایه بعدی متصل است که به این حالت اتصال کامل^۲ گفته می‌شود. همچنین همه‌ی مسیرها در جهت ورودی به خروجی است و مسیر برگشتی وجود ندارد؛ به همین دلیل به این شبکه‌ها، پیش‌خور گفته می‌شود.

بسته به نوع تابع محرک در شبکه، دو حالت ممکن است به‌وجود آید:

- اگر در شبکه فقط از نرون‌های خطی استفاده شده باشد: رویه خطی، یک تابع کاسه‌ای شکل و دارای یک کمینه است.
- اگر شبکه از نرون‌های غیرخطی هم استفاده کند: رویه خطی یک (یا چند) کمینه کلی دارد و کمینه (های) محلی است.

^۱ Hidden Layer

^۲ Fully Connected

به دست آوردن کمینه تابع برای آموزش بسیاری از شبکه‌ها کار ساده‌ای نیست و معمولاً از روش‌های بر پایه‌ی تکرار گرادیان یا الگوریتم‌های جستجوی هوشمند استفاده می‌شود. ویژگی یک الگوریتم مناسب همگرایی، سرعت همگرایی، ترفند برای گیر نکردن در بهینه‌های محلی و حجم محاسبات کم است. روش‌های آموزش از یک دیدگاه به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند:

۱. **آموزش با ناظر:** در این روش نمونه‌های آموزشی به شبکه اعمال شده و خروجی حاصل توسط سیستم یادگیری و با خروجی مطلوب مقایسه می‌شود. از سیگنال خطای حاصل، جهت تصحیح پارامترهای شبکه استفاده می‌شود.

۲. **آموزش بدون ناظر:** در این حالت، خروجی مطلوب در دست نیست. پارامترهای سیستم با توجه به پاسخ سیستم و شاخص‌های اجرایی تعیین شده، مانند شباهت در پاسخ، اصلاح و تنظیم می‌شود.

همچنین به‌طور کلی پنج قاعده عمده برای یادگیری وجود دارد:

(۱) یادگیری تصحیح خطا^۱

(۲) یادگیری بر مبنای حافظه^۲

(۳) یادگیری هب^۳

(۴) یادگیری رقابتی^۴

(۵) یادگیری بولتزمن^۵

^۱ Error-Correction Learning

^۲ Memory-Based Learning

^۳ Hebbian Learning

^۴ Competitive Learning

^۵ Boltzman Learning

در آموزش شبکه‌های MLP به کار رفته در شناسایی الگو، اغلب از الگوریتم پس انتشار خطا^۱ استفاده می‌شود که از دسته قواعد یادگیری تصحیح خطا است.

۳-۶-۳ الگوریتم پس انتشار خطا

الگوریتم پس انتشار خطا، روش یادگیری با ناظر و یکی از رایج‌ترین الگوریتم‌ها جهت آموزش شبکه‌های عصبی چندلایه پیش‌خور است. در شبکه‌های MLP، ابتدا مقدار خطا در هریک از نرون‌های لایه خروجی محاسبه می‌شود، سپس اصلاح وزن با توجه به مشتق خطا و نسبت وزن‌های متصل به لایه خروجی صورت می‌گیرد. در ادامه، خطای خروجی از طریق وزن‌های متصل شده به لایه‌های قبل، انتشار داده می‌شود و براساس آن وزن‌های متصل به این نرون‌ها نیز اصلاح می‌شوند. این عمل تا زمانی که اثر خطا به لایه ورودی برسد، ادامه پیدا می‌کند.

ابتدا به تعریف E، جمع خطای تمامی خروجی‌ها می‌پردازیم:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{d \in D} \sum_{k \in \text{outputs}} (t_{kd} - o_{kd})^2 \quad (۱۱-۳)$$

t_{kd} مقدار تابع هدف و o_{kd} خروجی شبکه برای k امین خروجی و d امین نمونه است.

در ادامه، به بیان الگوریتم پس انتشار خطا برای شبکه‌های یک‌سویه می‌پردازیم، که از دو لایه واحد سیگموئید تشکیل شده‌اند و هر واحد هر لایه، به تمامی واحدهای قبلی متصل است. رابطه سیگموئید به صورت رابطه زیر است.

$$F(a) = \frac{1}{1+e^{-a}} \quad (۱۲-۳)$$

وزن‌های لازم برای یک شبکه چندلایه با استفاده از الگوریتم پس انتشار خطا، با استفاده از چهار گام زیر حاصل می‌شود:

^۱ Back Propagation (BP)

۱. تغذیه رو به جلو^۱: X را به ورودی داده و خروجی را دریافت می کنیم؛ همچنین، خطاها را خلاف

جهت شبکه در میان شبکه پخش می کنیم.

۲. شیب نزولی^۲: برای هر خروجی k مقدار δ_k را از رابطه زیر به دست می آوریم:

$$\delta_k \leftarrow o_k (1 - o_k) (t_k - o_k) \quad (۱۳-۳)$$

۳. برای هر واحد پنهان h مقدار زیر را به دست می آوریم:

$$\delta_h \leftarrow o_h (1 - o_h) \sum_{K \in \text{outputs}} w_{kh} \delta_k \quad (۱۴-۳)$$

۴. هر وزن را مطابق رابطه زیر اصلاح می کنیم:

$$w_{ji} \leftarrow w_{ji} + \Delta w_{ji}, \Delta w_{ji} = \eta \delta_j y_j \quad (۱۵-۳)$$

الگوریتم پس انتشار خطا، قابل تعمیم به هر گراف جهت دار بوده و همواره یک مینیمم محلی یا گلوبال پیدا می کند. مرحله آموزش در این الگوریتم ممکن است چند صد دوره آموزشی زمان ببرد و بسیار کند انجام شود، در حالی که فاز تست بسیار سریع می باشد.

در شبکه عصبی چندلایه، هر نرون در لایه مخفی، مجموع حاصل ضرب اطلاعات ورودی و وزن-های ارتباطی را محاسبه می کند؛ سپس این حاصل را با استفاده از یک تابع فعال ساز به نرون لایه بعد می فرستد و مقادیر محاسبه شده خروجی، با مقادیر واقعی آن ها مقایسه می شود. چنان چه مقدار خطا از خطای مطلوب که قبلا در نظر گرفته شده متفاوت باشد، به عقب بازگشته و با تغییر ضرایب ارتباطی و تکرار مراحل قبلی مجددا محاسبه می گردد.

¹ Feed Forward

² Gradient Descen

فصل چهارم

آشکار سازی و دست بندی عموب

۴-۱ مقدمه

در این فصل، به تشریح روش پیشنهادی مطرح شده در این پایان نامه، جهت کشف خودکار عیوب ظروف یکبار مصرف پرداخته شده است.

خودکارسازی فرآیند تشخیص عیب در خطوط تولید ظروف یکبار مصرف با توجه به میزان مصرف عمومی و تولیدات انبوه و تنوع محصولات فوق، اقدامی اساسی و لازم در جهت بهبود کیفیت آن‌ها و کاهش نیروی انسانی به جهت حذف خطاهای ناشی از آن می‌باشد.

در این الگوریتم، برای تشخیص عیوب از دو روش استفاده شده است که نحوه تشخیص این عیوب در این فصل بیان می‌شود:

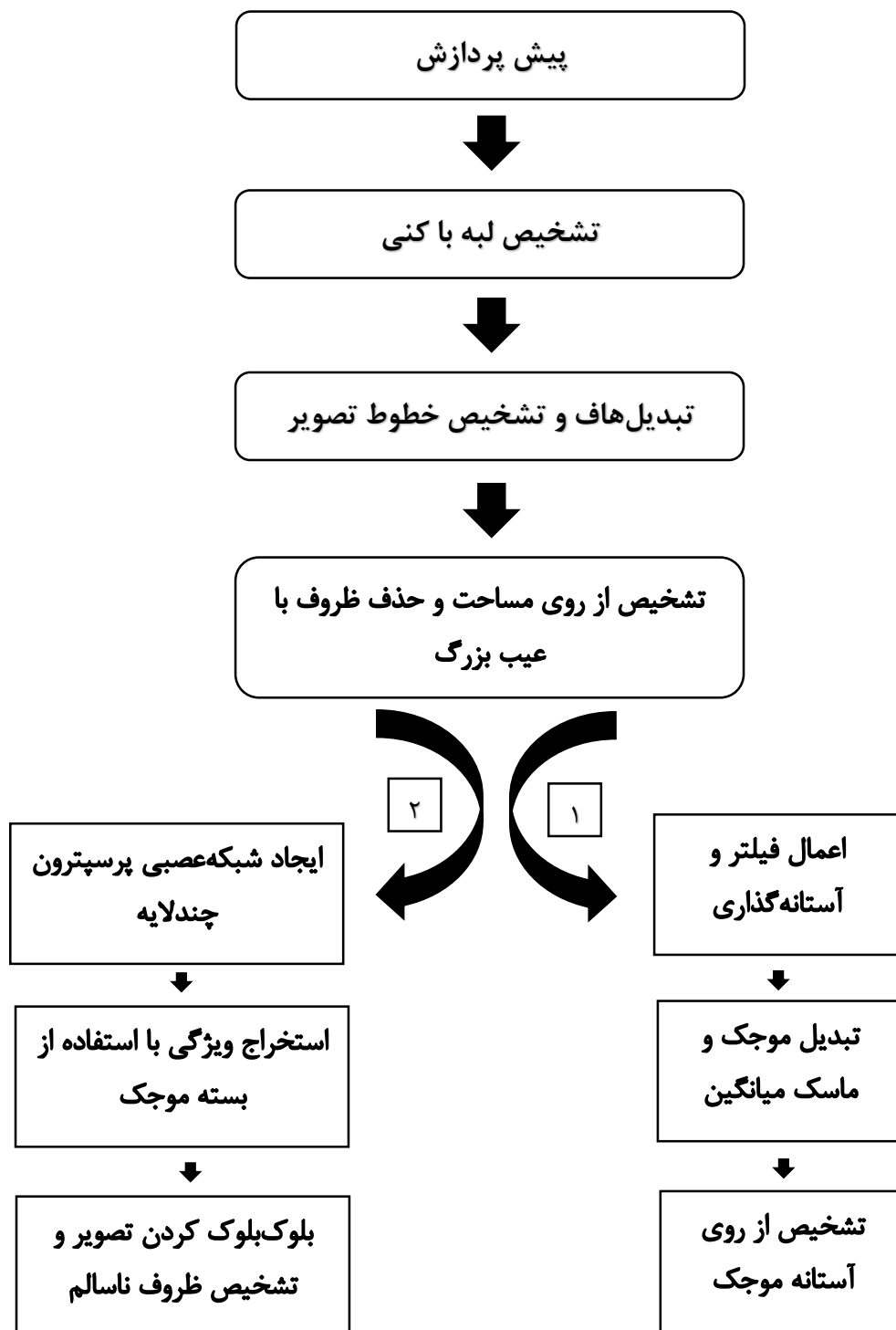
در روش اول آشکارسازی عیوب ظرف یکبار مصرف، پس از فراخوان تصاویر و انجام پیش پردازش بر روی آن‌ها، به شناسایی عیوب موجود می‌پردازد. با بررسی طول و عرض تصویر و برچسب زنی مولفه‌ها در تصویر سیاه سفید و استفاده از لبه یاب کنی و اصلاح زوایا، خطوط لبه‌های ظرف را با استفاده از تکنیک تبدیل هاف تشخیص داده‌ایم. سپس خطوط داخلی ظرف را بررسی کرده و با استفاده از تبدیل موجک گسسته و آستانه گذاری روی ضرایب، به تشخیص ظرف ناسالم از ظرف سالم پرداخته‌ایم. در این مرحله علی‌رغم عملکرد نسبتاً مطلوب سیستم، دقت ۸۸٪ در تشخیص عیب در پی داشت.

برای افزایش دقت عملکرد سیستم طراحی شده، در روش دوم از یک شبکه عصبی پرسپترون چندلایه برای آموزش دادن و یافتن ظروف ناسالم استفاده کرده‌ایم و از ویژگی‌های بسته موجک استفاده کردیم؛ که نتایج حاصله بسیار مطلوب بوده و تشخیص عیب ۹۷٪ را در پی داشت که نشان از عملکرد مطلوب سیستم طراحی شده نهایی می‌باشد.

۲-۴ فلوجارت الگوریتم پیشنهادی

در این پایان نامه از دو روش جهت تشخیص عیب ظروف استفاده کردیم که مراحل کار هر دو

روش در زیر بیان شده‌اند:



شکل ۴-۱ فلوجارت روش پیشنهادی

۳-۴ تهیه مجموعه داده

برای آموزش شبکه عصبی نیاز به تعداد قابل قبولی داده‌های برچسب خورده است؛ که این داده‌ها باید به صورت صحیح و در محیطی عادلانه جمع‌آوری شده باشند تا شبکه آموزش دیده با این داده‌ها بتواند به داده‌های جمع‌آوری شده به عنوان نمونه‌هایی از جامعه آماری ظروف سالم و ناسالم نگاه کرده و در نهایت با قابلیت تعمیم‌دهی مناسبی به تفکیک کلاس‌ها بپردازد. برای این منظور نیاز به تعداد قابل توجهی نمونه از دو کلاس است و باید روش مناسبی برای استخراج ویژگی از نمونه‌ها وجود داشته باشد تا در نهایت بتوان مجموعه داده قابل اعتمادی را تهیه کرد.

محصولات مورد استفاده، شامل انواع عیوب از قبیل پارگی، حفره‌ها و ترک‌های غیرمتعارف هستند. برخی از این نمونه‌ها دارای عیوب مختلفی هستند که در شکل‌های ۴-۲ تا ۴-۶ نمایش داده شده است. اگر عیوب را به دو دسته بزرگ و کوچک تقسیم کنیم؛ پارگی و حفره‌های بزرگ جزئی از عیوب بزرگ و حفره‌های کوچک و ترک‌های غیر متعارف از عیوب کوچک محسوب می‌شوند.

برای تهیه مجموعه داده، نسبت به تهیه نمونه سالم و معیوب از کارخانه تولید ظروف یکبار مصرف گیاهی اقدام کردیم. نمونه‌های سالم را به راحتی می‌توان از روی خط تولید تهیه کرد اما تهیه نمونه‌های معیوب از خط تولید به دو دلیل زیر راحت نبود:

اول آن که درصد ظروف معیوب نسبت به ظروف سالم پایین بوده و به طور تقریبی از هر ۱۰۰ نمونه ظرف خروجی از خط تولید، بین ۵ تا ۸ ظرف معیوب وجود داشت. دوم آن که بیش از ۹۵٪ ظروفی که به صورت ناسالم از خط تولید خارج می‌شوند، فقط دارای عیب بزرگ می‌باشند و بدون استفاده از برنامه پیچیده و استفاده از شبکه عصبی نیز قادر به تشخیص آن‌ها بودیم و کار شبیه‌سازی ما آن‌چنان دارای اعتبار نبود.

به همین علت نیز تصمیم گرفتیم جدا از نمونه‌هایی که از کارخانه تهیه شده‌اند و برای آن‌که نمونه‌های بیشتری در اختیار داشته باشیم، چندین نمونه تهیه کرده و در آن‌ها عیوب کوچک از قبیل ترک‌های غیرمتعارف و حفره‌های ریز ایجاد کردیم تا نتایج قابل اعتمادتری ایجاد کنیم.



شکل ۲-۴ ظرف نمونه اول دارای عیب بزرگ



شکل ۳-۴ ظرف نمونه اول دارای عیب بزرگ و کوچک



شکل ۴-۴ ظرف نمونه اول دارای عیب کوچک



شکل ۴-۵ ظرف نمونه دوم دارای عیب بزرگ



شکل ۴-۶ ظرف نمونه دوم دارای عیب کوچک

با توجه به محدودیت‌های ذکر شده، از تعداد ۳۴ عدد نمونه در روش اول استفاده کردیم که شامل ۱۴ عدد نمونه سالم و ۲۰ عدد نمونه معیوب برای ظرف نمونه اول بود.

برای روش دوم نیز با توجه به این که هرچه تعداد نمونه‌ها بیشتر باشد دقت شبکه‌عصبی مورد استفاده بیشتر خواهد شد، از ۱۲۴ عدد نمونه شامل ۵۴ نمونه سالم و ۷۰ نمونه ناسالم برای ظرف نمونه اول، و ۶۴ عدد نمونه شامل ۲۴ نمونه سالم و ۴۰ نمونه ناسالم برای ظرف نمونه دوم استفاده کردیم. در ادامه فصل به توضیح روش‌ها و نتایج هر کدام خواهیم پرداخت.

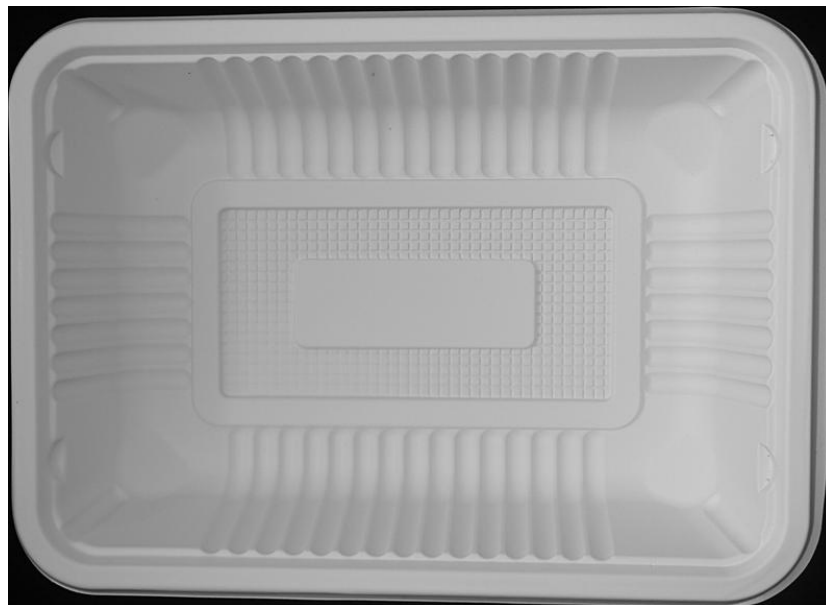
ذکر این نکته ضروری است که با اعمال روش‌های مورد استفاده در این پژوهش، در خط تولید کارخانه می‌توانستیم به دقت قطعی بالاتر از ۹۹٪ برسیم و دقت پایین‌تر ذکر شده در اینجا به دلیل استفاده از نمونه‌هایی است که خود ما با اعمال عیب به آن‌ها به سیستم اعمال کردیم.

۴-۴ مراحل الگوریتم

۱-۴-۴ پیش پردازش

قبل از شروع پردازش تصویر، لازم است تا یک سری کارهایی بر روی تصویر انجام شود. این کارها علاوه بر افزایش سرعت سیستم، باعث می شود تا از بروز نتایج ناصحیح ناشی از نویز جلوگیری شود.

هدف از این مرحله، دودویی کردن تصویر، برچسب گذاری اشیاء^۱ درون تصویر، حذف حاشیه اضافی، حذف اشیاء اضافی و کوچک تصویر، حذف چرخش احتمالی ایجاد شده در ظرف با استفاده از توابع پردازش تصویر متلب و کاهش ابعاد در تصاویر است. مرحله پیش پردازش می تواند تا حد بسیاری کارایی یک سیستم شناسایی را ارتقا دهد.



شکل ۴-۷ نمونه ظرف نمونه اول پس از مرحله پیش پردازش

¹ Objects

۲-۴-۴ شناسایی عیوب

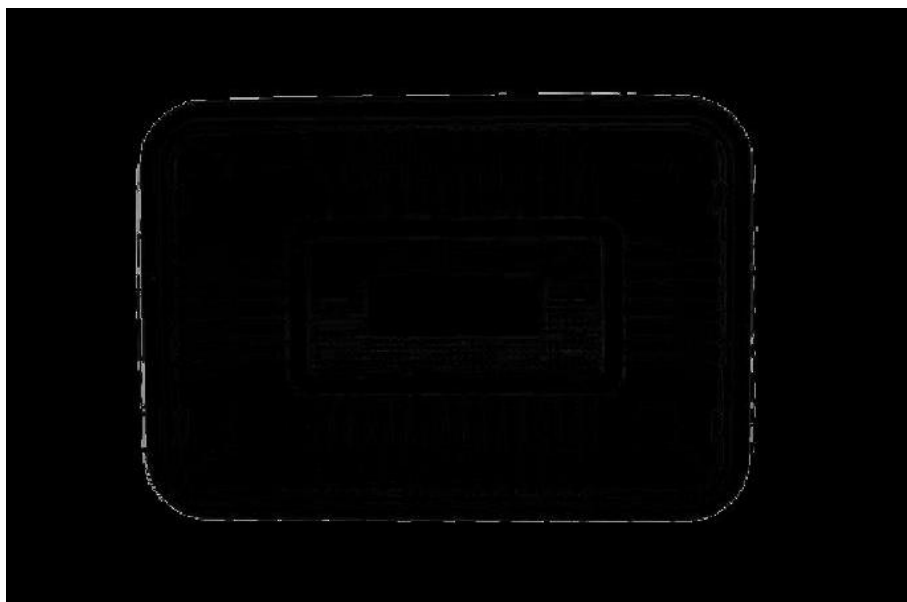
همان‌طور که گفته شد، عیوب موجود در ظروف به دو دسته عمده عیوب بزرگ و عیوب کوچک تقسیم‌بندی می‌شوند؛ که هر دو دسته عیب با انجام مراحل مختلف روی تصویر شناسایی می‌شوند. در این قسمت به معرفی روش‌هایی برای شناسایی و تشخیص هر کدام از این دسته‌ها می‌پردازیم:

عیوب بزرگ: شناسایی عیوب بزرگ کار دشواری نیست و نیاز به پردازش‌های پیچیده نیست. ساده‌ترین راه برای تشخیص این دسته از عیوب در ظروف استفاده از مساحت ظرف می‌باشد. کافی است مساحت به دست آمده از ظرف را با یک ظرف سالم مقایسه کرده و در صورت اختلاف، ظرف ناسالم تشخیص داده می‌شود. برای این منظور، ابتدا به تعریف تصویر مرجع می‌پردازیم، که این تصویر دارای پارگی نیست.

عیوب کوچک: برای عیوب کوچک موجود در تصاویر، تفاضل تصویر معیوب از تصویر مرجع جواب قابل قبولی به ما نمی‌دهد. برای شناسایی این دسته از عیوب در روش اول ابتدا بدون استفاده از شبکه-عصبی و تنها با اعمال فیلتر و آستانه‌گذاری روی تصویر و با استفاده از تبدیل موجک نتایج را بررسی کردیم.

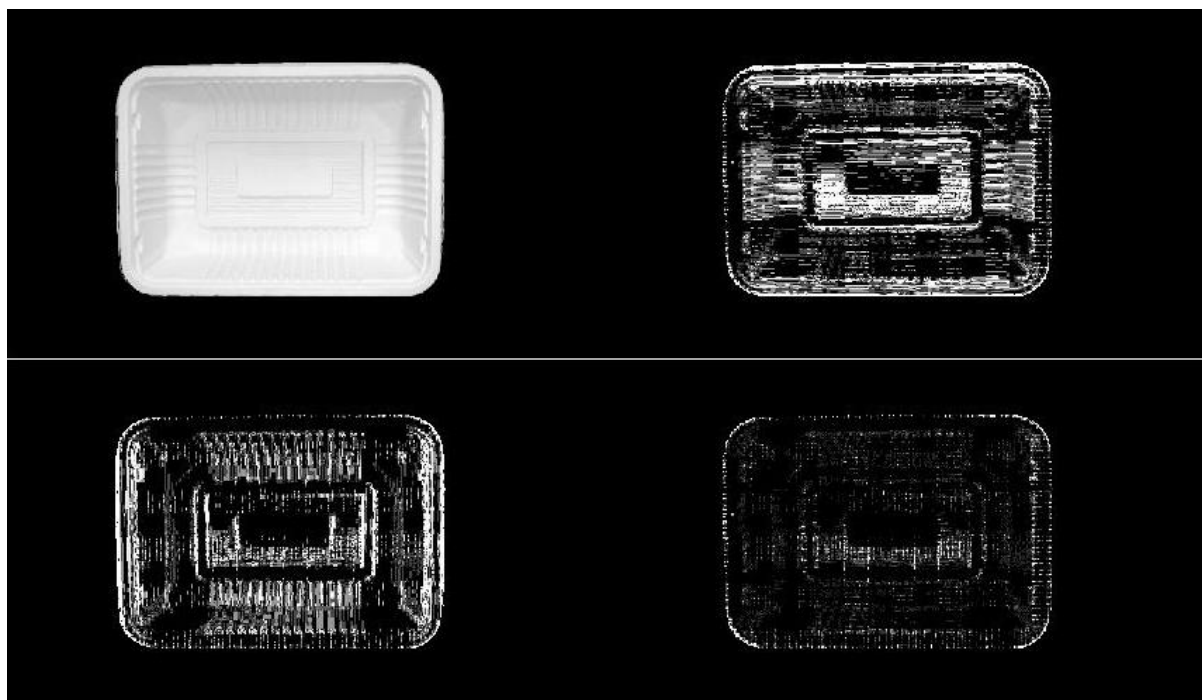
۱-۲-۴-۴ روش اول (با استفاده از تبدیل موجک)

در روش اول مورد بررسی، پس از انجام مرحله پیش‌پردازش، خطوط اطراف ظرف را با استفاده از عملگر کنی و تکنیک تبدیل‌هاف پیدا کرده و مساحت یک ظرف سالم را پیدا می‌کنیم. در شکل ۴-۸ نتیجه اعمال اولیه را روی نمونه اول می‌بینیم که خطوط بیرونی ظرف را تشخیص داده‌ایم و می‌توانیم مساحت را محاسبه کنیم.



شکل ۴-۸ نمونه اول پس از پیدا کردن خطوط آن

در مرحله اول و برای حذف ظروف دارای عیب بزرگ، نمونه‌هایی که مساحت آن‌ها از مساحت نمونه ظرف سالم کمتر بود را حذف می‌کنیم. در مرحله بعد با بلوک بلوک کردن تصویر ظرف به محدوده‌های ۵ در ۵ و اعمال فیلتر میانگین به هر بلوک مقدار عددی خاصی بدست می‌آوریم. از این مقدار می‌توانیم با آستانه‌گذاری روی تصویر و استفاده از ضرایب سطح اول تبدیل موجک هار و استفاده از تمامی ضرایب تقریب و جزئیات (شکل ۴-۹)، نمونه‌های با عیوب کوچک‌تر را حذف کنیم. نتایج این روش را در جدول ۴-۱ بررسی می‌کنیم. زمان اجرای الگوریتم در این روش ۳۴ ثانیه برای هر ظرف می‌باشد که مناسب نیست.



شکل ۴-۹ اعمال تبدیل موجک به نمونه اول

جدول ۴-۱ جدول نتایج استفاده از روش اول

TP = 11	FP = 1	91.7 %
FN = 3	TN = 19	86.3 %
78.5 %	95 %	88.2 %

همان‌طور که در جدول نتایج مشخص می‌باشد، دقت ظروف سالم تشخیص داده شده ۹۱.۷٪ و دقت ظروف ناسالم تشخیص داده شده ۸۶.۳٪ می‌باشد. برای ۱۴ ظرف سالم، در مجموع ۱۱ ظرف به‌درستی سالم تشخیص داده شد که نشان از دقت ۷۸.۵ درصدی دارد. همچنین برای ۲۰ ظرف ناسالم، ۱۹ ظرف به‌درستی ناسالم تشخیص داده شد که دقت ۹۵ درصد را در پی داشت.

در این مرحله علی‌رغم نتایج نسبتاً مطلوب سیستم و تشخیص صحیح ۳۰ ظرف از ۳۴ ظرف موجود، سیستم پایدار نبود. به‌همین دلیل حتی با وجود دقت بالای ۸۸ درصد، تصمیم گرفتیم تا با استفاده از شبکه‌عصبی برای تشخیص عیب، نتایج را بهبود ببخشیم.

۴-۲-۴-۲ روش دوم (با استفاده از شبکه عصبی)

در این روش، مراحل ابتدایی روش اول را تکرار کردیم و برای حذف ظروف دارای عیوب کوچک، یک شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با یک لایه مخفی و ۲۰ نورون ایجاد کردیم. با ایجاد شبکه‌عصبی پرسپترون چندلایه و استخراج ویژگی‌ها با انتخاب ضرایب بسته موجک در سطح اول که نشان‌دهنده جزئیات تصویر است و استفاده از تصویر میانگین، تصویر افقی و تصویر عمودی، به پاسخ مطلوب می‌رسیم. در زیر، با کمک بسته موجک و به‌دست آوردن زیر باندهای سطوح بالا به شناسایی عیوب کوچک پرداخته‌ایم.

برای کمک گرفتن از اطلاعات زمانی و افزایش قابلیت اطمینان و تکرارپذیری، از استخراج ویژگی با بسته موجک کمک گرفته شد. برای این منظور، به سیگنال ورودی در سطوح مختلف بسته موجک اعمال شد؛ که البته به‌دلیل عدم وجود ویژگی‌های قطری در ظرف، از تصویر قطری استفاده نمی‌کنیم. در هر مرحله با توجه به تعداد سطح انتخاب شده، طول بردار ویژگی نیز تغییر می‌کند. بردار ویژگی، حاصل را به طبقه داده و جواب به‌منظور نتیجه‌گیری داده می‌شود.

در این مرحله ما ۴ مجموعه داده^۱ از بردارهای ویژگی ایجاد کردیم. در مجموعه داده اول که ما نیز از آن استفاده کردیم، طول بردار ویژگی با توجه به استخراج ویژگی‌های میانگین و انحراف استاندارد ۱۸۰۰ شد که در مجموعه‌های دیگر این مقدار بسیار بیشتر بود. به دلیل نتیجه مطلوبی که ما از این مجموعه داده گرفتیم، از همین بردار ویژگی برای ایجاد شبکه عصبی استفاده کردیم.

برای نرمال کردن ویژگی‌ها و بین ۰ و ۱ کردن آن‌ها، مجموعه داده‌ها را نرمال کردیم و نتایج را در شبکه عصبی تشخیص‌الگو^۲ بررسی کردیم. در این شبکه، ورودی ویژگی‌ها و خروجی، کلاس‌ها می‌باشند که نتایج را در جدول ۲-۴ مشاهده می‌کنیم. در این روش نتایج بسیار بهبود پیدا کرد و دقت ۹۷.۴٪ در پی داشت.

جدول ۲-۴ جدول نتایج استفاده از روش دوم برای نمونه ظرف اول

TP = 51	FP = 0	100 %
FN = 3	TN = 70	95.8 %
94.4 %	100 %	97.5 %

در جدول ۲-۴ مشخص می‌شود که برطبق روش دوم و با استفاده از شبکه عصبی، از ۵۴ نمونه سالم برای ظرف اول، فقط ۳ نمونه به اشتباه ناسالم تشخیص داده شد که دقت ۹۴.۴٪ را برای این دسته در

¹ Dataset

² nprtool

پی داشت. همچنین از ۷۰ ظرف ناسالم وارد شده به شبکه، تمامی نمونه‌ها به‌درستی تشخیص داده شدند که آمار قابل قبول ۱۰۰٪ می‌باشد.

در مجموع برای این نمونه از ظرف در این روش، دقت نهایی ۹۷.۵٪ به‌دست آمد که عملکرد مطلوب شبکه عصبی در تشخیص عیب را بیان می‌کند.

در جدول ۳-۴ نیز این روش را روی نمونه دیگری از ظروف پیاده‌سازی کردیم که دقت خوب ۹۵.۴٪ را به ما داد. این جواب اگرچه از نمونه ظرف اول دقت کمتری داشت اما با این وجود نسبت به روش اول که فقط از تبدیل موجک استفاده کردیم، مطلوب‌تر است.

در این قسمت ما از ۲۴ ظرف سالم و ۴۰ ظرف ناسالم مطابق با شکل‌های ۴-۵ و ۴-۶ استفاده کردیم. در تشخیص ظروف سالم تنها یک نمونه اشتباه تشخیص داده شده داشتیم که درنهایت دقت ۹۵.۹٪ را در این قسمت ثبت کردیم. برای ظروف ناسالم نیز، ۲ ظرف از ۴۰ ظرف ناسالم به اشتباه سالم تشخیص داده شدند که دقت ۹۵ درصد را در پی داشت.

جدول ۳-۴ جدول نتایج استفاده از روش دوم برای نمونه ظرف دوم

TP = 23	FP = 2	80 %
FN = 1	TN = 38	97.5 %
95.9 %	95 %	95.4 %

زمان اجرای الگوریتم در این روش بسیار بهبود پیدا کرده و کمتر از ۲ ثانیه رسیده است.

فصل پنجم

ارزیابی نتایج و پیشنهادها

۵-۱ مقدمه

وجود عیب در محصولات، باعث کاهش کیفیت محصولات تولیدی می‌شود. در این پژوهش روشی ارائه شد تا بتوان وجود عیب را در همان مرحله تولید تشخیص داد. در این مرحله با توجه به این که هنوز بسته‌بندی محصول انجام نگرفته و محصول به راحتی قابل برگشت دادن به چرخه تولید است، توجیه اقتصادی بالایی دارد. برای تهیه مجموعه داده مورد نیاز جهت آموزش شبکه عصبی مورد استفاده، با توجه به این که این کار مشابهی نداشت، بسیار مشکل بود.

در ادامه به استخراج ویژگی از نمونه‌ها پرداخته شد. با استفاده از استخراج ویژگی با بسته مویک که اطلاعات دور ریخته نمی‌شوند، نتایج بهبود یافت. به‌ویژه با استفاده از شبکه MLP، چرا که این شبکه عصبی به بردار ورودی زیاد حساس نیست و به راحتی می‌تواند اثر ویژگی‌های غیرمفید را با کاهش وزن آن‌ها جبران کند.

در این پژوهش، درصد بازشناسی تا ۹۷ افزایش یافت، که این نتیجه به دلیل پایین بودن تعداد نمونه‌ها و همچنین تهیه نمونه از یک کارخانه، یک خط تولید و یک نوع خاص از ظرف بوده است. قطعا با ایجاد تنوع در نمونه‌های اولیه و بالابردن تعداد آن‌ها، می‌توان به نتایج مطمئن‌تری دست یافت.

۵-۲ بررسی نتایج

در روش اول یعنی استفاده از ویژگی‌های تبدیل مویک، عملکرد سیستم، نشان از دقت ۸۸٪ می‌دهد که این درصد تشخیص خوب بوده اما بسیار مطلوب نیست. دلیل عملکرد نه‌چندان مطلوب سیستم، پایدار نبودن برنامه مورد استفاده بود که به همین دلیل تصمیم بر استفاده از شبکه عصبی برای آموزش سیستم گرفتیم؛ نتایج نیز در این حالت به‌طور بسیار مطلوبی بهبود یافت.

پایگاه داده ما برای نمونه ظرف اول دارای ۵۴ نمونه ظرف سالم و ۷۰ نمونه ظرف ناسالم است. ما ۶۵ درصد از این داده‌ها را برای مجموعه آموزش لحاظ کردیم؛ همچنین ۲۰ درصد برای مجموعه

آموزش و ۱۵ درصد را برای برآورد نهایی و اعتبارسنجی به شبکه اعمال کردیم که درنهایت پس از انجام مراحل گفته شده و با اعمال ۲ نوع طرح مختلف از ظروف به میانگین جواب قابل قبول ۹۷٪ رسیدیم.

۳-۵ پیشنهادها

- ۱- در این پژوهش از دوربین غیرحرفه‌ای برای عکس‌برداری از ظروف استفاده شده است؛ که می‌توان با استفاده از دوربین‌های با کیفیت بالاتر، دقت را نیز بالا برد.
- ۲- با استفاده از پایگاه داده‌های بیشتر و البته متنوع‌تر می‌توان سیستمی با قابلیت بسیار بالاتر و عملکرد مطلوب‌تر ایجاد نمود.
- ۳- در این تحقیق برای تشخیص عیوب محصولات از تصاویر هر نمونه استفاده کردیم که می‌توان با افزایش کارایی سیستم آن‌را برای تشخیص عیب روی ویدئو گسترش داد.

- [1] Nickolay, B., Schicktan, K., & Schmaltuss, H. (1993). Automatic fabric inspection-utopia or reality?. MELLIAND TEXTILBERICHTE INTERNATIONAL TEXTILE REPORTS, 74, E-33.
- [2] Norton-Wayne, L., Bradshaw, M., & Jewell, A. J. (1992). Machine vision inspection of web textile fabric. In BMVC92, Springer London, 217-226
- [3] Conci, A., & Proença, C. B. (1998). A fractal image analysis system for fabric inspection based on a box-counting method. Computer Networks and ISDN Systems, 30(20), 1887-1895.
- [4] Zhang, Y. F., & Bresee, R. R. (1995). Fabric defect detection and classification using image analysis. Textile Research Journal, 65(1), 1-9.
- [5] Chan, C. H., & Pang, G. K. (2000). Fabric defect detection by Fourier analysis. IEEE transactions on Industry Applications, 36(5), 1267-1276.
- [6] Tsai, D. M., & Hsieh, C. Y. (1999). Automated surface inspection for directional textures. Image and Vision computing, 18(1), 49-62.
- [7] Sari-Sarraf, H., & Goddard, J. S. (1999). Vision system for on-loom fabric inspection. IEEE transactions on industry applications, 35(6), 1252-1259.
- [8] Jasper, W. J., Garnier, S. J., & Potlapalli, H. (1996). Texture characterization and defect detection using adaptive wavelets. Optical Engineering, 35(11), 3140-3149.
- [9] Du, C. J., & Sun, D. W. (2006). Learning techniques used in computer vision for food quality evaluation: a review. Journal of food engineering, 72(1), 39-55.
- [10] Liu, H., Wang, Y., & Duan, F. (2008). Glass bottle inspector based on machine vision. International journal of computer systems science and engineering, 3(3), 162-167.
- [11] Shouche, S. P., Rastogi, R., Bhagwat, S. G., & Sainis, J. K. (2001). Shape analysis of grains of Indian wheat varieties. Computers and electronics in agriculture, 33(1), 55-76.

[12] Liu, B., Wu, S., & Zou, S. (2010, June). Automatic detection technology of surface defects on plastic products based on machine vision. In Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 2010 International Conference on IEEE, 2213-2216

[۱۳] آق خانی, & پوررضا. (۱۳۸۵). درجه بندی تخم مرغ به روش ماشین بینایی. تحقیقات مهندسی کشاورزی.

[14] Shafait, F., Imran, S. M., & Klette-Matzat, S. Fault detection and localization in empty water bottles through machine vision. In E-tech 2004 IEEE, 30-34

[15] Mak, K. L., & Peng, P. (2008). An automated inspection system for textile fabrics based on Gabor filters. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 24(3), 359-369.

[۱۶] سبحانی پور, عباسپور فرد, پوررضا, & شاکری. (خرداد، ۱۳۸۹). تشخیص عیوب سطحی عناب و طبقه‌بندی آن با ویژگیهای شکلی و بافتی به کمک پردازش تصویر. در نخستین همایش فراملی بهینه سازی زنجیره تولید، و مصرف در صنایع غذایی.

[17] Unay, D., & Gosselin, B. (2004). Stem-end/calyx detection in apple fruits: Comparison of feature selection methods and classifiers. In In: Proc. Int. Conf. Computer Vision and Graphics (ICCVG).

[18] Kamalpreet, K., & Beant, K. (2014). PCB Defect Detection and Classification Using Image Processing. International Journal of Engineering Research in Management and Technology, ISSN, 2278-9359.

[19] Sanghadiya, F., & Mistry, D. (2015). Surface Defect Detection in a Tile using Digital Image Processing: Analysis and Evaluation. International Journal of Computer Applications, 116(10).

[20] Rimac-Drlje, S., Keller, A., & Hocenski, Z. (2005, June). Neural network based detection of defects in texture surfaces. In Industrial Electronics, Proceedings of the IEEE International Symposium on IEEE, Vol. 3, 1255-1260

[21] Kumar, A., & Pang, G. K. (2002). Defect detection in textured materials using Gabor filters. IEEE Transactions on industry applications, 38(2), 425-440.

[22] Hocenski, Z., & Keser, T. (2007, June). Failure detection and isolation in ceramic tile edges based on contour descriptor analysis. In Control & Automation, MED'07. Mediterranean Conference on IEEE, 1-6

- [23] Dong, Y., & Ma, J. (2013). Feature extraction through contourlet subband clustering for texture classification. *Neurocomputing*, 157-164.
- [24] Desoli, G. S., Fioravanti, S., Fioravanti, R., & Corso, D. (1993, November). A system for automated visual inspection of ceramic tiles. In *Industrial Electronics, Control, and Instrumentation. Proceedings of the IECON'93., International Conference on IEEE*, 1871-1876
- [25] Ebrahimzadeh, A., & Hossienzadeh, M. (2010, August). An efficient system for automatic sorting of the ceramic tiles. In *Digital Content, Multimedia Technology and its Applications (IDC), IEEE 6th International Conference*, 372-374
- [26] Backes, A. R., Casanova, D., & Bruno, O. M. (2013). Texture analysis and classification: A complex network-based approach. *Information Sciences*, 168-180.
- [27] Boukouvalas, C., De Natale, F., De Toni, G., Kittler, J., Marik, R., Mirmehdi, M., & Vernazza, G. (1998). ASSIST: automatic system for surface inspection and sorting of tiles. *Journal of Materials Processing Technology*, 82(1), 179-188.
- [28] Canny, J. (1986). A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 679-698.
- [29] Bracewell, R. N., & Bracewell, R. N. (1986). *The Fourier transform and its applications*. New York: McGraw-Hill.
- [30] Griffin, D., & Lim, J. (1984). Signal estimation from modified short-time Fourier transform. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 32(2), 236-243.
- [31] Strang, G., & Nguyen, T. (1996). *Wavelets and filter banks*. SIAM.
- [32] McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The bulletin of mathematical biophysics*, 5(4), 115-133.
- [33] Hopfield, J. J. (1982). Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proceedings of the national academy of sciences*, 79(8), 2554-2558.

Abstract

Based on the development of human knowledge, the use of electronic, robotic tools and intelligent systems are developed in various industries. One of the important applications of intelligent systems is recognizing defects of products in mass production. Automation of defect detection process in the production of disposable containers, due to the public consumption and mass production and the products variation, is a fundamental action to improve the quality and reduce manpower in order to eliminate errors caused by itself. Automation has an important effect on the profits amount of production unit. The purpose of inspecting levels is to recognize and classify sections of surface and industrial products that do not comply with certain standards and do not have perfect quality and need to separate in production line.

In this thesis, we present two methods for defect detection in disposable containers. In the first method we perform angle correction by checking geometrical information and using Canny edge detector. Then we detect lines of the containers using the Hough transform and inspect the inside lines for noise. Using the discrete wavelet transform and thresholding, we recognize defected containers from the proper. The accuracy reached to 88% in this method. To improve the accuracy of performance, we used features of wavelet packet and multi-layer perceptron neural network in order to train and find defected containers. The results were very favorable and the accuracy of about 97% is reached, that shows well performance of the final designed system.

Keywords: Automation of defect detection in the production line of disposable containers, Image processing, Hough transform, Discrete wavelet transform, Neural network, Multi layer perceptron



Shahrood University of Technology

Faculty of Mechanic Engineering

M.Sc. Thesis in Mechatronic Engineering

**Detection of defects in disposable containers in production
line by image processing**

By:

Shahin Rohanian

Supervisor:

Dr. Hossein Khosravi

March 2017