





دانشکده مهندسی برق و رباتیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های الکترونیک دیجیتال

قرائت خودکار تجهیزات نمایش آنالوگ با استفاده از پردازش تصویر

نگارنده:

ساسان رشیدی

استاد راهنما:

دکتر حسین خسروی

بهمن ۱۳۹۵

شماره: ۱۴۵۴-ت.ب

تاریخ: ۱۳۹۵/۱۱/۱۲

ویرایش: -----

بسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

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

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای ساسان رشیدی به شماره دانشجویی ۹۳۰۸۲۷۴ رشته مهندسی برق گرایش الکترونیک که در تاریخ

۹۵/۱۱/۱۲ تحت عنوان:

قرائت خودکار تجهیزات نمایش آنالوگ با استفاده از پردازش تصویر

با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

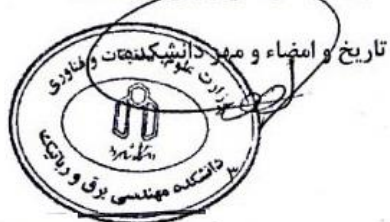
<input type="checkbox"/> قبول (با درجه: بسیار خوب امتیاز کم ۱۸)	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input type="checkbox"/> مردود
<input type="checkbox"/> عملی	<input type="checkbox"/> نظری	نوع تحقیق:

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)
۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)
۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)
۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	استاد	سین خرمدر	۱- استاد راهنمای اول
-	-	-	۲- استاد راهنمای دوم
-	-	-	۳- استاد مشاور
	استاد	نیا آزاده طینت	۴- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استادیار	عماد ابراهیمی	۵- استاد ممتحن اول
	دانشیار	سید مرتضی	۶- استاد ممتحن دوم

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:



تقدیم به خانواده عزیزم

پدرم که وجودش همچون کوه پستوانه زندگیم

مادرم که چشمه بی انتهای محبتش شوق زندگیم

برادرم که روشنایی وجودش چراغ زندگیم

و خواهرم که لطافت بخش روحم است.

با سپاس فراوان.....

از زحمات استاد عزیزم دکتر حسین خسروی که در این سالها در تمامی مشکلات مرا یاری کرده و لطف خود را از من دریغ نکردند و همچنین همه عزیزانی که مراد طول انجام این پژوهش یاری کردند.

تعهد نامه

اینجانب ساسان رشیدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق - الکترونیک دانشکده برق و رباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه قرائت خودکار تجهیزات نمایش آنالوگ با استفاده از 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 توجه به نیاز روز افزون صنعت ایران به اتوماسیون و خودکار کردن فرایند تولید، جهت کاهش هزینه و کاهش خطای انسانی، و با توجه به قدیمی بودن تجهیزات سنجنده صنعت ایران و هزینه بسیار بالای به‌روز کردن آنها، در این پایان نامه ما روشی برای قرائت خودکار تجهیزات سنجنده آنالوگ با استفاده از پردازش تصویر ارائه کرده‌ایم. این تجهیزات به دو دسته تجهیزات سنجنده آنالوگ عقربه‌ای مانند فشارسنج‌ها و تجهیزات سنجنده شبه دیجیتال مانند کنتورهای گاز تقسیم بندی می‌شوند.

برای قرائت تجهیزات سنجنده آنالوگ عقربه‌ای، پس از عکس برداری از سنجنده، با زاویه‌ای تقریباً از روبه‌رو، در ابتدا با استفاده از فیلتر wiener و ماسک unsharp یک پیش پردازش روی تصویر انجام می‌دهیم که حاصل یک تصویر نرم با لبه‌های برجسته است. سپس با استفاده از تبدیل هاف، اشکال دایره‌ای موجود در تصویر را به عنوان صفحه نمایش سنجنده از تصویر استخراج کرده و سپس با استفاده از روش لبه یاب کنی لبه‌های موجود در تصویر را استخراج می‌کنیم و با توجه به صفحه نمایش سنجنده، با یک حد آستانه مناسب لبه‌های اضافی و بسیار کوچک را حذف می‌کنیم. در پایان بلندترین خط باقی مانده در تصویر را با استفاده از تبدیل هاف تشخیص داده و به عنوان عقربه سنجنده در نظر می‌گیریم.

جهت قرائت تجهیزات سنجنده شبه دیجیتال عکس برداری شده به روش مشاهده متعامد، که در این پایان نامه کنتور گاز مورد سنجش قرار گرفته است، در ابتدا با استفاده از فیلتر wiener و متعادل‌سازی هیستوگرام روی تصویر پیش پردازش انجام داده سپس با استفاده از هیستوگرام خطی افقی، قسمت

نمایش دهنده ارقام کنتور را از تصویر جدا می‌کنیم و پس از آن با استفاده از هیستوگرام خطی عمودی بر تصویر حاصل، ارقام اعشاری را از تصویر جدا می‌کنیم. با توجه به شدت روشنایی هر تصویر، شش آستانه متفاوت برای هر تصویر به دست آورده و با هر آستانه تصویر را دو سطحی می‌کنیم و اجزای به هم پیوسته از هر تصویر را تشخیص داده و از تصویر اصلی جدا می‌کنیم. از هر جزء به دست آمده دو ویژگی میانگین بلوکی و هیستوگرام گرادیان را استخراج می‌کنیم و این ویژگی‌ها را به یک شبکه عصبی آموزش دیده با یازده کلاس شامل ده کلاس مربوط به اعداد و یک کلاس مربوط به داده‌های نامعتبر داده و سپس با ترکیب طبقه بندها و تعداد عدد یافت شده در هر تصویر بهترین تصویر دوسطحی را انتخاب کرده و عدد نمایش داده شده توسط سنجنده آنالوگ را قرائت می‌کنیم.

واژه‌های کلیدی: نمایشگر آنالوگ، قرائت خودکار، لبه‌یابی، تبدیل هاف، کنتور گاز

فهرست مطالب

۱ فصل اول	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ سنجنده های آنالوگ	۳
۱-۲-۱ فشار سنج	۳
۲-۲-۱ دماسنج (دوفلزی):	۴
۳-۱ سنجنده های شبه دیجیتال:	۷
۴-۱ هدف پایان نامه	۹
۵-۱ چالش های موجود	۹
۶-۱ فرضیات	۱۲
۷-۱ ساختار پایان نامه	۱۲
۲ فصل دوم	۱۵
۱-۲ مقدمه	۱۶

- ۲-۲ قرائت خودکار تجهیزات نمایش آنالوگ توسط رابرت سابلاتینگ و همکاران ۱۷
- ۱-۲-۲ پارامترها ۱۷
- ۲-۲-۲ پارامترهای تصویر ۱۸
- ۳-۲-۲ فرایند تحلیل ۱۹
- ۴-۲-۲ پارامترهای تشخیص داده شده و نتایج ۱۹
- ۳-۲ بازرسی اتوماتیک سنجنده های آنالوگ و دیجیتال در سیستم بینایی ربات توسط موهان ۲۱
- ۱-۳-۲ دید ربات ناظر و هدایت خودکار ۲۲
- ۲-۳-۲ تشخیص وضعیت اشیاء ۲۴
- ۳-۳-۲ خواندن نمایشگر آنالوگ نوع یک ۲۵
- ۴-۳-۲ خواندن نمایشگر آنالوگ نوع دو ۲۷
- ۵-۳-۲ خواندن نمایشگر دیجیتال ۲۹
- ۴-۲ سیستم بینایی ماشین برای خواندن نمایشگر آنالوگ توسط دنیلو آلوز ۳۲
- ۱-۴-۲ خواندن نمایشگرهای دیجیتال ۳۲
- ۲-۴-۲ خواندن نمایشگرهای آنالوگ ۳۴

- ۵-۲ تشخیص تصویر پنل ابزار دقیق در یک نیروگاه اتمی توسط جای وان چو..... ۳۵
- ۳ فصل سوم..... ۳۹
- ۱-۳ آستانه گذاری اتسو..... ۴۰
- ۲-۳ تبدیل هاف..... ۴۳
- ۱-۲-۳ تبدیل هاف خطی..... ۴۴
- ۲-۲-۳ تبدیل هاف دایره ای..... ۴۹
- ۳-۳ عملگرهای ریخت شناسی..... ۵۲
- ۱-۳-۳ عملگرهای مجموعه ای پایه..... ۵۲
- ۲-۳-۳ عملگر قرینه..... ۵۳
- ۳-۳-۳ عملگر گسترش..... ۵۳
- ۴-۳-۳ عملگر سایش..... ۵۴
- ۵-۳-۳ عملگر باز کردن..... ۵۵
- ۶-۳-۳ عملگر بستن..... ۵۶
- ۷-۳-۳ عملگر top hat..... ۵۷

۵۸	..... ۸-۳-۳ روش لبه یاب کنی
۶۱	..... ۴-۳ شبکه عصبی MLP
۶۱	..... ۱-۴-۳ قاعده فراگیری MLP
۶۳	..... ۴ فصل چهار
۶۴	..... ۱-۴ روش پیشنهادی برای قرائت خودکار سنجنده های آنالوگ
۶۴	..... ۱-۱-۴ مقدمه
۶۵	..... ۲-۱-۴ پیش پردازش
۶۷	..... ۳-۱-۴ استخراج دایره
۶۸	..... ۴-۱-۴ تشخیص لبه
۶۹	..... ۵-۱-۴ حذف لبه های ناخواسته
۷۰	..... ۶-۱-۴ تشخیص بلندترین خط
۷۳	..... ۲-۴ روش پیشنهادی برای قرائت خودکار سنجنده های شبه دیجیتال
۷۳	..... ۱-۲-۴ مقدمه
۷۵	..... ۲-۲-۴ پیش پردازش

- ۳-۲-۴ دوسطحی کردن تصویر ۷۶
- ۴-۲-۴ جدا کردن قسمت اعداد از تصویر ۷۷
- ۵-۲-۴ پیش پردازش ۷۸
- ۶-۲-۴ دوسطحی کردن تصویر ۷۸
- ۷-۲-۴ جدا کردن قسمت اعشاری از اعداد ۷۹
- ۸-۲-۴ پیش پردازش ۸۰
- ۹-۲-۴ دو سطحی کردن تصویر با شش آستانه متفاوت ۸۰
- ۱۰-۲-۴ حذف اجزای کوچک ۸۲
- ۱۱-۲-۴ اجزای به هم پیوسته ۸۳
- ۱۲-۲-۴ آستانه گذاری ۸۳
- ۱۳-۲-۴ جدا کردن اجزای به هم پیوسته از تصویر ۸۴
- ۱۴-۲-۴ استخراج ویژگی ۸۴
- ۱۵-۲-۴ تشخیص اعداد با استفاده از شبکه عصبی ۸۵
- ۵ فصل پنجم ۸۹

۹۰	..... ۱-۵ مقدمه
۹۰	..... ۲-۵ پایگاه داده
۹۰	..... ۱-۲-۵ پایگاه داده سنجنده های آنالوگ عقربه ای
۹۰	..... ۲-۲-۵ پایگاه داده سنجنده های شبه دیجیتال
۹۱	..... ۳-۵ بررسی نتایج
۹۴	..... ۴-۵ نتیجه گیری
۹۴	..... ۱-۴-۵ سنجنده های آنالوگ
۹۵	..... ۲-۴-۵ سنجنده های شبه دیجیتال
۹۶	..... ۵-۵ پیشنهادات
۹۷	..... ۶ مراجع

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱): دو نمونه از سنجنده های آنالوگ در صنعت نفت ۶
- شکل (۲-۱): نمونه های از چرخنده های سنجنده ی شبه دیجیتال ۷
- شکل (۳-۱): نمونه ای از کنتور گاز مصرف خانگی ۸
- شکل (۴-۱): نمونه ای از کنتور گاز مصرف خانگی ۹
- شکل (۵-۱): سه نمونه از عکس های چالش برانگیز ۱۱
- شکل (۱-۲): پارامترهای تجهیزات اندازه گیری آنالوگ [۱] ۱۸
- شکل (۲-۲): وسیله اندازه گیری و پارامترهای اندازه گیری شده ۲۱
- شکل (۳-۲): ربات طراحی شده و تابلو مورد بررسی ۲۳
- شکل (۶-۲): بررسی تمامی خط ها و تشخیص عقربه ۲۶
- شکل (۵-۲): استخراج لبه های تصویر ۲۶
- شکل (۴-۲): تجهیزات آنالوگ موجود در تصویر ۲۶
- شکل (۸-۲): لبه های نمایشگر آنالوگ ۲۸
- شکل (۷-۲): نمایشگر آنالوگ نوع دو ۲۸

- شکل (۲-۹): موقعیت عقربه نمایشگر آنالوگ ۲۹
- شکل (۲-۱۰): مراحل قرائت نمایشگر دیجیتال ۳۱
- شکل (۲-۱۱): تصویر نمایشگر دیجیتال و عملگرهای عمودی و افقی اعمال شده بر آن ۳۳
- شکل (۲-۱۲): تصویر نمایشگر آنالوگ و لبه های استخراج شده از آن ۳۴
- شکل (۲-۱۳): عقربه تشخیص داده شده نمایشگر آنالوگ ۳۵
- شکل (۲-۱۴): تشخیص مرکز نمایشگر آنالوگ ۳۷
- شکل (۲-۱۵): تشخیص مقدار نمایش داده شده توسط نمایشگر آنالوگ ۳۸
- شکل (۳-۱): تبدیل خط از فضای xy به نقطه در فضای پارامتر ۴۴
- شکل (۳-۲): تبدیل چند نقطه از فضای پارامتر به چند خط در فضای xy ۴۵
- شکل (۳-۳): استفاده از نرمال و زاویه نرمال در تبدیل هاف ۴۶
- شکل (۳-۴): ساخت انباشتگر فضای پارامتر در تبدیل هاف ۴۷
- شکل (۳-۵): یک تبدیل هاف نمونه ۴۸
- شکل (۳-۶): فضای پارامتری دایره پس از تبدیل هاف ۴۹
- شکل (۳-۷): تبدیل دایره ای از فضای $x-y$ (چپ) به فضای پارامتری (راست) ۵۰

- شکل (۳-۸): مثالی از نحوه عمل انباره با داده واقعی برای تبدیل هاف ۵۱
- شکل (۳-۹): تصویر اصلی (چپ) و گسترش یافته آن (راست) ۵۴
- شکل (۳-۱۰): تصویر اصلی (چپ) و سایش یافته آن (راست) ۵۵
- شکل (۳-۱۱): تصویر اصلی (راست) و باز شده ی آن (چپ) ۵۶
- شکل (۳-۱۲): تصویر اصلی (راست) و بسته شده ی آن (چپ) ۵۷
- شکل (۳-۱۳): تصویر اصلی (چپ) و تصویر بعد از اعمال tophat (راست) ۵۸
- شکل (۴-۱): بلوک دیاگرام الگوریتم پیشنهادی ۶۵
- شکل (۴-۲): الف) تصویر اصلی. ب) تصویر بدست آمده بعد از پیش پردازش ۶۶
- شکل (۳-۴): صفحه نمایش سنجنده استخراج شده از تصویر ۶۷
- شکل (۴-۴): تصویر لبه های استخراج شده از صفحه سنجنده آنالوگ ۶۸
- شکل (۴-۵): تصویر بعد از حذف لبه های ناخواسته ۶۹
- شکل (۴-۶): تشخیص عقربه در تصویر ۷۲
- شکل (۴-۷): بلوک دیاگرام الگوریتم پیشنهادی ۷۴
- شکل (۴-۸): الف) تصویر با سطوح خاکستری. ب) تصویر بعد از متعادل سازی روشنایی ۷۵

- شکل (۹-۴) : الف) تصویر خاکستری متعادل سازی شده. ب) تصویر دو سطحی ۷۶
- شکل (۱۰-۴) : کادر حاوی اعداد کنتور ، استخراج شده از تصویر اصلی ۷۷
- شکل (۱۱-۴) : تصویر بعد از اعمال عملگر top hat ۷۸
- شکل (۱۲-۴) : تصویر دو سطحی اعداد مورد قرائت ۷۸
- شکل (۱۳-۴) : اعداد صحیح قابل قرائت کنتور ۷۹
- شکل (۱۴-۴) : تصویر بهبود یافته با عملگر top hat ۸۰
- شکل (۱۵-۴) : تصاویر دوسطحی شده با آستانه های متفاوت ۸۲
- شکل (۱۶-۴) : تصویر پس از حذف اجزای با مساحت کم ۸۲
- شکل (۱۷-۴) : تصویر پس از اعمال آستانه ۸۳
- شکل (۱۸-۴) : اجزای جدا شده از تصویر ۸۴
- شکل (۱۹-۴) : داده های آموزش شبکه عصبی ۸۶
- شکل (۱-۵) : نتایج اعمال الگوریتم پیشنهادی بر سنجنده های آنالوگ عقربهای ۹۲
- شکل (۲-۵) : نتایج الگوریتم پیشنهادی قرائت سنجنده های شبه دیجیتال ۹۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

درک محتویات تصویر توسط روش‌های ماشینی^۱ در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. کاربرد روزافزون آن در ربات‌ها و صنایع مختلف برای افزایش هوشمندی و دقت سیستم، گواه بر اهمیت آن می‌باشد.

در جامعه امروز تسریع در انجام کارها و ارزش زمان نقش اساسی را ایفا می‌کند و همواره انسان به دنبال روش‌های نو برای استفاده بهتر از زمان بوده است.

با توجه به گسترش روز افزون صنعت و به پیرو آن اتوماسیون صنعتی^۲، نیاز به نظارت و کنترل از راه دور تجهیزات اندازه‌گیری و کاهش دخالت انسان در این نظارت به دلیل کاهش خطاهای انسانی و کاهش هزینه به چشم می‌خورد. حذف نیروی انسانی و نظارت خودکار مربوط به محیط‌های دور از دسترس و محیط‌های پر خطر که تلفات جانی و مالی به همراه دارند، از مزایای روش‌های نظارت بدون دخالت انسان است.

از جمله تجهیزاتی که نیاز به قرائت خودکار دارند تجهیزات سنجنده آنالوگ^۳ بوده که بعضاً دور از دسترس و یا در محیط‌های پر خطر نصب شده و نیاز به قرائت‌های مکرر و پیاپی دارند. یک کاربرد

^۱ Machine Vision

^۲ industrial automation

^۳ Analog display equipment

صنعتی قرائت خودکار از تجهیزات آنالوگ مربوط به خطوط تولیدی لوله است. استفاده از این روش،

خواندن تجهیزات آنالوگ نصب شده روی خطوط لوله را ایمن تر و ارزان تر می کند.

از دیگر کاربردهای قرائت خودکار می توان از ربات های ناظر سیستم جهت بازرسی و دستکاری

وظایف به صورت خودکار نام برد. خواندن یک وسیله آنالوگ به معنای تشخیص مقیاس، عقربه و

تعیین عدد از روی عکس است. فرایند قرائت خودکار برای بازه ی گسترده ای از تجهیزات نمایشی به کار

می رود.

۲-۱- سنجنده های آنالوگ^۱

سنجنده ها تجهیزاتی هستند برای نمایش مقادیر عددی یک پارامتر که در تابلو کنترل و یا اتاق

فرمان مورد استفاده قرار می گیرند. از نمایشگرها برای نظارت بر متغیرهای مختلف نظیر فشار، دما، و ...

در صنعت استفاده می شود. برای مثال فشار سنج^۲ یک سنجنده است که مقادیر فشار را نمایش می دهد.

۱-۲-۱- فشار سنج^۳

فشارسنج آنالوگ از قدیمی ترین ابزار دقیق رایج در صنایع جهت نشان دادن مقدار فشار است

که هنوز به لحاظ محبوبیت و قیمت مناسبی که دارد از پر مصرف ترین تجهیزات جهت نمایش فشار

^۱ Analog Gauge

^۲ pressure gauge

^۳ Barometer

می‌باشد. این تجهیزات که از مکانیزم مکانیکی بردون تیوب^۱ یا دیافراگمی^۲ و در بعضی موارد المان بیلوز^۳ استفاده میکنند با تغییر حالتی که المان اندازه‌گیر در اثر فشار پیدا می‌کند و انتقال این تغییر حالت به یک عقربه که بر حسب فشار بر روی یک صفحه کالیبره شده است به سادگی مقادیر فشار در گستره‌ی وسیع حتی تا ۱۰۰۰ بار اندازه‌گیری می‌کنند. جهت به کارگیری این تجهیزات به موارد زیر بایستی توجه کرد:

- محدوده مورد نظر فشارسنج
- قطر صفحه نمایش فشارسنج
- نوع و اندازه جذب فشارسنج
- دقت فشارسنج
- جنس فشارسنج که معمولاً استیل یا برنجی است
- افقی یا عمودی بودن نصب فشارسنج

۱-۲-۲ دماسنج (دوفلزی^۴):

این دسته از دماسنج‌ها نوع پر مصرفی از ابزارهای اندازه‌گیری دما در صنعت می‌باشند که

^۱ Bourdon tube

^۲ Diaphragm

^۳ Beryl element

^۴ Bimetal thermometer

عملکرد آنها وابسته به یک المان دوفلزی^۱ است و محدوده دمایی مناسب و خوبی را برای کاربر پوشش می‌دهند. و موارد استفاده آنها عبارت است از: صنعت، پزشکی، شیمی، هوانوردی^۲، هواشناسی و به طور کلی هر جایی که تغییرات دما مورد توجه باشد.

سنجنده‌های آنالوگ با توجه به گستره‌ی کاربرد و کارآمدی، در بسیاری از صنایع استفاده‌های زیادی برای اندازه‌گیری و نمایش مقادیر مختلف فشار، دما، فرکانس و ... دارند که ما در اینجا به اشاره به دو مورد کاربرد آنها بسنده می‌کنیم.

با توجه به محل‌های استفاده از سنجنده‌های آنالوگ که غالباً در محیط‌های صنعتی پرخطر یا دور از دسترس است و نیاز به قرائت آنها جهت کنترل فرآیند تولیدی، در این پایان نامه بر آن شدیم که با استفاده از عکس برداری از این سنجنده‌ها و روش‌های پردازش تصویر^۳، روند قرائت آنها را به صورت خودکار ارائه دهیم.

خودکار به این معنا که با حذف نیروی انسانی جهت کنترل و قرائت سنجنده‌ها، از خطرات جانی ناشی از محل‌های پر خطر کاسته شود و علاوه بر آن خطای انسانی در قرائت را به حداقل برسانیم و همچنین از نظر اقتصادی فرآیند نظارتی را به صرفه تر کنیم.

^۱ Bimetal

^۲ Aviation

^۳ Image Processing

در شکل (۱-۱) نمونه هایی از سنجنده های آنالوگ که از تاسیسات صنعت نفت عکس برداری شده، آورده

شده است:



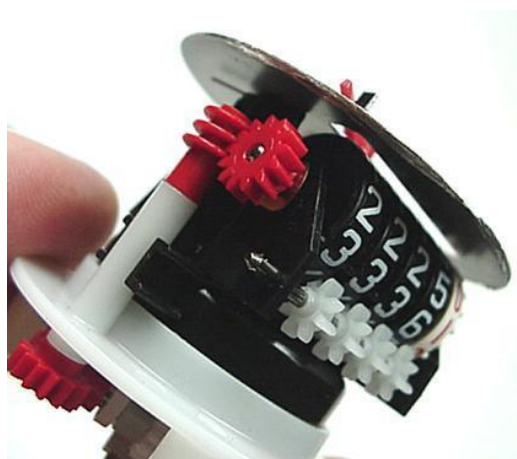
شکل (۱-۱): دو نمونه از سنجنده های آنالوگ در صنعت نفت

۳-۱ سنجنده‌های شبه دیجیتال:

به تجهیزات سنجنده آنالوگی که شیوه نمایش آنها به صورت عقربه‌ای نیست و تغییرات در مقادیر آنها

به کمک چرخ دنده‌هایی که بر روی آنها اعدادی قرار گرفته نمایش داده می‌شود، سنجنده‌های شبه

دیجیتال (شکل ۲-۱) گفته می‌شود.



شکل (۲-۱): نمونه‌ای از چرخ‌دنده‌های سنجنده‌ی شبه دیجیتال

از بارزترین و پرکاربردترین این نمایشگرها می‌توان به کنتورهای گاز، برق، آب و ... اشاره کرد.

موضوع قرائت کنتورها از مواردی است که معمولاً در این کار دقت لازم انجام نمی‌شود و البته واگذاری

قرائت کنتورها به شرکت‌های پیمانکاری و نظارت نامطلوب، مشکلات این حوزه را افزایش داده است.

عملیات قرائت کنتور در برخی نقاط با دقت کمی صورت می‌گیرد و برخی مأموران قرائت شماره

کنتور به دلایلی چون خستگی و بی‌انگیزگی، بارندگی، عدم حضور صاحب‌خانه در منازل، سوءاستفاده از

ضعف‌های نظارتی و مواردی از این دست، میزان مصرف خانوارها را به صورت علی‌الحساب و یا تصادفی بدون مراجعه به محل کنتور یادداشت می‌کنند.

با توجه به مشکلات و معایب قرائت کنونی کنتورها توسط نیروی انسانی و همچنین با توجه به تعداد بسیار زیاد کنتورهای مصارف خانگی، قرائت کنتور به روش سنتی مستلزم صرف زمان و هزینه زیادی است.

از این رو ما در این پایان نامه قصد داریم با استفاده از عکس برداری از کنتورها و استفاده از روش‌های پردازش تصویر به قرائت و ثبت ارقام میزان مصرف گاز به صورت خودکار بپردازیم.

خودکار سازی قرائت کنتورها با حذف نیروی انسانی تاثیر به سزایی در کاهش خطاهای قرائت، کاهش زمان مورد نیاز جهت قرائت حجم وسیعی از کنتورها و همچنین کاهش هزینه در انجام این امر خواهد داشت. در شکل (۳-۱) و (۴-۱) نمونه‌هایی از کنتورهای گاز مصرف خانگی آورده شده است:



شکل (۳-۱): نمونه‌ای از کنتور گاز مصرف خانگی



شکل (۴-۱) : نمونه‌ای از کنتور گاز مصرف خانگی

۴-۱ هدف پایان‌نامه

با توجه به نیاز صنعت روز ایران و اینکه در تحقیقات به عمل آمده، قبل از انجام این پایان‌نامه موردی مشابه در زمینه فعالیت صنعتی در ایران روی این موضوع یافت نشد، ما بر آن شدیم که با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و شناسایی الگو دو نوع نمایشگر آنالوگ عقربه‌ای (مانند فشارسنج) و عددی (مثل کنتورهای آب و گاز) را به صورت خودکار قرائت کنیم.

۵-۱ چالش‌های موجود

در فرایند قرائت خودکار سنجنده‌های آنالوگ، در مرحله عکس برداری و انجام عملیات پردازش تصویر با چالش‌هایی روبه‌رو هستیم که در ادامه به بیان آنها می‌پردازیم.

۱- اولین چالش، تغییرات شدت روشنایی به دلیل تصویر برداری از روی شیشه است که سبب

می‌شود هنگام دوسطحی^۱ سازی تصویر دچار مشکل شویم. سعی می‌کنیم با استفاده از

عملگرهای مورفولوژی و دیگر تکنیک‌های رفع گسستگی متن این مشکل را رفع کنیم.

۲- زاویه و جهت عکس برداری از سنجنده‌های آنالوگ که باعث تغییر شکل هندسی سنجنده در

تصویر شده و سنجنده آنالوگ شکل دایره‌ای خود را از دست داده و به بیضی میل میکند و برای

استخراج دایره از تصویر ایجاد مشکل می‌کند و در سنجنده‌های شبه دیجیتال با توجه به تبدیل

فضای سه بعدی دنیای واقعی به فضای دو بعدی تصویر، باعث پوشانده شدن قسمتی از اعداد

سنجنده که نمایش دهنده میزان پارامتر اندازه‌گیری شده است می‌شود و باعث از دست رفتن

اطلاعات مفید تصویر برای تشخیص رقم مورد نظر می‌شود.

۳- پوشیده شدن سطح گیج‌ها با آلودگی‌های جوی و یا برچسب‌ها و اشیای خارجی که مانع دید

مطلوب از ارقام مورد نظر می‌شوند.

۴- زاویه نصب کنتور یا سنجنده‌ها که به علت خارج شدن از حالت عمود باعث چرخش عکس و

در نتیجه ایجاد مشکل در انجام پردازش‌های سطری و یا ستونی بر روی تصویر می‌شوند.

در شکل (۱-۵) نمونه‌هایی از عکس‌هایی که با چالش روبه‌رو بوده‌اند آورده شده است:

^۱ binary



شکل (۱-۵) : سه نمونه از عکس‌های چالش برانگیز

۱-۶ فرضیات

برای برطرف کردن چالش‌های موجود و بهبود شرایط عکس و گرفتن نتایج مطلوب فرضیاتی را در نظر گرفته و از روش‌هایی استفاده کرده ایم که تأثیر این چالش‌ها را به حداقل رسانده و وابستگی به این شرایط را از بین ببریم.

در این پژوهش برای مقابله با چالش‌های ذکرشده فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

۱- تشعشعات نور خورشید در جهت عکس برداری به صورت مستقیم به لنز دوربین تابیده نشده باشد.

۲- زاویه عکس برداری به گونه‌ای باشد که تقریباً از روبه‌روی سنجنده یا کنتور مورد نظر و به صورت عمودی عکس برداری شده باشد.

۳- آلاینده‌ها، اجسام خارجی، برجسب‌ها و ... که مانع دید سطح سنجنده آنالوگ شده به طور کامل زدوده و مانعی در مسیر عکس برداری وجود نداشته باشید.

۱-۷ ساختار پایان‌نامه

در ادامه ساختار پایان‌نامه به این ترتیب است:

در فصل ۲ مروری بر روش‌های انجام گرفته در زمینه‌ی قرائت سنجنده‌های آنالوگ به صورت خودکار

خواهیم داشت. در فصل ۳ تئوریهای مورد نیاز برای انجام فرآیند تشخیص سنجنده‌ی آنالوگ از تصویر و قرائت آن مطرح می‌شود. روش پیشنهادی را در فصل ۴ ارائه می‌دهیم. در فصل ۵ نتایج تجربی نشان داده شده است و در نهایت فصل ۶ به نتیجه‌گیری اختصاص یافته و پیشنهادهایی برای کارهای آتی ارائه شده است.

فصل دوم

مروری بر کارهای گذشته

۱-۲ مقدمه:

امروزه در تمامی زمینه‌های صنعتی و تولیدی نیاز مبرم به سیستم‌های اتوماسیون و خودکار جهت کاهش خطاهای انسانی و همچنین کاهش هزینه‌های تولید به چشم می‌خورد. از سوی دیگر با توجه به کهنه بودن صنعت ایران، تعویض و به روز کردن تجهیزات ابزار دقیق به کار رفته، مستلزم صرف هزینه و زمان بسیار زیادی می‌باشد و این امر باعث ایجاد وقفه و خلل در روند تولید می‌شود.

برای حل این مشکلات نیازمند راهی هستیم که بتوان بدون صرف هزینه زیاد و ایجاد توقف در خط تولید، سیستم‌های قدیمی نظارتی را به سیستم‌های خودکار تغییر دهیم.

ما در این پایان نامه قصد داریم با ارائه روشی نوین، به وسیله عکس برداری از تجهیزات و اعمال روش‌های پردازش تصویر، راهی برای این فرایند ارائه دهیم.

طبق بررسی‌های ما، تاکنون در کشور ما تحقیقات زیادی در این زمینه انجام نگرفته است و در دنیا تحقیقات در این زمینه بسیار محدود بوده است.

در طی فرایند تحقیق و مطالعه قبل از شروع پایان نامه، تعداد بسیار اندکی مقاله علمی که در این زمینه فعالیت داشته اند یافتیم، که در این فصل به توضیح تعدادی از آنها و روش‌های ارائه شده می‌پردازیم.

۲-۲ قرائت خودکار تجهیزات نمایش آنالوگ توسط رابرت سابلاتینگ و

همکاران

در این مقاله [۱] یک روش کل به جز برای بررسی یک مسئله خاص ارائه شده است. یکی از

فواید این روش این است که این روش برای کاربردهای دیگر نیز قابل گسترش است.

۱-۲-۲ پارامترها

تجهیزات اندازه‌گیری آنالوگ شامل سه پارامتر هستند (شکل ۱-۲):

- عقربه‌ها
- شکل گیج
- المان‌های حرفی

یک عقربه می‌تواند هر شکل متقارن و دارای محور میانی مثل مثلث، مستطیل و یا ترکیبی از هر

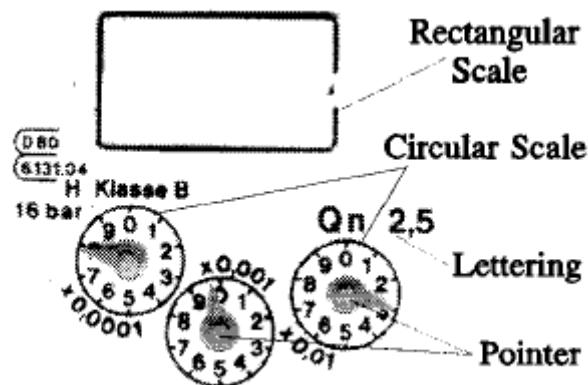
دو داشته باشد. به علاوه عقربه‌هایی که دوران می‌کنند یک دایره در مرکز دوران خود دارند.

شکل سنجنده‌ها متناسب با حرکت عقربه است. شکل عقربه چرخنده به صورت یک دایره و یا

کمانی از دایره است. عقربه‌هایی که مستقیم حرکت می‌کنند معمولاً شکل‌های مستطیلی دارند. در این

مقاله فرض شده که شکل نسبت به جهت قرارگیری خود، متقارن باشد. عنوان‌هایی که در شکل وجود

دارند نیز جزو شکل حساب می‌شوند.



شکل (۱-۲): پارامترهای تجهیزات اندازه‌گیری آنالوگ [۱]

همه‌ی المان‌های دیگر یک دستگاه اندازه‌گیری که شامل اطلاعاتی درباره‌ی وسیله‌ی

اندازه‌گیری هستند را به عنوان حروف دسته‌بندی می‌کنند و این اطلاعات شامل واحد، نام شرکت،

علامت کارخانه و سازنده می‌باشد.

۲-۲-۲ پارامترهای تصویر

برای ساده‌سازی فرایند تحلیل در این مقاله فرض شده است که پیکسل‌های وسیله‌ی اندازه-

گیری دارای دو پارامتر هستند. دو پارامتر تصویر به صورت زیر تعریف می‌شوند:

- اندازه تصویر (x , y)

- دقت نمونه (a)

رابطه (۱-۲) را برای تعیین دقت نمونه ارائه داده‌اند:

$$a^2 = \frac{\text{اندازه واقعی وسیله ی اندازه گیری}}{\text{اندازه تصویر وسیله ی اندازه گیری}} \quad (۱-۲)$$

۳-۲-۲ فرایند تحلیل

- بدست آوردن تصویر: برای ساده سازی فرایند تحلیل، قیدی تعریف شده است که تصویر فقط شامل یک وسیله اندازه‌گیری باشد.

- تشخیص شکل وسیله اندازه‌گیری: به دلیل اینکه شکل، موقعیت و اندازه وسیله‌ی اندازه‌گیری در عکس نامعلوم است، باید تشخیص داده شود. همه‌ی شکل‌های وسیله‌ی اندازه‌گیری که در زبان توصیفی تعریف شده است باید بر حسب موقعیت مکانی و مشخصات هندسی وسیله‌ی اندازه‌گیری جستجو شود. ابتدا شکل‌ها در تصویر جستجو می‌شوند به علت این که می‌توان فضای جستجو برای عقربه را به وسیله‌ی محدوده تعریف شده توسط شکل تشخیص داده شده در تصویر محدود کرد.

۴-۲-۲ پارامترهای تشخیص داده شده و نتایج

در این مقاله برای تشخیص شکل‌های دایروی و یا به صورت کمانی از دایره، از روش تشخیص

کمان توسط تبدیل هاف^۱ استفاده شده است [۲،۳] روش هاف [۴] برای تشخیص دایره توسط دوبا و

^۱ Hough transform

هارت [۵] ارائه داده شد و توسط بالارد و براون [۶] با استفاده از گرادیان^۱ گسترش داده شده است.

برای تشخیص شکل‌های مستطیلی بر پایه چهار خط مستقیم از روشی که به وسیله‌ی بورنز

[۷] ارائه شده است استفاده می‌شود. فقط خط‌های طولانی مستقیم از دسته ویژگی‌های خطی است

که استفاده می‌شود. جهت خطوط محاسبه شده و خطوط با اختلاف زاویه ۹۰ درجه برای تشکیل مستطیل تشخیص داده می‌شوند.

عقره‌ها در تصویر با استفاده از مشخصات سطح خاکستری^۲ در طول منحنی‌ها در صفحه

تصویر تشخیص داده می‌شوند. این روش برای شکل‌های دایروی و مستطیلی صدق می‌کند.

المان‌های فر ضی برای بررسی کردن و تایید کردن مدل‌های فر ضی که در تصویر همانند آنها

یافت شده استفاده می‌شوند. با استفاده از الگوریتم توضیح داده شده در بالا، برنامه را روی یک

کامپیوتر اجرا کرده‌اند. وسیله‌ی اندازه‌گیری مورد بررسی چهار شکل دایره‌ای و چهار عقره و یک شکل

مستطیلی دارد. موقعیت همه المان‌ها به جز المان‌های حرفی در زمان درخواست و با دقت مورد نظر

تشخیص داده شد. شکل (۲-۲) تصویر و سیله اندازه‌گیری و پارامترهای اندازه‌گیری شده را نشان

می‌دهد. عقره‌هایی که دقیقاً روی یک مقدار نیستند، مقدار قبلی روی شکل برای آنها در نظر گرفته

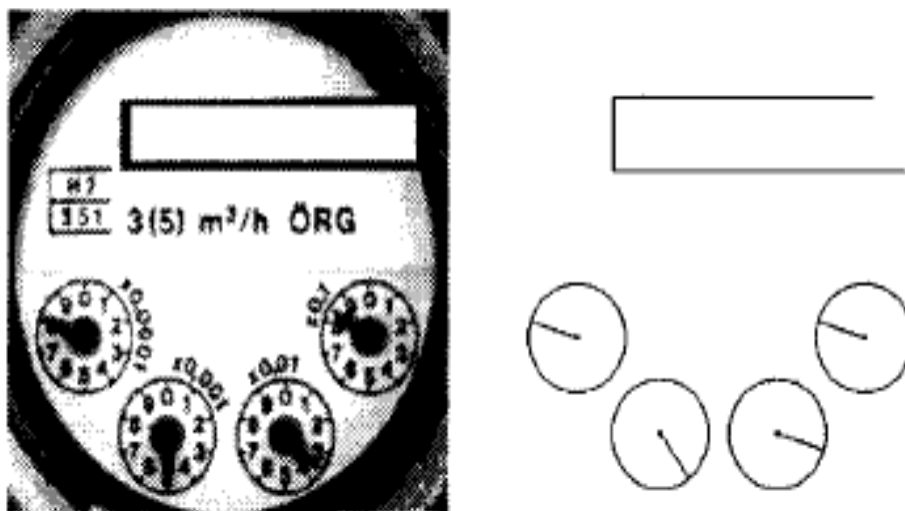
شده است.

^۱ Gradient

^۲ Grayscale

رابت و همکارانش، روش پیشنهادی خود را روی ۴۰۰ تصویر تحت شرایط صنعتی آزمایش

نموده‌اند و ۵ درصد از تصاویر یعنی ۲۰ تصویر رد شده‌اند.



شکل (۲-۲): وسیله اندازه‌گیری و پارامترهای اندازه‌گیری شده

۳-۲ بازرسی اتوماتیک سنجنده‌های آنالوگ و دیجیتال در سیستم

بینایی ربات توسط موهان تریودی و سورش ماراپانه

موهان و همکارانش با توسعه ماژول مرتبط با دید، یک ربات توصیف محیط برای نظارت

خودکار با هدف تفسیر دقیق از صحنه با استفاده از عکس‌های صحنه به عنوان منبع اصلی ورودی که

این تفسیر می‌تواند در شکل‌های مختلف و در سطح‌های مختلف نمونه برداری ارائه شود طراحی

کرده‌اند. فرم مفید تفسیر ممکن است شامل نقشه مکانی اشیاء که به شکل‌های مختلف فیزیکی در

صحنه به صورت مستقل ظاهر می شوند و تشخیص داده می شوند و موقعیت دقیق این اشیاء با شد. مشکل اصلی این کار این است که عکسها، طرح و نقشه‌های دو بعدی از صحنه‌های واقعی سه بعدی هستند و ترکیبات بی حد و حصر منبع روشنایی صحنه و پارامترهای سنسور می‌تواند تاثیرهای زیادی بر روی مقدار ارزش عکس‌های گرفته شده بگذارد.

در این مقاله [۸] دو مسئله اصلی مد نظر قرار گرفته:

۱- تشخیص هدف کلی

۲- بررسی تخصصی هدف حاصل

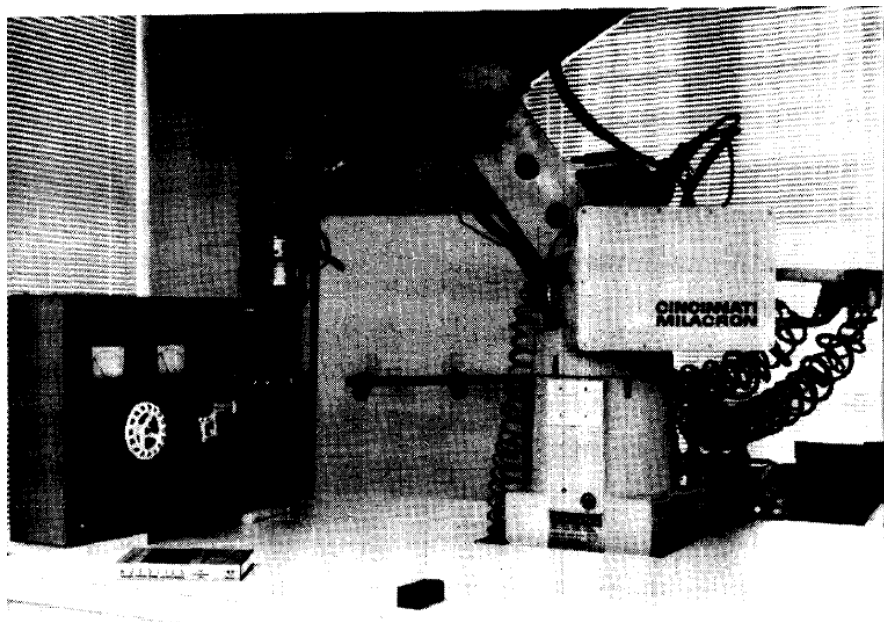
۲-۳-۱ دید ربات ناظر^۱ و هدایت خودکار

برای بهبود بخشیدن مشکل بالا، روشی مبتنی بر تقریب، در بینایی ماشین ارائه شده [۹] است. این روش نیاز به اطلاعاتی در مورد یک سری از مدل‌های وابسته به اشیاء که مطمئن هستیم در تصویر وجود دارند، دارد. ویژگی‌های مختلف از تصاویر ورودی با استفاده از عملگرهای سطح پایین استخراج می‌شوند، این عملگرها باید در استخراج اطلاعات معنی دار از اشیاء در تصویر قوی باشند. در نهایت یک تناظر بین تصویر حاصل شده از ویژگی‌ها و مدل‌های دامنه صحنه برای تشخیص اشیاء به

^۱ Robotic Inspection

دست می‌آید، و این تشخیص با استفاده از طرح‌های مختلف تصمیم‌گیری در سنجش تطابق انجام می‌شود.

ربات در مرحله اول موقعیت دقیق هندسی تابلو (شکل (۲-۳)) را با استفاده از یک برنامه کالیبراسیون^۱ دوربین تشخیص می‌دهد. سپس با استفاده از یک سیستم بینایی ماشین^۲، لایه‌ی نقشه موقعیت اشیاء را برای تجهیزات مختلفی که در تابلو وجود دارند بسط می‌دهد. دستور کار برای ربات این است که در صورتی که در میان چراغ‌های دو سطحی نمایش داده شده بر روی تابلو چراغی روشن شد سپس دستور ربات رمزگشایی و درخواست بازرسی و یا دستکاری وظیفه انجام شود.



شکل (۲-۳): ربات طراحی شده و تابلو مورد بررسی

^۱ Calibration

^۲ Machine Vision

استحکام و سهولت در بسط به جای ایجاد تغییرات در محیط کار دو ویژگی کلیدی هدایت توسعه سیستم بینایی است. این سیستم به دو بخش اساسی تقسیم می شود. بخش اول شامل روش کلی برای کالیبراسیون دوربین، تهیه تصویر، تهیه اطلاعات، تقسیم بندی تصویر، تطبیق و حرکت بازوهای ربات است. بخش دوم شامل روشی برای تعیین وضعیت اشیای خاص مانند سنجنده های آنالوگ طراحی شده است.

۲-۳-۲ تشخیص وضعیت اشیاء

بسته به نوع و ماهیت شیء، دوربین نصب شده روی بازوی ربات برای گرفتن عکس هایی با استفاده از هندسه مشاهده متعامد حرکت می کند. این عکس ها برای تشخیص وضعیت اشیاء پردازش می شوند.

به منظور محاسبه برای تغییرات در دستور کار نیاز به کسب اطلاعات اضافه برای به روز رسانی اطلاعات پایه و تلفیق با روال مناسب برای تشخیص اطلاعات وضعیت اشیای جدیدی که در اطلاعات پایه اضافه می شوند است.

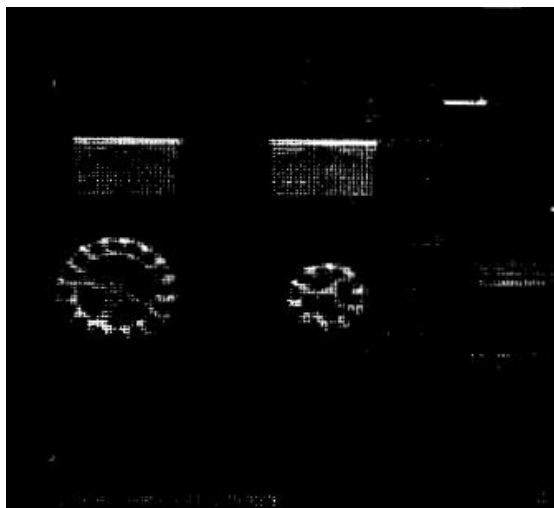
در این مقاله شناخت وضعیت سه نوع شیء در نظر گرفته شده است. که آنها شامل دو نوع نمایشگر آنالوگ و یک نمایشگر دیجیتال است. وقتی که اشیاء با استفاده از مدل تشخیص اشیاء شناسایی شوند، سپس نیاز به یک پردازش برای تشخیص وضعیت آنها دارند. الزامات مقدماتی

تشخیص دهنده اشیاء، توانمندی، دقت و سرعت آن است. ترکیب محدود اطلاعات قبلی از اشیاء تا حد زیادی به کسب اطلاعات در مورد این الزامات کمک می‌کند.

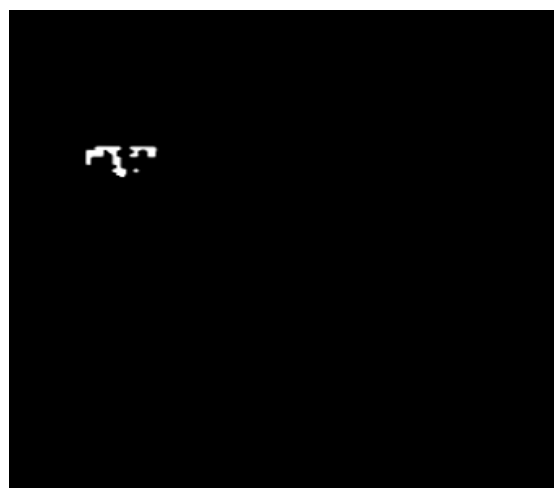
کار اصلی در خواندن نمایشگر آنالوگ تشخیص زاویه عقربه آن نسبت به خط عمود است. هنگامی که این زاویه مشخص شد، اطلاع از زاویه چرخش کلی عقربه برای مقیاس کامل انحراف عقربه و طیف اندازه‌گیری، ما را قادر به خواندن آن می‌کند.

۳-۳-۲ خواندن نمایشگر آنالوگ نوع یک

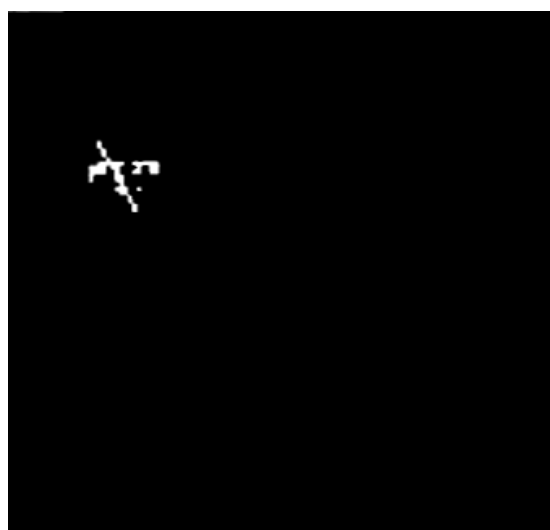
در این مقاله فرض شده است که شکل نمایشگر آنالوگ همانطور که در شکل (۲-۴) مشاهده می‌شود، نسبت به خط عمود متقارن، و نسبت به زاویه، خطی است. این فرضیات برای تعداد زیادی از تجهیزات آنالوگ صادق است. در این مرحله فرض شده است که نمایشگر آنالوگ نسبت به بقیه تصویر مجزا است و بقیه پردازش‌ها فقط در پنجره‌ای که شامل یک نمایشگر آنالوگ است صورت می‌گیرد. این رویکرد دارای دو مرحله است: مرحله اول استخراج لبه‌های تصویر است که در شکل (۲-۵) نمایش داده شده است. در این مقاله برای این کار آشکار ساز لبه مار [۱۰] انتخاب شده است. مرحله دوم پردازش تمامی ویژگی‌های خط‌ها با استفاده از یک پنجره پردازش است که در شکل (۲-۶) تصویر نهایی به دست آمده از این روش نمایش داده شده است. برای به دست آوردن ویژگی‌های خط در این مقاله از تبدیل هاف [۴] استفاده شده است.



شکل (۲-۴): تجهیزات آنالوگ موجود در تصویر



شکل (۲-۵): استخراج لبه‌های تصویر



شکل (۲-۶): بررسی تمامی خط‌ها و تشخیص عقربه

۲-۳-۴ خواندن نمایشگر آنالوگ نوع دو

در این نوع از نمایه شگر، عقربه بر یک انتهای خود نمی چرخد، بلکه عقربه در امتداد یک شکل

افقی حرکت می کند (شکل (۲-۷)). و خواندن آن نیاز به تشخیص موقعیت عقربه نسبت به لبه سمت

چپ شکل دارد (شکل (۲-۸) و (۲-۹)).

و برای خواندن آن نیاز به اطلاعات زیر داریم:

- طول کلی شکل مستطیلی L_s

- طیف اندازه گیری $X_f - X_o$

- موقعیت عقربه l_s

$$X_r = \frac{X_f - X_o}{L_s} l_s + X_o \quad (2 - 2)$$

در این معادله X_r عدد نمایش داده شده توسط گیج است.

از آنجایی که L_s و l_s را نمی توان از روی تصویر به دست آورد لذا با دوباره نویسی فرمول بالا به شکل

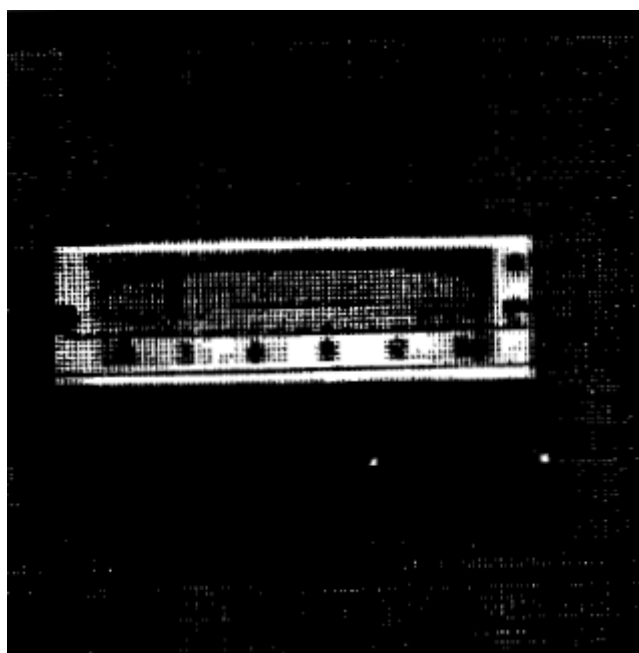
زیر می توان مقدار نشان داده شده را خواند.

$$X_r = \frac{X_f - X_o}{w} l_w + X_o - \text{error} \quad (2 - 3)$$

$$\text{error} = \frac{X_f - X_o}{w} l_o \quad (2 - 4)$$

در این معادله w طول پنجره مورد پردازش، lw موقعیت عقربه نسبت به لبه سمت چپ پنجره مورد

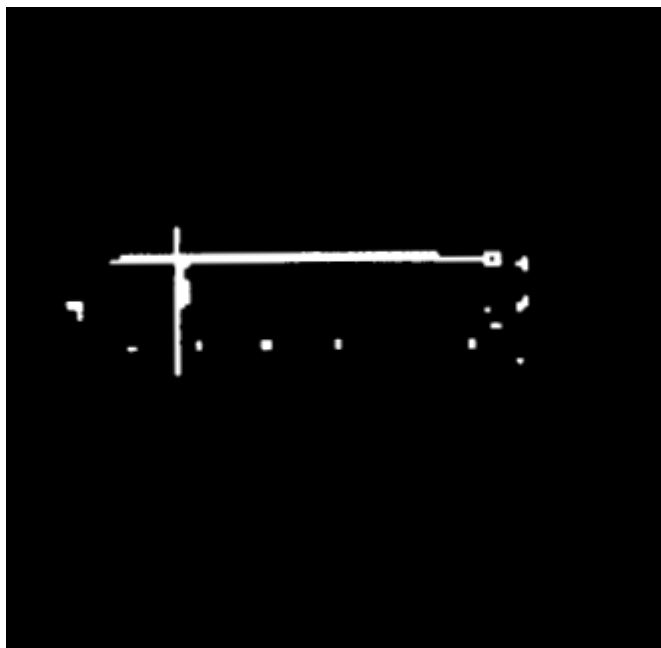
پردازش و lo موقعیت عقربه به هنگام نمایش عدد صفر است.



شکل (۲-۷): نمایشگر آنالوگ نوع دو



شکل (۲-۸): لبه‌های نمایشگر آنالوگ



شکل (۲-۹): موقعیت عقربه نمایشگر آنالوگ

۵-۳-۲ خواندن نمایشگر دیجیتال

این کار شامل دو مرحله تشخیص است. در مرحله اول اعداد باید تشخیص داده شوند و در

مرحله دوم اعداد اعشاری نسبت به اعداد صحیح تفکیک شوند.

برای تشخیص اعداد در این مقاله از توصیف فوریه^[۱۱] برای اندازه آنها و خواص ثابت

چرخشی آنها استفاده شده است. از آنجایی که بهترین راه برای تمیز قائل شدن بین اعداد لبه‌های

آنهاست در مرحله اول پردازش، لبه‌ها را استخراج می‌کنیم.

به منظور نشان دادن شکل ساختاری از اشیاء در یک فرم مناسب برای توصیف‌گر فوریه این

مرحله با یک فرایند نازک‌سازی ادامه پیدا می‌کند. در این مرحله، از اصلاح یافته الگوریتم ارائه شده

^۱ Fourier Descriptors

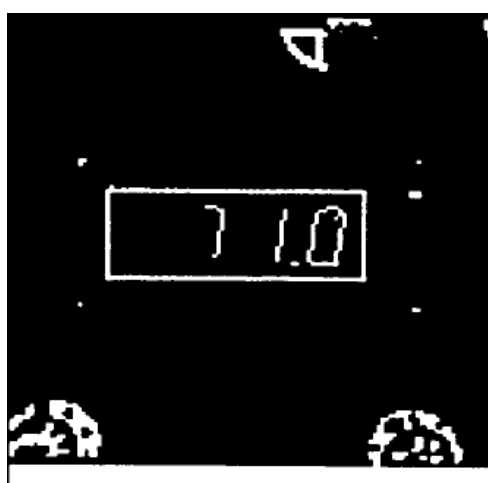
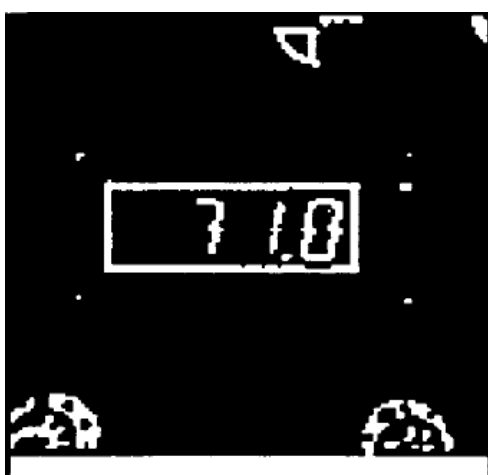
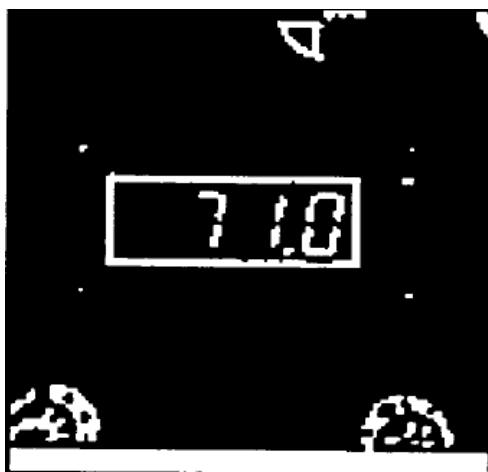
توسط ژانگ و سوئن [۱۲] برای به دست آوردن اسکلت^۱ لبه‌ها استفاده شده است. برای تشخیص اعداد نیاز است که در هر تصویر تنها یک عدد وجود داشته باشد.

در نمایشگر دیجیتال به صورت ۷ قسمتی^۲، ابتدا مانند تصویر نمایش داده شده در شکل (۲-۱۰) با یک پردازش برای تشخیص لبه‌ها، لبه‌های افقی و عمودی در تصویر مشخص می‌شوند. با توجه به تصویر متوجه می‌شویم که لبه‌های عمودی در بخش‌های جدا شونده نمایشگر ۷ قسمتی دارای گسستگی هستند، در ابتدا با گذاشتن یک آستانه مناسب برای فاصله‌ی میان لبه‌های گسسته، لبه‌هایی که به یکدیگر نزدیک هستند را به هم متصل می‌کنیم. سپس برای تشخیص اعداد آنها را با یک پایگاه داده شامل کلاس‌هایی از ده عدد موجود مقایسه و دسته‌بندی می‌کنیم و تصویری که برابر با هیچ کدام از دسته‌ها نباشد به عنوان شناخته نشده دسته‌بندی می‌شود. سپس کوچکترین مستطیل محاطی برای هر شیء را بدست می‌آورد و برای پیدا کردن اعداد اعشاری، هر مستطیل را با مستطیل سمت چپ و راست آن مقایسه می‌کند و کوچکترین مستطیل به عنوان نقطه نشان دهنده ممیز استفاده می‌شود.

به صورت تجربی این نتیجه به دست آمده است که برای اینکه پاسخ قابل اطمینانی داشته باشیم نمایشگر تشخیص داده شده باید حداقل ۱۵٪ از کل مساحت تصویر را اشغال کرده باشد.

^۱ Skeletonizing

^۲ Seven Segment



شکل (۲-۱۰): مراحل قرائت نمایشگر دیجیتال

۲-۴ سیستم بینایی ماشین برای خواندن نمایشگر آنالوگ توسط دنیلو

آلوز و گویلهرم آگوستو در سال ۲۰۰۸

در این مقاله [۱۳] با استفاده از روش لبه یاب کنی برای یافتن لبه‌های دستگاه نمایش آنالوگ و تبدیل هاف برای محلی سازی خط در صفحه نمایش آنالوگ و تشخیص زاویه انحراف عقربه به قرائت خودکار صفحه نمایش آنالوگ پرداخته اند.

۲-۴-۱ خواندن نمایشگرهای دیجیتال:

در ابتدا مسئله عکس برداری و محدود کردن عکس به یک بلوک^۱ مطرح است. هنگامی که یک تصویر اولیه از نمایشگر دیجیتال به دست می‌آید، کاربر باید با استفاده از ماوس^۲ محدوده مورد نظر از صفحه نمایش را مشخص کند.

در این محدود کردن تصویر باید بالا، پایین، چپ و راست هر عدد شناسایی شود و هرکدام از آنها به صورت جداگانه بررسی شود.

ابتدا عکس را به صورت دوسطحی در می‌آوریم زیرا که زمان کمتری برای پردازش نیاز دارد و عملکرد را نیز بهبود می‌بخشد. پس از دوسطحی سازی، عمل طرح صلیبی روی تصویر انجام می‌شود.

^۱ Block

^۲ Mouse

به این شکل که پیکسل‌های مشکی روی هر سطح و ستون به صورت نرمالیزه^۱ با هم جمع

می‌شوند. و نتیجه آن، عدد صفر یا عددی نزدیک به صفر برای ستون‌های جدا شده یا ابتدا و انتهای

سطرها و جاهایی که تعدادی پیکسل سیاه وجود دارد است (شکل (۲-۱۱)).

مقادیر کوچکتر از حد آستانه^۲ به عنوان نقطه جدایی بین اعداد در نظر گرفته می‌شود و هر

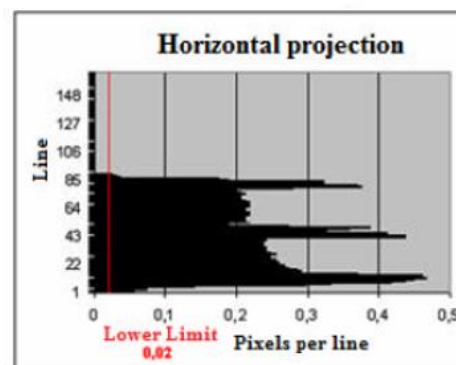
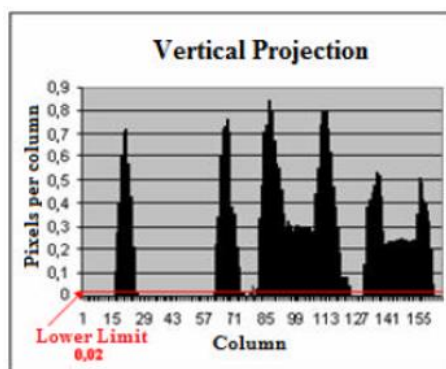
عدد به صورت جداگانه بررسی می‌شود. برای دسته بندی^۳ اعداد تشخیص داده شده در این مقاله از

یک روش مبتنی بر قسمت‌های فعال^۴ قسمتی استفاده شده است.

در هر عکس به صورت جداگانه قسمت‌های فعال تشخیص و ذخیره شده و در نهایت با توجه

به^۴ قسمتی استاندارد عددها بازیابی می‌شوند.

185



شکل (۲-۱۱): تصویر نمایشگر دیجیتال و عملگرهای عمودی و افقی اعمال شده بر آن

^۱ Normalize

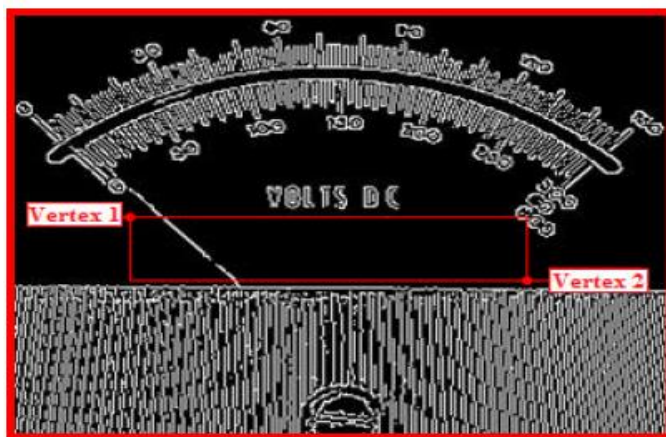
^۲ Threshold

^۳ Classification

۲-۴-۲ خواندن نمایشگرهای آنالوگ

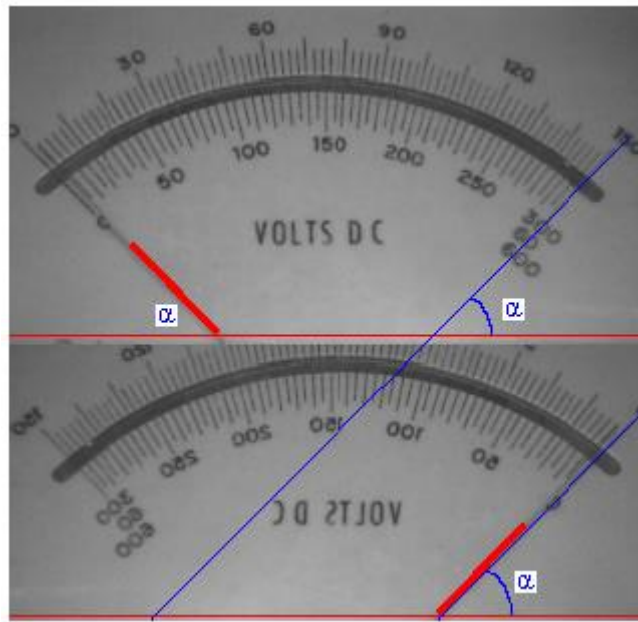
در خواندن گیج آنالوگ مهمترین مسئله تشخیص زاویه عقربه است. در این مرحله مانند حالت دیجیتال تصویر گیج آنالوگ توسط کاربر باید محدود به بازه نمایش نمایشگر و عقربه شود. سپس بر روی تصویر حاصل با استفاده از روش کنی^۱ لبه‌های موجود در تصویر استخراج می‌شوند و لبه با طول بیشتر به عنوان عقربه تلقی می‌شود (شکل (۲-۱۲)).

سپس با استفاده از تبدیل هاف موقعیت خطها را به دست آورده و با استفاده از عقربه تشخیص داده شده و دو مقدار ابتدا و انتهای طیف نمایشگر آنالوگ و به دست آوردن رابطه ریاضی بین آنها، مقادیر نشان داده شده قابل خواندن هستند. در برخی از نمایشگرها که متقارن هستند، تنها با داشتن نقطه ابتدا می‌توان نقطه انتها را تشخیص داد و روند قرائت آسان‌تر است (شکل (۲-۱۳)).



شکل (۲-۱۲): تصویر نمایشگر آنالوگ و لبه‌های استخراج شده از آن

^۱ Canny



شکل (۲-۱۳): عقربه تشخیص داده شده نمایشگر آنالوگ

۲-۵ تشخیص تصویرپنل ابزار دقیق در یک نیروگاه اتمی توسط جای

وان چو و کیونگ مین جیونگ در سال ۲۰۱۵

در سال ۲۰۱۵ در ژاپن با در نظر گرفتن حادثه نیروگاه هسته‌ای فوکوشیما و برای جلوگیری از خسارات جانی مشابه، روشی برای قرائت خودکار تجهیزات نمایش آنالوگ [۱۴] ارائه شد، که در این روش در ابتدا با استفاده از روش‌های پردازش تصویر، شکل کلی نمایشگر آنالوگ را تشخیص داده و سپس با محاسبه زاویه انحراف عقربه و مقایسه با نمایشگر مشابه موجود، عدد نشان داده شده را قرائت می‌کردند.

نمایشگرهای آنالوگ با خط‌های کوچک و باریک درجه بندی شده‌اند. در این مقاله برای خواندن

نمایشگرهای آنالوگ فرض‌های زیر در نظر گرفته شده است:

- نقطه مرکزی نمایشگر آنالوگ، مختصات مرکز یک بیضی است که با عکس برداری با دوربین از نمایشگر بدست آمده است.

- نقاط کمترین و بیشترین مقدار طیف نمایش نمایشگر در زیر مرکز دایره (بیضی) در راستای محور عمودی قرار دارند.

- نقطه کمترین مقدار طیف نمایش نمایشگر در کمترین نقطه در تصویر در راستای محور افقی قرار دارد.

- نقطه بیشترین مقدار طیف نمایش نمایشگر در بیشترین نقطه در تصویر در راستای محور افقی قرار دارد.

- شاخص عقربه نمایشگر آنالوگ در بین کمترین و بیشترین طیف نمایش آنالوگ قرار دارد.

عملیات پردازش تصویر برای قرائت نمایشگر آنالوگ در این مقاله دارای سه مرحله است:

- تشخیص مرکز نمایشگر در بیضی در تصویر دو بعدی

- جستجو برای تشخیص نقاط کمترین و بیشترین مقدار طیف نمایشگر و محاسبه طیف کلی آن

- تشخیص زاویه عقربه نمایشگر آنالوگ

مقدار نمایش داده شده توسط نمایشگر آنالوگ با استفاده از یک تناسب نسبت به طیف کلی نمایشگر محاسبه می‌شود. ابتدا یک آستانه بر تصویر اعمال می‌شود و سپس محل نمایشگر از تصویر به دست آمده از آن را درون یک بیضی متناسب با نمایشگر جای می‌دهیم. مرکز بیضی برابر با مرکز نمایشگر آنالوگ است (شکل (۲-۱۴)).

در این مقاله برای استخراج شکل نمایشگر و عقربه آن از یک ماسک دونات^۱ شکل استفاده شده است که این ماسک با پهنای ثابت از یک نمایشگر نمونه مرجع ساخته شده است. مرکز این ماسک را با مرکز بیضی تشخیص داده شده در تصویر تطبیق داده و شکل را استخراج می‌کنیم. سپس خط‌های موجود در شکل را به مرکز بیضی وصل کرده و زاویه و موقعیت این خط‌ها با توجه به فرضیات

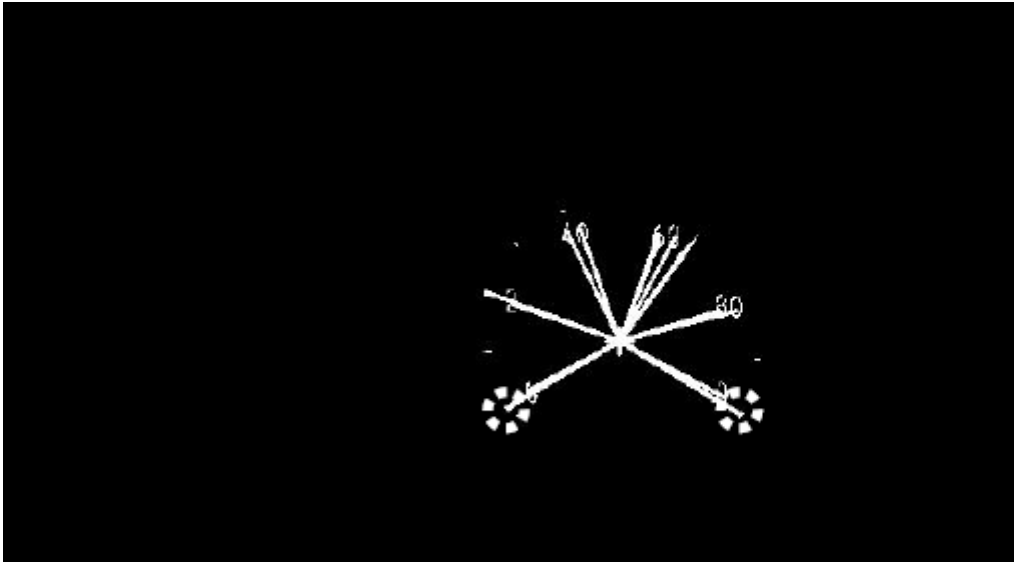


شکل (۲-۱۴): تشخیص مرکز نمایشگر آنالوگ

^۱ Donut

به دست می‌آیند. با توجه به زاویه کمترین طیف نمایشگر و زاویه عقربه نسبت به طیف کلی نمایشگر،

مقدار نمایش داده شده به دست می‌آید (شکل (۲-۱۵)).



شکل (۲-۱۵): تشخیص مقدار نمایش داده شده توسط نمایشگر آنالوگ

فصل سوم

مبانی نظری

در این فصل به توضیح تئوری روش ارائه شده پرداخته می‌شود. در این پایان‌نامه از

تکنیک‌های پردازش تصویر استفاده شده است که مبانی نظری هر کدام به صورت جداگانه در اینجا توضیح داده خواهد شد.

یکی از مراحل مقدماتی، باینری کردن تصاویر می‌باشد، که در این پایان‌نامه برای انتخاب حد

آستانه^۱ مناسب برای باینری کردن تصویر از آستانه‌گذاری به روش اتسو^۲ استفاده شده است که تئوری آن به این صورت می‌باشد.

۳-۱ آستانه گذاری اتسو

در این الگوریتم، هدف، بیشینه نمودن واریانس^۳ بین کلاسی است. این روش یک معیار رایج

برای آنالیز جداسازی آماری است. ایده پایه این است که کلاس‌هایی که به خوبی آستانه گذاری شده‌اند

باید از بقیه‌ی کلاس‌ها جدا شوند، و بالعکس یک آستانه بهترین جداسازی بین کلاس‌ها را براساس

شدت روشنایی آنها انجام می‌دهد. علاوه بر بهینه بودن، یک خاصیت مهم دیگر این روش این است که

از نظر محاسباتی تماماً روی هیستوگرام تصویر انجام می‌شود.

فرض کنید $\{0, 1, 2, \dots, L-1\}$ تعداد L سطح روشنایی متمایز در یک تصویر دیجیتال با ابعاد

^۱ Threshold

^۲ Otsu

^۳ Variance

$M \times N$ را مشخص کند و n_i تعداد پیکسل‌هایی باشد که شدت روشنایی i دارند. برای کل پیکسل -

$$M \times N = n_0 + n_1 + n_2 + \dots + n_{L-1}$$

هیستوگرام نرمالیزه شده در رابطه (۱-۳) نشان داده شده است:

$$\begin{cases} P_i = \frac{n_i}{MN} & i = 0, 1, 2, \dots, L-1 \\ \sum_{i=0}^{L-1} P_i = 1 & P_i \geq 0 \end{cases} \quad (1-3)$$

با انتخاب آستانه $0 < K < L-1$ می‌توان تصویر ورودی را به دو کلاس C_1 و C_2 تقسیم کرد. C_1

شامل تمام پیکسل‌های تصویر با شدت روشنایی در بازه $[0, K]$ و C_2 شامل تمام پیکسل‌های تصویر

در بازه $[K+1, L-1]$ می‌باشد. با استفاده از این آستانه، احتمال $P_1(K)$ (احتمال تعلق یک پیکسل

به کلاس C_1) به صورت رابطه (۲-۳) بیان می‌شود.

$$P_1(K) = \sum_{i=0}^K P_i \quad (2-3)$$

رابطه (۲-۳) در واقع احتمال رخ دادن کلاس C_1 است. به همین دلیل برای کلاس C_2 نیز رابطه احتمال

به صورت رابطه (۳-۳) می‌باشد.

$$P_2(k) = \sum_{i=k+1}^{L-1} P_i = 1 - P_1(k) \quad (3-3)$$

متوسط شدت روشنایی پیکسل‌های متعلق به هر کلاس نیز از روابط (۴-۳) و (۵-۳) محاسبه می‌شوند.

$$m_{\gamma}(k) = \frac{1}{P_{\gamma}(k)} \sum_{i=0}^k iP_i \quad (4-3)$$

$$m_{\gamma}(k) = \frac{1}{P_{\gamma}(k)} \sum_{i=k-1}^{L-1} iP_i \quad (5-3)$$

شدت روشنایی متوسط تصویر ورودی نیز از رابطه (۳-۶) محاسبه می‌شود.

$$m_G = \sum_{i=0}^{L-1} iP_i \quad (6-3)$$

به منظور ارزیابی مقدار آستانه در سطح k از مقدار نرمال شده‌ی آن، از کمیت بدون بعد در رابطه (۷-۳)

(۳) استفاده می‌کنیم.

$$\mu = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_G^2} \quad (7-3)$$

در رابطه (۲-۷) σ_G^2 واریانس سراسری است که از رابطه (۳-۸) محاسبه می‌شود،

$$\sigma_G^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - m_G)^2 P_i \quad (8-3)$$

و σ_B^2 واریانس بین کلاسی است که از رابطه (۳-۹) محاسبه می‌شود.

$$\sigma_B^2 = P_{\gamma}(m_{\gamma} - m_G)^2 + P_{\gamma}(m_{\gamma} - m_G)^2 \quad (9-3)$$

رابطه (۳-۹) می‌تواند به صورت رابطه (۳-۱۰) بازنویسی شود.

$$\sigma_B^2 = P_{\gamma}P_{\gamma}(m_{\gamma} - m_{\gamma})^2 = \frac{(m_G P_{\gamma} - m)^2}{P_{\gamma}(1 - P_{\gamma})} \quad (10-3)$$

با وارد کردن k در روابط و بازنویسی روابط می‌توان (۱۱-۳) و (۱۲-۳) را بدست آورد.

$$\mu(k) = \frac{\sigma_B^2(k)}{\sigma_G^2} \quad (11-3)$$

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[m_G P_1(K) - m(k)]^2}{P_1(K)[1 - P_1(k)]} \quad (12-3)$$

آستانه بهینه مقدار k^* ای است که به ازای آن عبارت $\sigma_B^2(k)$ را بیشینه کند.

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{0 \leq k < L-1} \sigma_B^2(k) \quad (13-3)$$

به عبارت دیگر برای یافتن k^* رابطه‌ی (۱۳-۳) را به ازای تمام مقادیر k ارزیابی کرده و مقداری

که بیشینه‌ی $\sigma_B^2(k)$ را نتیجه دهد، انتخاب می‌کنیم.

در نهایت آستانه‌گذاری را براساس معیار معرفی شده در رابطه (۱۴-۳) انجام می‌دهیم:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) > k^* \\ 0 & f(x, y) \leq k^* \end{cases} \quad (14-3)$$

در بخشی از تحقیق نیاز به یافتن خطوط تصویر داریم که با تبدیل هاف^۱ حاصل می‌شود.

۲-۳ تبدیل هاف

تبدیل هاف، الگوریتمی است که با استفاده از آن می‌توان اشکال مشخصی را در تصویر شناسایی

و جدا کرد. برای پیدا کردن یک شکل خاص با تبدیل هاف لازم است که آن شکل دارای فرم پارامتری

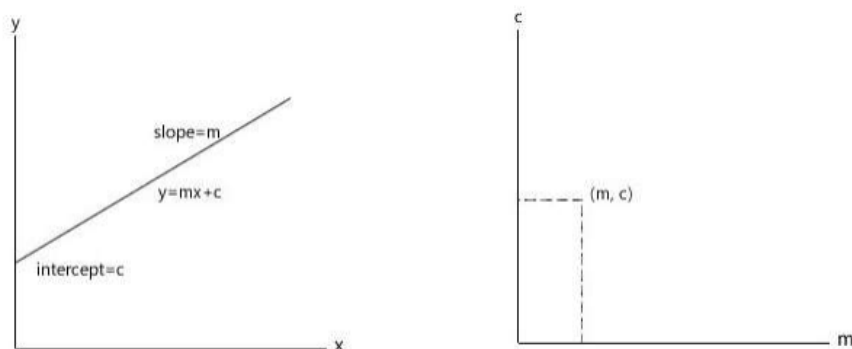
^۱ Hough Transform

مشخصی باشد به همین دلیل از تبدیل هاف معمولاً برای پیدا کردن اشکالی مثل خط، دایره و سهمی استفاده می‌شود.

۳-۲-۱ تبدیل هاف خطی

به کمک تبدیل هاف می‌توان شیب و محل تقاطع خطوط را تعیین کرد (شکل (۳-۱)). تبدیل

هاف به هر پیکسل تصویر اجازه می‌دهد که رای دهد و بخاطر ویژگی‌های ریاضی تبدیل، این رأی‌گیری^۱ به ما اجازه می‌دهد که خطوط بارز در تصویر را شناسایی کنیم.



شکل (۳-۱): تبدیل خط از فضای xy به نقطه در فضای پارامتر

همان‌طور که در شکل (۳-۱) نشان داده شده است، هر خط دو کمیت مختص به خود را دارد،

شیب^۲ و عرض از مبدا^۳، با این دو عدد ما می‌توانیم یک خط را بطور کامل بیان کنیم. بنابراین هر خط

در فضای XY برابر است با یک نقطه یکتا در فضای mc . همان‌طور که می‌دانید از یک نقطه، تعداد

^۱ Voting

^۲ Slope

^۳ Intercept

نامحدودی خط می‌تواند عبور کند، بنابراین برای هر خط گذرنده از (x_a, y_a) ، نقطه‌ای در فضای mc وجود خواهد داشت.

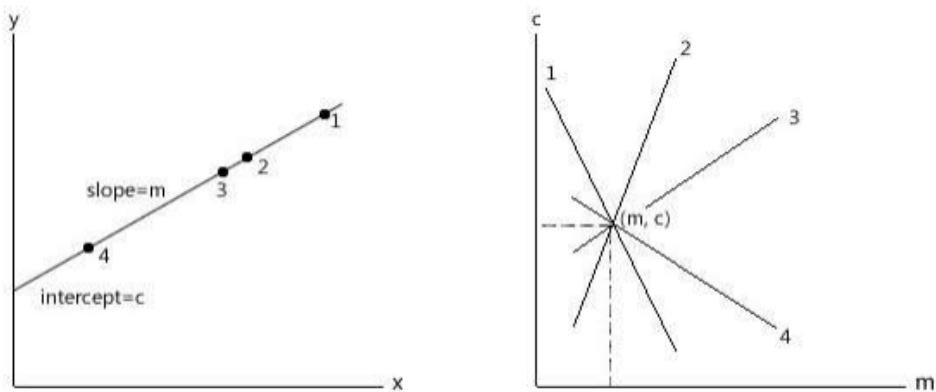
معادله خط گذرنده از (x_a, y_a) :

$$y_a = mx_a + c \quad (15-3)$$

با آرایش مجدد معادله فوق داریم:

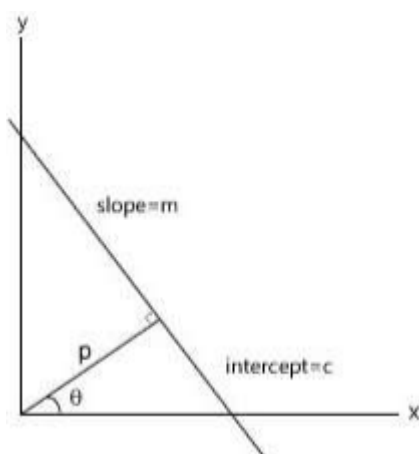
$$c = -mx_a + y_a \quad (16-3)$$

رابطه فوق، معادله یک خط در فضای mc می‌باشد. بنابراین یک نقطه در فضای XY برابر است با یک خط در فضای mc . یک خط آشکار شده از تصویر را در نظر بگیرید. برای هر نقطه غیر صفر روی این خط، خطوط در فضای mc را رسم می‌کنیم (شکل (۳-۲)). مسلماً برخی از خطوط همدیگر را قطع خواهند کرد. مکان این تقاطع‌ها، پارامترهای خط آشکار شده در فضای XY را نشان می‌دهند.



شکل (۳-۲): تبدیل چند نقطه از فضای پارامتر به چند خط در فضای xy

ایده اصلی تبدیل هاف مطالب فوق می‌باشد، اما این ایده یک ایراد واضح دارد و آن این است که ممکن است شیب خط بی‌نهایت شود، در این صورت استفاده از این تبدیل عملی نخواهد بود. این مشکل با استفاده از روش دیگری برای تعیین پارامتر حل می‌شود. یعنی به جای ترکیب شیب و عرض از مبدا^۱ خطوط، از ترکیب بردار نرمال استفاده می‌کنیم. در این نمایش، یک خط از ۲ پارامتر تشکیل می‌شود. زاویه θ و فاصله p که p طول بردار نرمال از مبدا تا خط می‌باشد و θ زاویه این بردار نرمال با محور x است (شکل (۳-۳)).



شکل (۳-۳): استفاده از نرمال و زاویه نرمال در تبدیل هاف

زاویه θ ، بین -90° تا 90° درجه می‌تواند باشد و مقدار طول p می‌تواند از صفر تا مقدار قطر تصویر باشد، محور افقی دارای $\theta = 0^\circ$ می‌باشد که p آن مثبت است. محور عمودی دارای $\theta = 90^\circ$ می‌باشد که p آن مثبت است و یا دارای $\theta = -90^\circ$ می‌باشد که p آن منفی است. توجه کنید که مبدا مختصات هاف، همان مبدا تصویر است.

^۱ Slope_intercept

در این نمایش، معادله خط به صورت زیر است:

$$p = x_1 \cos \theta + y_1 \sin \theta \quad (17-3)$$

که (x_1, y_1) نقطه‌ای است که خط از آن عبور می‌کند. با این رابطه جدید، یک خط در فضای xy

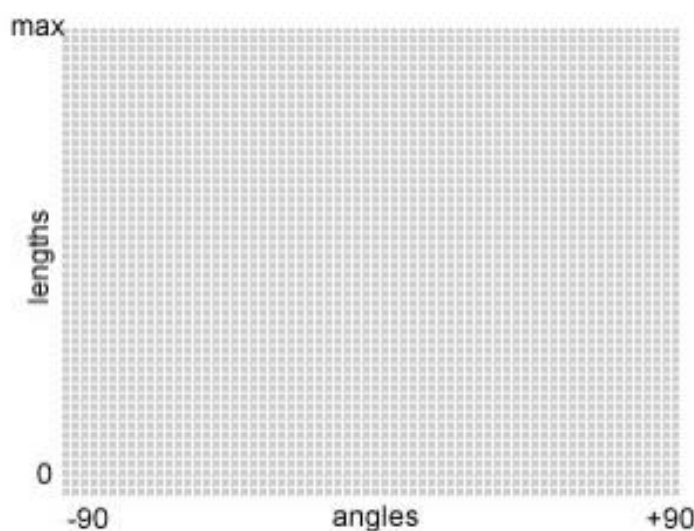
برابر است با یک نقطه در فضای $p\theta$ ، ولی یک نقطه در فضای xy برابر است با یک منحنی سینوسی در

فضای $p\theta$.

حال نوبت به پیاده‌سازی تبدیل هاف می‌باشد. ایده اصلی این است که هر پیکسل رأی دهد. بنابراین

آرایه‌ای از سلول‌های انباشتگر^۱ ایجاد می‌شود (شکل (۳-۴)). در اینجا آرایه دو بعدی در نظر گرفته شده

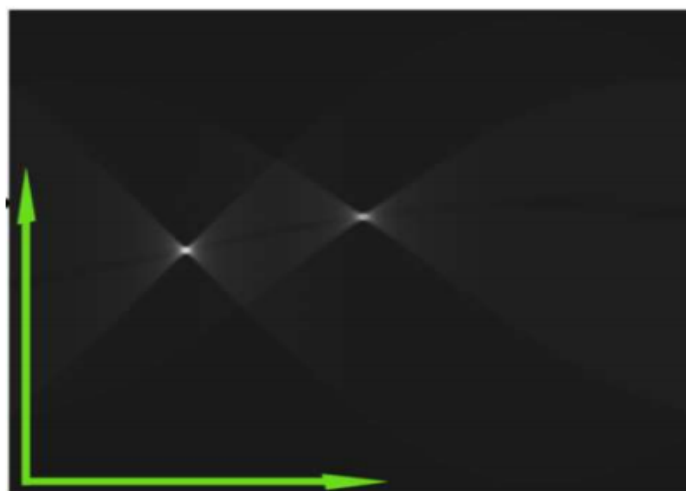
است. محور افقی مقادیر مختلف θ می‌باشد و محور عمودی مقادیر p .



شکل (۳-۴): ساخت انباشتگر فضای پارامتر در تبدیل هاف

^۱ Accumulator

هاف فقط روی تصاویر با لبه آشکار شده کار می‌کند. از پیکسل‌های دارای مقدار صفر صرف‌نظر می‌کنیم چون آن‌ها نمی‌توانند یک خط باشند. هر پیکسل غیر صفر روی لبه، یک منحنی سینوسی در فضای $p\theta$ تولید می‌کند. به این ترتیب که ابتدا θ را 90° -درجه گرفته و مقدار p متناظر با آن محاسبه می‌شود. این مقادیر محاسبه شده به سلول انباشتگر (θ, p) رأی می‌دهد. سپس مقدار θ را یک واحد افزایش داده و p بعدی را محاسبه کرده و باز رأی‌گیری انجام می‌شود. این فرآیند را ادامه می‌دهیم تا $\theta = 90^\circ$ شود و برای هر محاسبه، رأی‌گیری انجام داده می‌شود. دلیل استفاده از انباشتگر این است که از یک نقطه بی‌نهایت خط عبور می‌کند، بی‌نهایت اندازه‌گیری قابل انجام نیست. اکنون یک منحنی سینوسی مانند در فضای $p\theta$ برای هر پیکسل بدست آمده است. برخی از سلول‌ها تعداد زیادی رأی آورده‌اند. نقاطی که به این سلول رأی داده‌اند روی خطی با پارامترهای آن سلول قرار دارند (شکل ۵-۳).



شکل (۳-۵): یک تبدیل هاف نمونه

۲-۲-۳ تبدیل هاف دایره‌ای

دایره در مختصات کارتزین به صورت زیر بیان می‌شود:

$$r^2 = (x - a)^2 + (y - b)^2 \quad (۱۸ - ۳)$$

در مقایسه با خط، دایره در فضای پارامتری راحت‌تر بیان می‌شود (شکل (۳-۶)) زیرا پارامترهای دایره

مستقیم می‌تواند به فضای پارامتری ارسال شود. در رابطه (۱۸-۳) a و b مختصات مرکز دایره در راستای

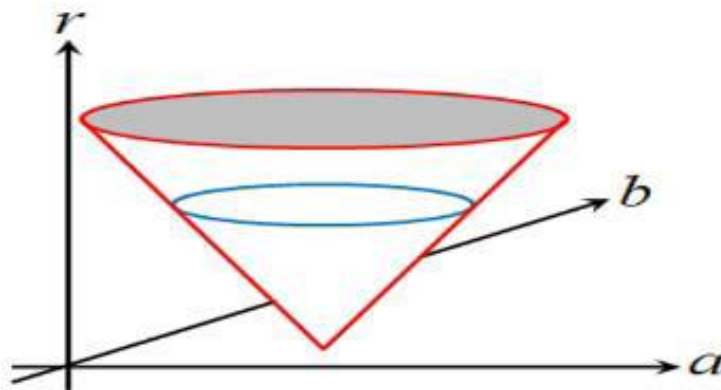
محورهای X و Y و شعاع دایره است. نمایش پارامتری رابطه (۱۸-۳) به صورت زیر است:

$$x = a + r \cdot \cos \theta \quad (۱۹ - ۳)$$

$$y = b + r \cdot \sin \theta \quad (۲۰ - ۳)$$

کاملاً واضح است که فضای پارامتر مربوط به دایره R^3 بوده درحالی که فضای پارامتری خط R^2

است. چون با افزایش پارامترهای مورد نیاز برای تعریف شیء مورد نظر، ابعاد R فضای پارامتری افزایش

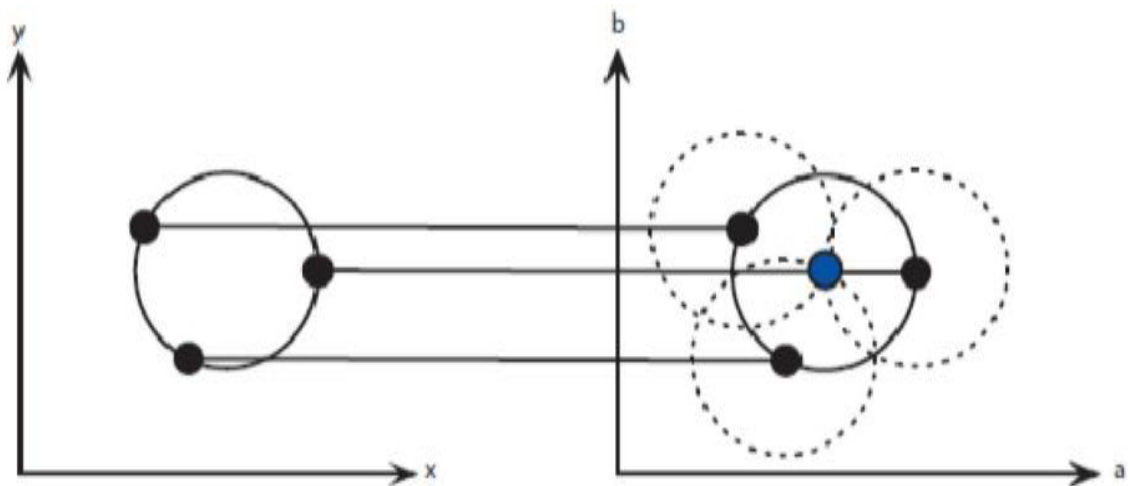


شکل (۳-۶): فضای پارامتری دایره پس از تبدیل هاف

می‌یابد، تبدیل هاف پیچیده‌تر خواهد شد. برای ساده سازی فضای پارامتری دایره، شعاع به صورت یک عدد ثابت در این فضا ثبت می‌شود [۱۵].

فرآیند یافتن دایره در یک تصویر به کمک تبدیل هاف به صورت زیر است:

ابتدا تمامی لبه‌ها در تصویر مشخص می‌شوند. این بخش ارتباطی به تبدیل هاف ندارد و هر تکنیک تشخیص لبه دلخواه مثل سوبل یا کنی یا هر تکنیک دیگر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد [۱۶].



شکل (۷-۳): تبدیل دایره‌ای از فضای $x-y$ (چپ) به فضای پارامتری (راست) که برای شعاع ثابت انجام شده است

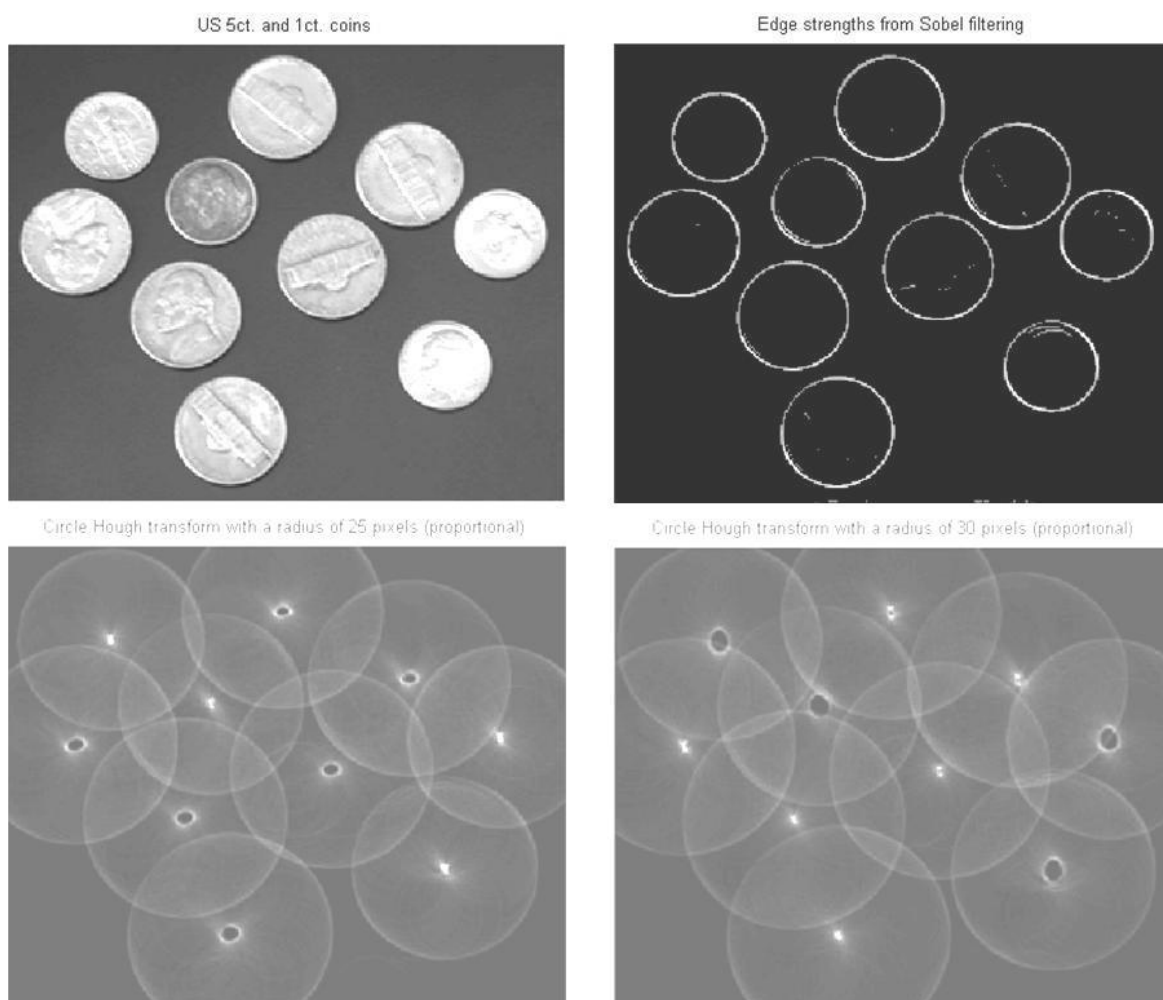
سپس در هر نقطه لبه، یک دایره به مرکزیت نقطه مورد نظر با شعاع دلخواه ترسیم می‌شود (شکل (۷-۳)).

این دایره در فضای پارامتری طوری ترسیم می‌شود که محور x مولفه a و محور y مولفه b و محور z

شعاع دایره را مدل می‌کند. در مختصات که متعلق به محیط دایره ترسیم شده هستند، مقدار ماتریس

انباره که اندازه‌ای برابر با فضای پارامترها دارد، افزایش داده می‌شود. بدین طریق تمامی نقاط لبه تصویر

اصلی با ترسیم دایره‌های به شعاع دلخواه و افزایش مقادیر در انباره، بررسی می‌شوند. پس از این، انباره شامل اعدادی است که بیانگر تعداد دایره‌های عبورکننده از یک مختصات منحصر به فرد است (شکل ۸-۳)؛ بنابراین اعداد بزرگتر که به صورت هوشمند با توجه به شعاع انتخاب می‌شوند، متناظر با مراکز دایره‌های در تصویر اصلی می‌باشند.



شکل (۳-۸): مثالی از نحوه عمل انباره با داده واقعی که تبدیل هاف را برای دو شعاع نشان میدهد [۱۷]

۳-۳ عملگرهای ریخت شناسی

یکی از مهم‌ترین مراحل در پیش پردازش تصویر، پردازش ریخت شناسی^۱ می‌باشد. پردازش ریخت شناسی عموماً از عملگرهای مجموعه‌ای استفاده می‌کند. ابتدا به تعریف عملگرهای مجموعه‌ای پایه پرداخته می‌شود.

۳-۳-۱ عملگرهای مجموعه‌ای پایه

این عملگرها شامل عملگر اجتماع، اشتراک و تفاضل دو مجموعه می‌باشد. اگر هر تصویر باینری یک مجموعه در نظر گرفته شود:

اجتماع دو تصویر باینری هم اندازه، تصویری خواهد بود که در این تصویر هر پیکسلی که در تصویر اول یا دوم یا هر دو مقدار ۱ داشته باشد، مقدار ۱ خواهد داشت. برای پیاده سازی عملگر اجتماع برای دو تصویر باینری، می‌توان پیکسل‌های متناظر را در دو تصویر باهم OR بیتی کرد.

اشتراک دو تصویر باینری هم اندازه، تصویری خواهد بود که در این تصویر هر پیکسلی که در تصویر اول و دوم مقدار ۱ داشته باشد، مقدار ۱ خواهد داشت. برای پیاده‌سازی عملگر اشتراک برای دو تصویر باینری، می‌توان پیکسل‌های متناظر را در دو تصویر باهم AND بیتی کرد.

^۱ Morphology

تفاضل دو تصویر باینری هم اندازه، تصویری خواهد بود که در این تصویر پیکسل‌هایی از تصویر

اول با مقدار ۱ که در تصویر دوم مقدارشان ۱ نباشد یا برعکس، مقدار ۱ خواهند داشت.

همچنین عملگر مکمل نیز عملگری است که پس از اعمال آن بر روی تصویر باینری، در تصویر

حاصل شده، مقادیر ۱ به ۰ و مقادیر ۰ به ۱ تغییر می‌یابند. برای پیاده‌سازی عملگر مکمل می‌توان هر

پیکسل از تصویر باینری را NOT بیتی کرد.

۲-۳-۳ عملگر قرینه^۱

قرینه برای تصویر A بدین معنی است که تمام پیکسل‌ها نسبت به مرکز تصویر قرینه شوند.

$$\text{reflection}(A) = \{w | w = -b, b \in B\} \quad (۲۱ - ۳)$$

۳-۳-۳ عملگر گسترش^۲

همانطور که از نام آن پیداست، باعث گسترش نقاط ۱ در تصویر می‌شود. در عملگر گسترش

از یک ماسک (پنجره) استفاده می‌شود که این ماسک عنصر ساختاری^۳ نامیده می‌شود که مقادیر آن

می‌توانند ۱ یا ۰ باشند. گسترش تصویر A با عنصر ساختاری B به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$A \oplus B = \{w | \text{reflection}(B) \cap A \neq \text{NULL}, w \in A\} \quad (۲۲-۳)$$

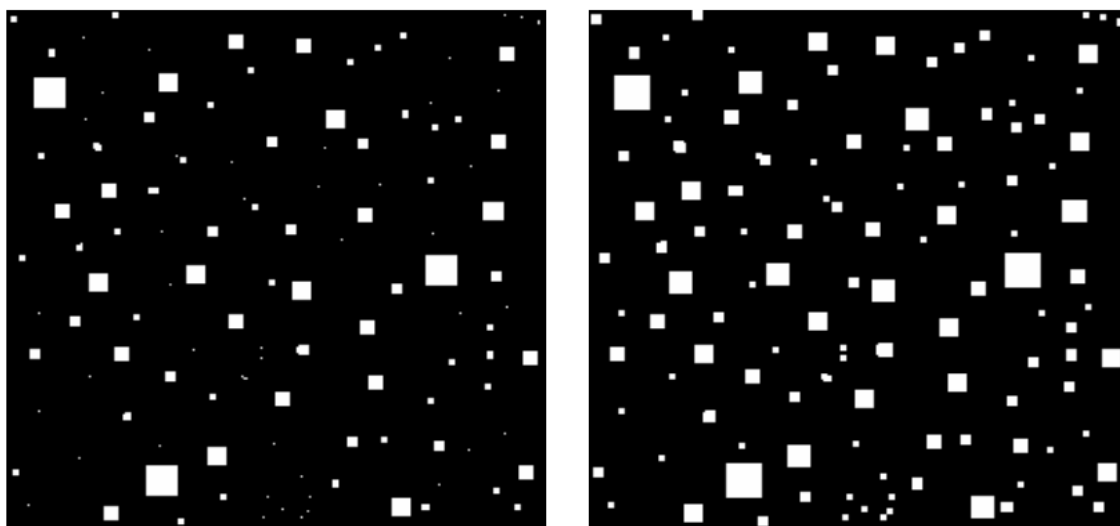
^۱ Reflection

^۲ Dilation

^۳ Structure Element

به عبارت دیگر گسترش A با عنصر ساختاری B بدین معنی است که اگر عنصر ساختاری B را بر روی پیکسل‌های A حرکت دهیم، و در هر بار حرکت، اشتراک عنصر ساختاری با محدوده زیر عنصر ساختاری در تصویر A تهی نباشد، مقدار پیکسل مرکزی که عنصر ساختاری بر روی آن قرار گرفته است، برابر ۱ خواهد شد.

شکل (۹-۳) خروجی تصویر را پس از گسترش تصویر با یک عنصر ساختاری 3×3 که همه عناصر آن ۱ است را نشان می‌دهد.



شکل (۹-۳): تصویر اصلی (چپ) و گسترش یافته آن (راست)

۳-۳-۴ عملگر سایش^۱

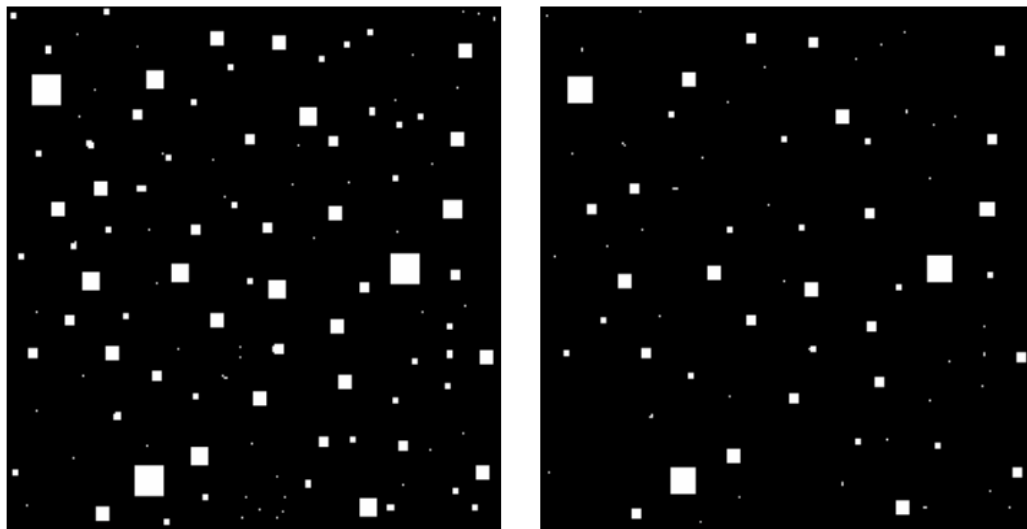
همانطور که از نام آن پیدا است، باعث سایش نقاط ۱ در تصویر می‌شود. همانند عملگر گسترش، در عملگر سایش نیز از یک عنصر ساختاری استفاده می‌شود که مقادیر عنصر ساختاری ۱ یا ۰ می‌تواند

^۱ Erosion

باشد. به ازای هر پیکسل مرکز عنصر ساختاری روی پیکسل قرار داده شده و عملگر سایش با توجه به مقادیر عنصر ساختاری در مورد آن پیکسل اعمال می‌شود. سایش تصویر A با عنصر ساختاری B به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$A \ominus B = \{w | (B) \subseteq A, w \in A\} \quad (۲۳-۳)$$

شکل (۱۰-۳) خروجی تصویر را پس از سایش تصویر با یک عنصر ساختاری $۳*۳$ که همه عناصر آن ۱ است را نشان می‌دهد.



شکل (۱۰-۳): تصویر اصلی (چپ) و سایش یافته آن (راست)

۵-۳-۳ عملگر باز کردن

اعمال عملگر باز کردن بر روی تصویر باینری موجب می‌شود تا اتصالات باریک تصویر حذف شده و تصویری آرام‌تر به دست آید. باز کردن تصویر از ترکیب عملگر سایش و گسترش و به صورت زیر

به دست می‌آید:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (۲۴ - ۳)$$

شکل (۱۱-۳) خروجی تصویر را پس از اعمال عملگر بازکردن نشان می‌دهد:



شکل (۱۱-۳): تصویر اصلی (راست) و باز شده‌ی آن (چپ)

۳-۳-۶ عملگر بستن

اعمال عملگر بستن بر روی تصویر باینری موجب می‌شود تا حفره‌های کوچک تصویر

پرشوند. بستن تصویر از ترکیب عملگر سایش و گسترش و به صورت زیر به دست می‌آید:

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \quad (۲۵ - ۳)$$

شکل (۱۲-۳) خروجی تصویر را پس از اعمال عملگر بستن نشان می‌دهد:



شکل (۳-۱۲): تصویر اصلی (راست) و بسته شده‌ی آن (چپ)

۳-۳-۷ عملگر top hat

ترکیب تفریق تصاویر با گشودن و بستن، منجر به تبدیل مشهور به top hat می‌شود.

تبدیل top hat یک تصویر سایه خاکستری f به صورت f منهای گشوده آن تعریف می‌شود:

$$T(f) = f - (f \circ b) \quad (۳ - ۲۶)$$

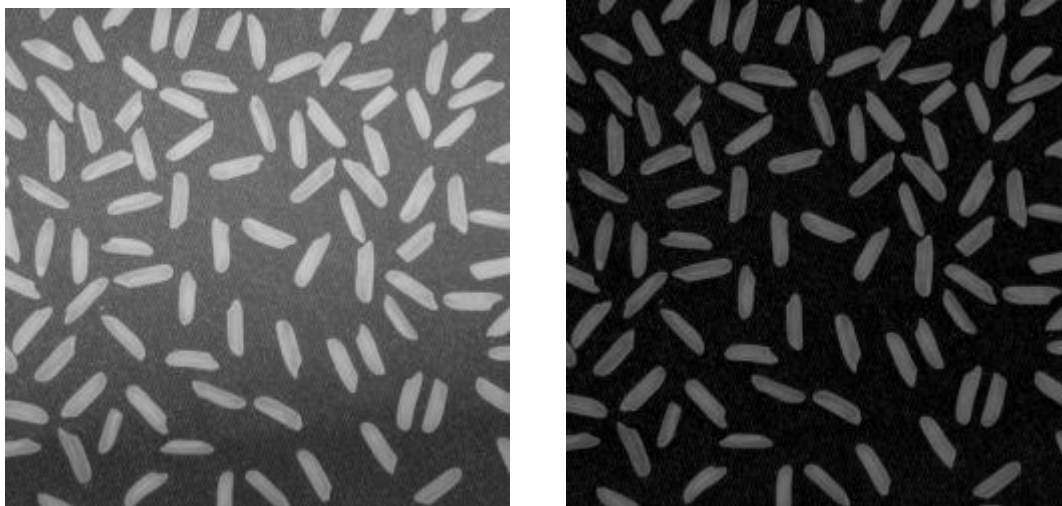
یک از کاربردهای اصلی این تبدیل در حذف اشیاء از یک تصویر با استفاده از جزء ساختاری

در عملیات گشودن یا بستن است که مناسب اشیاء حذف شونده نمی‌باشد. پس عملیات تفاضل موجب

تصویری می‌شود که تنها اجزاء حذف شده در آن باقی می‌مانند.

یک کاربرد مهم این تبدیل، تصحیح آثار نورپردازی غیر یکنواخت است (شکل (۳-۱۳)). تبدیل

tophat برای اشیاء نورانی در یک پس زمینه تاریک به کار می‌رود.



شکل (۳-۱۳): تصویر اصلی (چپ) و تصویر بعد از اعمال *tophat* (راست)

۳-۳-۸ روش لبه یاب کنی

این روش برای پیدا کردن لبه‌ها در جاهایی که شدت سطح خاکستری سریعاً تغییر کرده است استفاده

می‌شود. این روش دارای قدرت زیادی در آشکارسازی لبه است.

روش کنی بر اساس سه موضوع اصلی استوار است:

- نرخ خطای پایین: همه لبه‌ها باید پیدا شوند و هیچ لبه‌ی کاذبی نباید پیدا شود.
 - نقاط لبه بایستی به درستی تعیین شوند: مکان لبه‌ها باید تا حد امکان به لبه‌های اصلی نزدیک باشند.
 - نقطه لبه منحصر به فرد: آشکارساز بایستی تنها یک نقطه برای هر نقطه لبه واقعی برگرداند.
- در این روش ابتدا تصویر با یک فیلتر گوسی نرم شده تا اثر نویز تصویر از بین برود، فرض کنید

$F(x, y)$ تصویر ورودی و $G(x, y)$ تابع گوسی باشد:

$$G(x, y) = e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (27 - 3)$$

یک تصویر هموار شده $F_s(x, y)$ را به وسیله‌ی کانولوشن G و F به دست می‌آورد:

$$f_s(x, y) = G(x, y) * F(x, y) \quad (28 - 3)$$

سپس اندازه و جهت (زاویه) تابع گرادیان در هر نقطه محاسبه می‌شود تا نواحی با تغییرات بالا را پیدا

کند:

$$M(x, y) = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \quad (29 - 3)$$

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left[\frac{g_y}{g_x} \right] \quad (30 - 3)$$

که در این معادلات داریم:

$$g_x = \frac{\partial f_s}{\partial x} \quad (31 - 3)$$

$$g_y = \frac{\partial f_s}{\partial y} \quad (32 - 3)$$

نقاط لبه‌ای که در مرحله بالا تعیین شدند به توان می‌رسند تا در تصویر گرادیان برآمده

شوند این الگوریتم در امتداد قله‌ی (بالای) این برآمدگی‌ها حرکت می‌کند و تمام پیکسل‌هایی که در

قله برآمدگی قرار ندارند صفر می‌کند و در نتیجه یک خط نازک در خروجی ایجاد می‌شود، این فرآیند حذف نقاط غیر ماکزیمم نام دارد.

عملیات نهایی استفاده از آستانه به منظور کاهش نقاط لبه‌ی نادرست است. روش کنی با آستانه هیستریزس تلاش در رفع این خطاها دارد. آستانه هیستریزس شامل دو آستانه T_L و T_H برای حد پایین و بالای آستانه است.

پیکسل‌هایی که از حد آستانه بالا بیشتر باشند به عنوان نقاط لبه قوی در نظر گرفته شده و پیکسل‌هایی که بین دو آستانه پایین و بالا قرار می‌گیرند به عنوان نقاط لبه ضعیف در نظر گرفته می‌شوند.

به صورت خلاصه، روش آشکار ساز کنی شامل مراحل زیر است:

- هموار سازی تصویر ورودی با یک فیلتر گوسی
- محاسبه‌ی تصاویر اندازه و زاویه‌ی گرادیان
- اعمال حذف غیر بیشینه‌ها بر تصویر اندازه گرادیان
- استفاده از تحلیل اتصالات و آستانه گذاری دوگانه برای آشکارسازی و اتصال لبه‌ها

۳-۴ شبکه عصبی MLP

شبکه (MLP) مجموعه ای از نورون ها است که در لایه مختلفی پشت سر هم قرار گرفته اند. مقادیر ورودی پس از ضرب در وزن های موجود در گذر گاه های بین لایه ها به نورون بعدی رسیده و در آن جا با هم جمع می شوند و پس از عبور از تابع شبکه مربوطه خروجی نورون ها را تشکیل می دهند. در پایان خروجی به دست آمده با خروجی مورد نظر مقایسه شده و خطای به دست آمده جهت اصلاح وزن های شبکه به کار می رود ، این امر اصطلاحاً آموزش شبکه عصبی نامیده می شود.

۳-۴-۱ قاعده فراگیری MLP

قاعده فراگیری پرسپترون چند لایه را قاعده کلی دلتا^۱ یا قاعده پس انتشار^۲ می گویند. این عناوین در سال ۱۹۸۶ توسط رومل هارت ، مک کلند و ویلیامز پیشنهاد شده اند. آنها اولین گروهی بودند که نه تنها قاعده فراگیری پرسپترون را به طور مستقل کشف کردند بلکه با ترکیب آن ها پرسپترون چند لایه را ایجاد نمودند. کتاب آن ها به نام پردازش توزیع شده موازی^۳ یکی از مهم ترین منابع این حوزه علمی می باشد.

^۱ Delta rule

^۲ Backpropagation

^۳ Parallel Distributed Processing

نحوه عمل پرسپترون چند لایه ای مشابه پرسپترون تک لایه ای است. به این صورت که الگویی

به شبکه عرضه می شود و خروجی آن محاسبه می گردد، مقایسه خروجی واقعی و خروجی مطلوب

باعث می گردد که ضرایب وزنی شبکه تغییر یابد به طوری که در مراحل بعد خروجی صحیح تری حاصل

شود. وقتی به شبکه آموزش ندیده ای الگویی را عرضه می کنیم، خروجی های تصادفی تولید می کند.

ابتدا باید تابع خطایی را تعریف کنیم که تفاوت خروجی واقعی و خروجی مطلوب را نشان دهد. از آن

جایی که خروجی مطلوب را می دانیم این نوع فراگیری را فراگیری با نظارت^۱ می نامیم.

برای موفقیت در آموزش شبکه باید خروجی آن را به تدریج به خروجی مطلوب نزدیک کنیم.

به عبارت دیگر باید میزان خطا را کاهش دهیم. برای رسیدن به هدف از قانون دلتا استفاده می کنیم.

^۱ Supervised learning

فصل چهارم

روش پیشنهادی

در این فصل به تفکیک ، به توضیح روش پیشنهادی برای قرائت خودکار سنجنده‌های آنالوگ و سنجنده-های شبه دیجیتال می‌پردازیم.

۴-۱ روش پیشنهادی برای قرائت خودکار سنجنده‌های آنالوگ

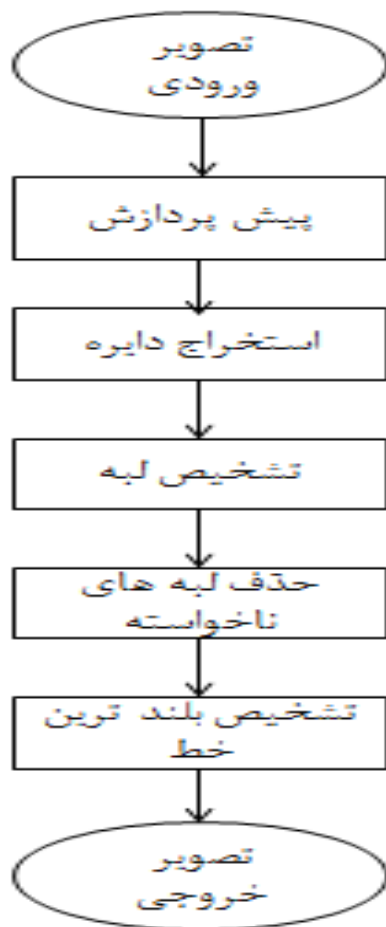
۴-۱-۱ مقدمه

قرائت خودکار سنجنده‌های آنالوگ نقش بسیار مهمی در کاربردهای مختلف صنعتی مانند استخراج اطلاعات توسط ماشین و اتوماسیون برای حذف نیروی انسانی و کاهش خطرهای جانی و همچنین کاهش خطاهای انسانی دارد.

در روش پیشنهادی راهکاری برای قرائت سنجنده‌های آنالوگ دایره‌ای شکل با شرایط عکس برداری از روبه‌رو مورد بررسی قرار گرفته است. در ابتدا با استفاده از فیلتر wiener و ماسک unsharp یک عمل پیش پردازش روی تصاویر انجام داده و سپس اشکال دایره‌ای موجود در تصویر که بیانگر سنجنده آنالوگ است را استخراج می‌کنیم. با کمک روش کنی لبه‌های تصویر را بدست می‌آوریم. با در نظر گرفتن ساختار نمایشگر آنالوگ به حذف لبه‌های ناخواسته پرداخته و با استفاده از تبدیل هاف بلندترین خط که نشانگر عقربه‌ی سنجنده است را استخراج می‌کنیم.

بلوک دیاگرام الگوریتم پیشنهادی در شکل (۴-۱) آورده شده است که در ادامه به توضیح مراحل آن

می‌پردازیم.



شکل (۴-۱): بلوک دیاگرام الگوریتم پیشنهادی

۴-۱-۲ پیش پردازش

ابتدا پس از تبدیل تصویر رنگی به تصویری با سطوح خاکستری، برای برجسته کردن لبه‌ها با استفاده از فیلتر Wiener و ماسک Unsharp یک عمل پیش پردازش بر روی تصویر انجام می‌دهیم. ماسک Unsharp باعث برجسته شدن تصویر و به دنبال آن آشکار تر شدن لبه‌های تصویر می‌شود و فیلتر Wiener یک فیلتر پایین گذر می‌باشد که باعث نرم شدن تصویر بجز مکان‌هایی از تصویر که در

آنجا لبه وجود دارد، می‌شود. خروجی این پیش پردازش تصویری نرم شده (شکل ۴-۲) با لبه‌های برجسته

می‌باشد که باعث بهبود تشخیص لبه تصویر می‌شود.



(الف)



(ب)

شکل (۴-۲): (الف) تصویر اصلی. (ب) تصویر بدست آمده بعد از پیش پردازش

۳-۱-۴ استخراج دایره

ابتدا با استفاده از تبدیل هاف دایره‌ای، دایره موجود در تصویر که بیانگر صفحه نمایش سنجنده

آنالوگ است را پیدا کرده و سپس با استفاده از مختصات مرکز دایره، و اندازه شعاع آن، صفحه نمایش

سنجنده آنالوگ را برای اعمال پردازش‌های بعدی از تصویر جدا می‌کنیم (شکل ۳-۴)



(الف)



(ب)

شکل (۳-۴): (الف) تصویر پیش پردازش شده. (ب) صفحه نمایش سنجنده

استخراج شده از تصویر

۴-۱-۴ تشخیص لبه

در این مرحله با استفاده از روش لبه یاب کنی، لبه‌های موجود در تصویر صفحه نمایشگر

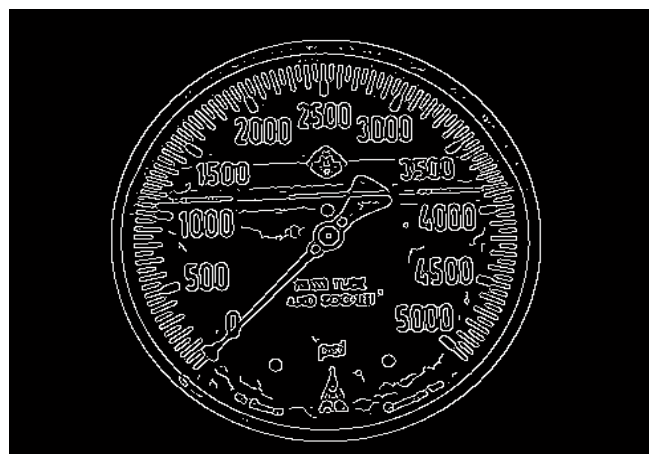
سنجنده آنالوگ را به دست می‌آوریم.

این لبه‌ها شامل خطوط کوچک نشان دهنده درجه بندی محدوده اندازه گیری سنجنده آنالوگ،

حروف درج شده در صفحه نمایشگر سنجنده، و عقربه‌ی سنجنده آنالوگ می‌باشد. (شکل (۴-۴))



(الف)



(ب)

شکل (۴-۴) (الف) تصویر صفحه سنجنده آنالوگ. (ب) تصویر لبه‌های

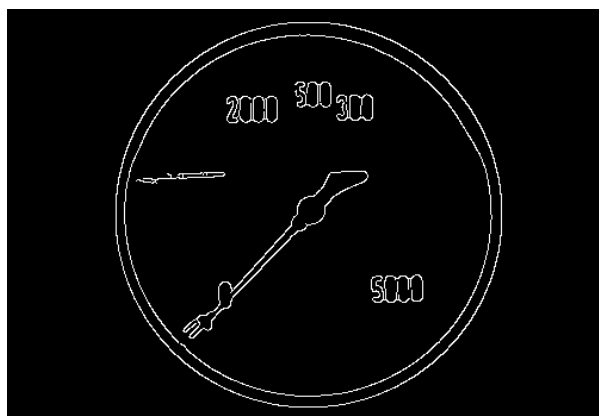
استخراج شده از صفحه سنجنده آنالوگ

۵-۱-۴ حذف لبه‌های ناخواسته

باید توجه داشته باشیم که در تصویر سنجنده آنالوگ، لبه‌های مربوط به عقربه بزرگترین لبه موجود در تصویر هستند و لبه‌های مربوط به صفحه مدرج و نوشته‌های آن با توجه به اندازه کوچکشان با تعیین یک آستانه مناسب قابل حذف هستند. آستانه مناسب برای حذف لبه‌های ناخواسته در این پایان نامه به صورت تجربی بدست آمده است و لبه‌هایی که مساحتی کوچکتر از ۱۵۰ پیکسل داشته باشند از تصویر حذف می‌شوند. شکل (۴-۵)



(الف)



(ب)

شکل (۴-۵): (الف) تصویر قبل از حذف لبه‌های ناخواسته . (ب) تصویر بعد از حذف لبه‌های ناخواسته

۴-۱-۶ تشخیص بلندترین خط

پس از انجام پردازش های ذکر شده بر روی تصویر سنجنده آنالوگ، در تصویر حاصل، بلندترین لبه یا خط موجود مربوط به عقربه سنجنده است. با این حال برای کاهش خطای احتمالی در صورت وجود لبه های ناخواسته بلندی که در مرحله قبلی حذف نشده اند، برای انتخاب بلندترین لبه آستانه ای قرار می دهیم که شرایط انتخاب لبه را محدودتر و دقت انجام فرآیند را بالا ببریم. و همچنین با در نظر گرفتن نویز تصویر و احتمال عدم پیوستگی یک لبه شرایطی را قرار می دهیم که لبه های با فاصله کم از هم را به عنوان یک لبه قلمداد کند و آنها را به هم متصل کند.

برای انجام این مرحله با استفاده از تبدیل هاف، خطوط موجود در تصویر را استخراج کرده و خطوطی که حداقل دارای طولی برابر یک پنجم شعاع دایره استخراج شده از تصویر به عنوان صفحه نمایش سنجنده آنالوگ هستند را در نظر می گیریم. سپس با توجه به فاصله این خطوط از هم، خطوطی که فاصله آنها از یکدیگر از ۵ پیکسل کمتر است را به یکدیگر متصل کرده و به عنوان یک خط واحد در نظر می گیریم، از میان خطوط باقی مانده در تصویر، همان طور که در شکل (۴-۶) نشان داده شده است، بلندترین خط را به عنوان عقربه سنجنده آنالوگ در نظر گرفته و نمایش می دهیم.

در پایان برای تشخیص عدد نشان داده شده توسط عقربه، متناسب با نوع نمایشگر و زاویه مدرج شده آن و مقایسه زاویه خط یافته شده با زاویه مدرج سنجنده مقدار عدد نشان داده شده بدست می آید.

سنجنده های مورد بررسی قرار گرفته در این پایان نامه از زاویه ۲۲۵ درجه تا ۴۵- درجه مدرج

شده اند، که ۲۲۵ درجه نشان دهنده مقدار صفر و ۴۵- درجه نشان دهنده بیشترین مقدار اندازه گیری

شده توسط سنجنده می باشد. این سنجنده ها بر اساس یکای اندازه گیری خود تغییرات را به صورت

خطی نمایش می دهند.

مقدار نمایش داده شده توسط سنجنده آنالوگ با توجه به رابطه ریاضی بین زاویه عقربه و زاویه

مدرج شده بر طبق روابط زیر به دست می آید:

$$S = \frac{X_f - X_o}{۲۷۰} \quad (۱ - ۴)$$

$$R = \begin{cases} (۲۲۵ - \theta) * S & \theta \leq ۲۲۵ \\ ((۳۶۰ - \theta) + ۲۲۵) * S & \theta > ۲۲۵ \end{cases} \quad (۲ - ۴)$$

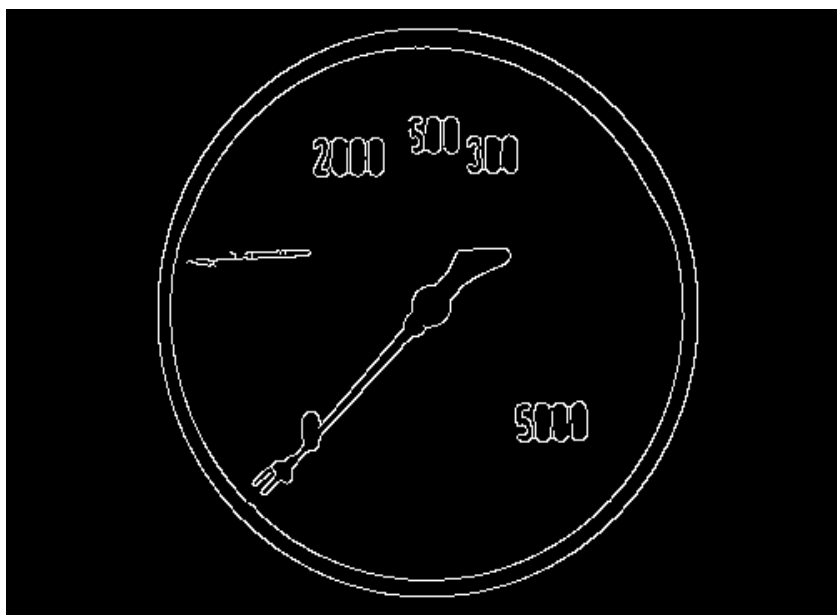
در معادله (۱-۴)، S بیانگر مقدار نشان داده شده توسط سنجنده آنالوگ به ازای یک درجه از

زاویه است. X_f مقدار بیشینه نمایش داده شده توسط سنجنده آنالوگ و X_o کمینه مقدار نمایش داده

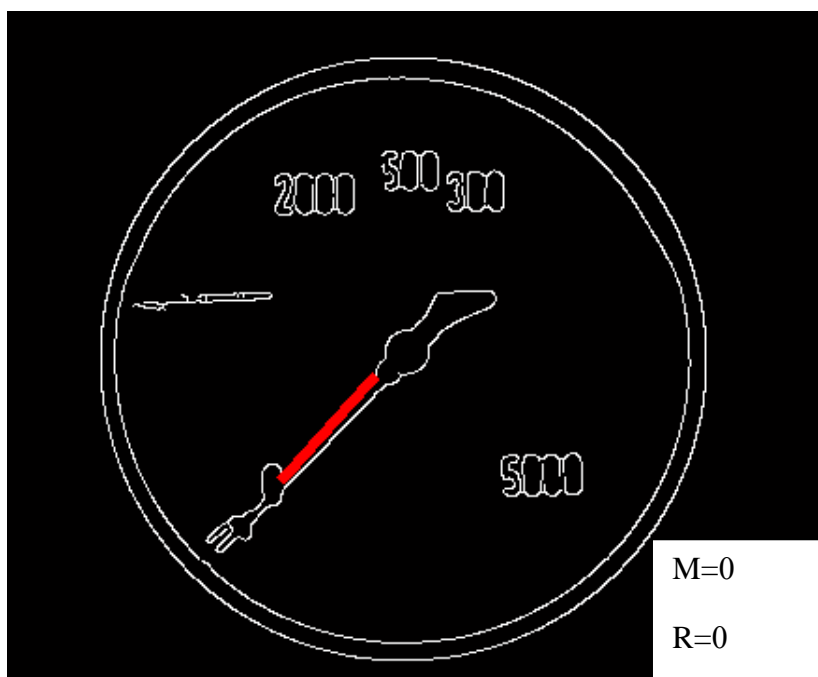
شده توسط آن است.

در معادله (۲-۴) R مقدار قرائت شده از سنجنده آنالوگ است. θ زاویه محاسبه شده عقربه از

تصویر نسبت به مبدا دایره مثلثاتی با مرکزیت مرکز دایره استخراج شده از تصویر است.



(الف)



(ب)

شکل (۴-۶) : الف) قبل از تشخیص عقربه . ب) تشخیص عقربه در تصویر

(M مقدار نمایش داده شده توسط سنجنده است)

۲-۴ روش پیشنهادی برای قرائت خودکار سنجنده‌های شبه دیجیتال

۱-۲-۴ مقدمه

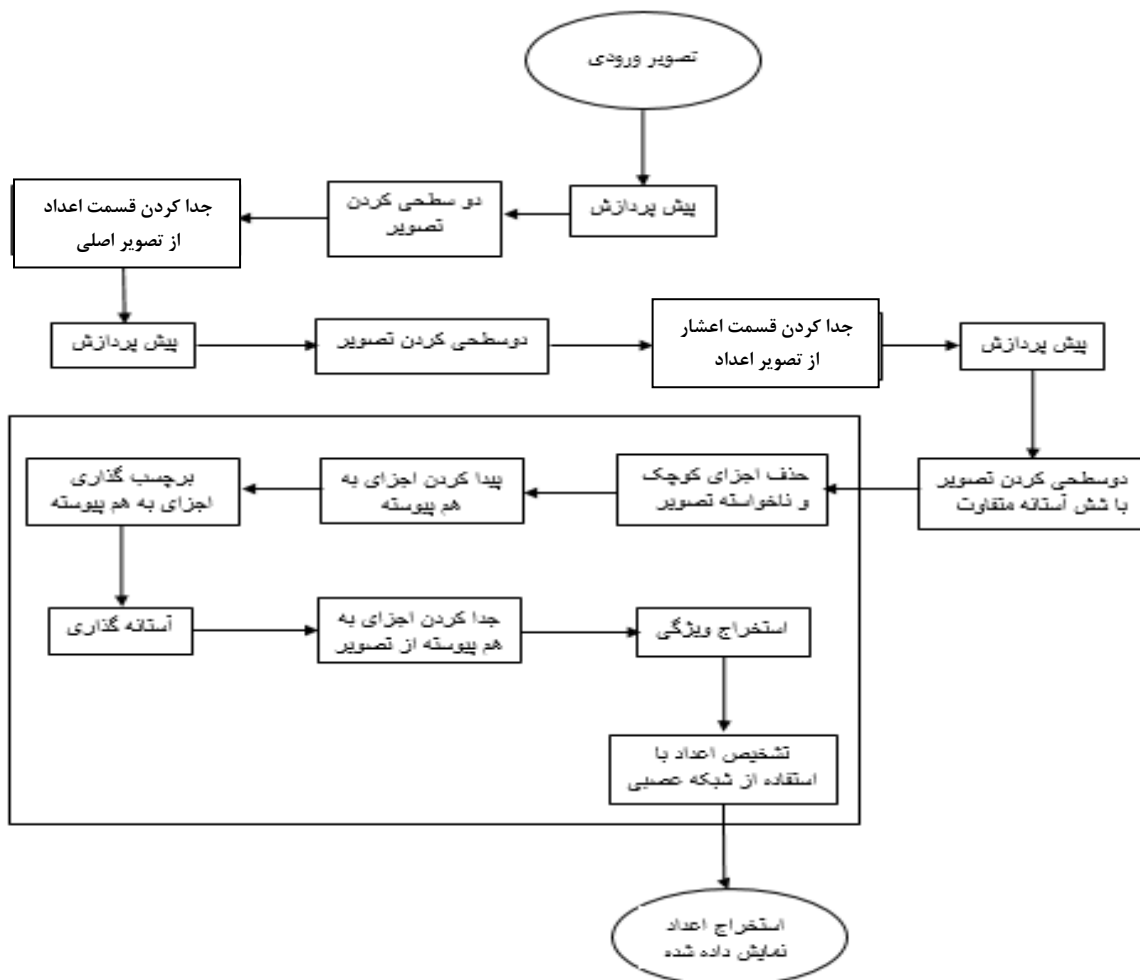
در روش پیشنهادی در این پایان نامه راهکاری برای قرائت خودکار تجهیزات سنجنده شبه دیجیتال مانند کنتورگاز با شرایط عکس برداری از روبه‌رو ارائه شده است. از آنجایی که تصویر بدست آمده در هر مرحله، قسمتی از تصویر اصلی ورودی است و با در نظر گرفتن تغییرات هیستوگرام در تصویر به دست آمده، قبل از شروع هر مرحله با اعمال پردازش‌هایی تصویر را کیفیت می‌بخشیم.

در ابتدا پس از تبدیل تصویر رنگی به خاکستری، با اعمال فیلتر wiener و متعادل سازی هیستوگرام تصویر، کیفیت تصویر را بهبود می‌بخشیم. سپس با اعمال هیستوگرام خطی افقی، قسمت اعداد تصویر را از تصویر اصلی جدا می‌کنیم. روی تصویر حاصل مجدداً پیش پردازش انجام داده و با تعیین آستانه افقی متناسب با تصویر با استفاده از روش اتسو، تصویر را دوسطحی می‌کنیم و با اعمال هیستوگرام عمودی قسمت اعداد اعشاری را از تصویر جدا می‌کنیم.

تصویر حاصل را با شش آستانه افقی متفاوت دو سطحی کرده و برای هر تصویر به صورت جداگانه اجزای با مساحت بسیار کوچک را حذف می‌کنیم، سپس اجزای پیوسته تصویر را تشخیص داده و برچسب گذاری می‌کنیم و با اعمال یک آستانه متناسب با تصویر، اجزایی که احتمال عدد بودنشان بیشتر است را از تصویر استخراج کرده و از هر کدام ویژگی‌های میانگین بلوکی و هیستوگرام گرادیان را

بدست می‌آوریم و در پایان با استفاده از یک شبکه عصبی، اعداد نمایش داده شده را به شناسایی می‌کنیم.

در نهایت با مقایسه خروجی شبکه عصبی شش تصویر بدست آمده و تعداد اعداد تشخیص داده شده در هر تصویر، بهترین جواب انتخاب شده و به عنوان عدد نمایش داده شده توسط سنجنده شبه دیجیتال ارائه می‌شود. بلوک دیاگرام الگوریتم پیشنهادی در شکل (۴-۷) نشان داده شده است. که در ادامه به توضیح مراحل آن می‌پردازیم.



شکل (۴-۷): بلوک دیاگرام الگوریتم پیشنهادی

۲-۲-۴ پیش پردازش

پس از تبدیل عکس رنگی به تصویر دوسطحی، با استفاده از فیلتر wiener تصویر خاکستری

را نرم می‌کنیم، سپس به علت تغییرات شدت روشنایی ناشی از وجود سایه یا تابش نور در تصویر، برای

بهبود شرایط نقاط تاریک و یا روشن در تصویر، روشنایی تصویر را متعادل می‌کنیم (شکل (۸-۴)).



(الف)



(ب)

شکل (۸-۴): (الف) تصویر با سطوح خاکستری. (ب) تصویر بعد از متعادل سازی روشنایی

۳-۲-۴ دوسطحی کردن تصویر

در این مرحله با استفاده از روش آستانه گذاری اتسو، یک آستانه برای دو سطحی کردن تصویر بدست می‌آوریم و تصویر را دوسطحی می‌کنیم (شکل (۹-۴)).



(الف)



(ب)

شکل (۹-۴): (الف) تصویر خاکستری متعادل سازی شده. (ب) تصویر دو سطحی

۴-۲-۴ جدا کردن قسمت اعداد از تصویر

برای ساده سازی فرایند پردازش ، در ابتدا می‌خواهیم قسمت اعداد مورد قرائت را از تصویر کلی جدا کنیم. با توجه به صفحه نمایش کنتور گاز متوجه می‌شویم که اعداد مد نظر ما جهت قرائت در یک کادر سیاه قرار گرفته شده اند، برای جدا سازی این کادر از تصویر با توجه به مشکلات شدت روشنایی نمیتوانیم از صرفاً دو سطحی کردن تصویر برای جدا سازی استفاده کنیم زیرا قسمتی از اطلاعات تصویر از بین می‌رود.

در این مرحله با توجه به اطلاعاتی که از تصویر دو سطحی بدست می‌آید ، هیستوگرام تصویر دو سطحی را در راستای افقی روی هر سطح محاسبه می‌کنیم. سپس روی هیستوگرام به دست آمده، فیلتر میانگین متحرک اعمال می‌کنیم. با مقایسه هیستوگرام این بلوک‌ها با یکدیگر، مختصات بلوکی که اختلاف شدت روشنایی آن با بلوک بعدی از یک آستانه بیشتر باشد را به عنوان مختصات نقطه شروع کادر سیاه حاوی اعداد، در نظر می‌گیریم و با استفاده از این مختصات کادر مد نظر را از تصویر جدا می‌کنیم. شکل (۴-۱۰)



شکل (۴-۱۰) : کادر حاوی اعداد کنتور ، استخراج شده از تصویر اصلی

۴-۲-۵ پیش پردازش

در این مرحله روی تصویر به دست آمده از مرحله قبل ، برای یکسان سازی شدت روشنایی تصویر و تشخیص بهتر پس زمینه از پیش زمینه ، عملگر ریخت شناسی *top hat* را بر تصویر اعمال می‌کنیم شکل (۴-۱۱). در تصویر به دست آمده نقاط تاریک روشن‌تر شده و نقاط روشن تصویر نیز واضح‌تر شده‌اند.



شکل (۴-۱۱) : تصویر بعد از اعمال عملگر *top hat*

۴-۲-۶ دوسطحی کردن تصویر

در این مرحله تصویر به دست آمده را با استفاده از آستانه گذاری اتسو دو سطحی می‌کنیم. با توجه به حذف پس زمینه صفحه نمایش کنتور و باقی ماندن تنها اعداد مورد قرائت ، دوسطحی کردن تصویر در این مرحله نتیجه بهتری ارائه می‌دهد شکل (۴-۱۲).



شکل (۴-۱۲) : تصویر دو سطحی اعداد مورد قرائت

۷-۲-۴ جدا کردن قسمت اعشاری از اعداد

با توجه به صفحه نمایش کنتور گاز و اعداد قابل قرائت روی آن، متوجه میشویم که سه عدد سمت راست، در کادر رنگی قرار گرفته اند که به هنگام قرائت کنتور توسط مامورین نیز این سه عدد خوانده نمی‌شوند، و تنها اعدادی که معیار میزان مصرف گاز هستند، پنج عدد سمت چپ بوده و این سه عدد به عنوان اعشار تلقی می‌شوند.

در این مرحله با فرآیندی مشابه فرآیند مرحله ۴-۲-۴، قسمت اعشاری را جدا می‌کنیم با این تفاوت که این بار هیستوگرام خطی را به صورت عمودی روی هر ستون بدست آورده و سپس بلوک بندی و میانگین گیری می‌کنیم انجام داده، و با توجه به اختلاف شدت روشنایی کادر سفید اعداد اعشاری، با اعمال یک آستانه برای اختلاف هیستوگرام بلوک ها، قسمت اعشاری اعداد را از تصویر جدا می‌کنیم

شکل (۴-۱۳).



شکل (۴-۱۳) : اعداد صحیح قابل قرائت کنتور

۴-۲-۸ پیش پردازش

در هر مرحله استخراج تصویر، با توجه به تغییر و حذف قسمت‌های مختلف از تصویر، یک مرحله پیش پردازش جهت بهبود کیفیت تصویر متناسب با تصویر حاصل انجام می‌دهیم.

در این محله نیز با اعمال عملگر ریخت شناسی *top hat* بر روی تصویر، شدت روشنایی را یکسان می‌کنیم شکل (۴-۱۴).



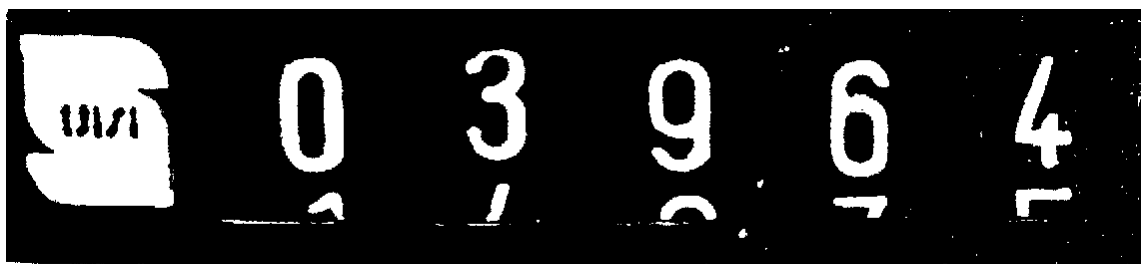
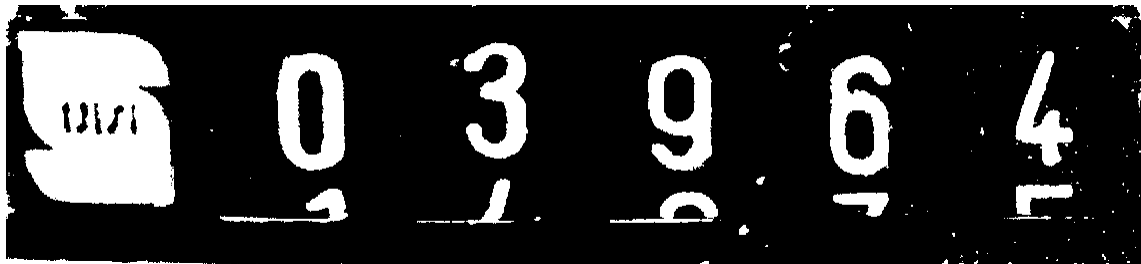
شکل (۴-۱۴) : تصویر بهبود یافته با عملگر *top hat*

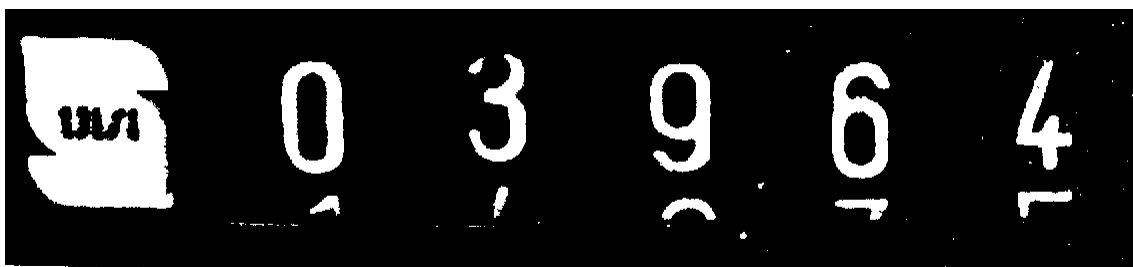
۴-۲-۹ دو سطحی کردن تصویر با شش آستانه متفاوت

با توجه به تصاویر مختلف ورودی با توزیع روشنایی‌های متفاوت، علی‌رغم پردازش‌های انجام شده برای بهبود کیفیت آنها، باز هم در مسئله دوسطحی کردن تصویر با مشکلات زیادی روبه‌رو بودیم. از سوی دیگر برای تشخیص دقیق اعداد کنتور، نیاز به تفکیک متناسب آنها از تصویر داریم. از این رو برای بهبود کیفیت تشخیص اعداد و کم کردن حساسیت روش به اختلافات شدت روشنایی تصویر ورودی، با استفاده از روش آستانه گذاری اتسوز، شش آستانه متفاوت برای هر تصویر تعیین کرده ایم و

فرآیندهای تشخیص اعداد را روی شش تصویر دوسطحی حاصل از آنها (شکل (۴-۱۵)) انجام می‌دهیم

و از میان آنها بهترین جواب بدست آمده را انتخاب می‌کنیم.



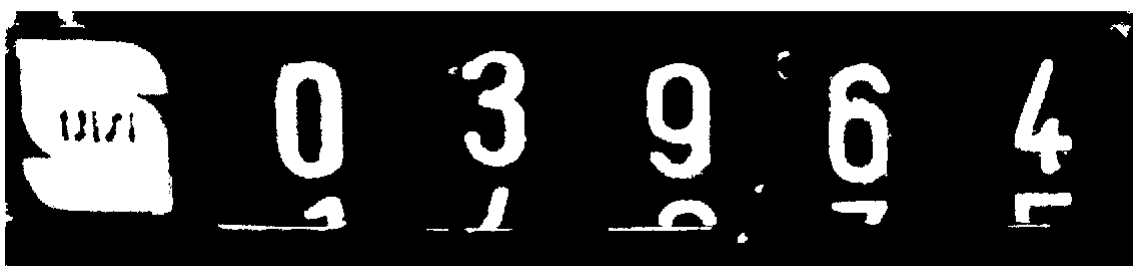


شکل (۴-۱۵): تصاویر دوسطحی شده با آستانه‌های متفاوت

۴-۲-۱۰ حذف اجزای کوچک

با توجه به نویز موجود در تصویر و ابعاد اعداد موجود در تصویر، در این مرحله به حذف اجزایی

که دارای مساحت‌های بسیار کوچکی هستند مانند نویزها می‌پردازیم شکل (۴-۱۶).



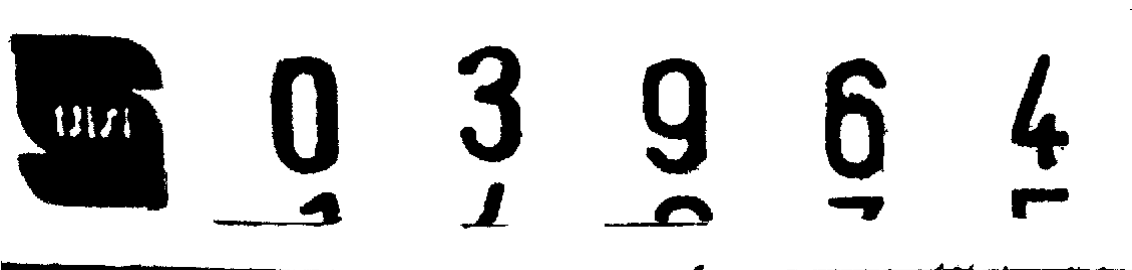
شکل (۴-۱۶): تصویر پس از حذف اجزای با مساحت کم

۴-۲-۱۱ اجزای به هم پیوسته

ابتدا در این مرحله تصاویر به دست آمده از مرحله قبل را معکوس می‌کنیم تا پس زمینه به رنگ سفید و پیش زمینه به رنگ سیاه تبدیل شود. سپس با استفاده از قواعد همسایگی پیکسل‌ها، اجزای به هم پیوسته در تصویر را تشخیص داده و برچسب گذاری می‌کنیم.

۴-۲-۱۲ آستانه گذاری

برای ساده سازی فرایند پردازش، در این مرحله با توجه به مساحت اجزای به هم پیوسته موجود در تصویر، یک آستانه برای حذف اجزای به هم پیوسته ای که در دسته اعداد مورد قرائت ما قرار نمی‌گیرند قرار می‌دهیم. در این فرایند این آستانه برابر با یک پنجم میانگین مساحت اجزای به هم پیوسته در تصویر در نظر گرفته شده است. اجزایی که مساحتی کوچک‌تر از این آستانه داشته باشند از تصویر حذف می‌شوند شکل (۴-۱۷)



شکل (۴-۱۷) : تصویر پس از اعمال آستانه

۴-۲-۱۳ جدا کردن اجزای به هم پیوسته از تصویر

اجزای به هم پیوسته باقی مانده در تصویر را، با توجه به موقعیتشان در تصویر، تشخیص داده و از تصویر اصلی برای انجام پردازش‌های بعدی جدا می‌کنیم شکل (۴-۱۸).



شکل (۴-۱۸): اجزای جدا شده از تصویر

۴-۲-۱۴ استخراج ویژگی

از هر یک از اجزای به هم پیوسته جدا شده از تصویر، دو بردار ویژگی جهت تشخیص و

دسته بندی آنها با استفاده از شبکه عصبی استخراج می‌کنیم.

برای دسته بندی اجزا از دو ویژگی میانگین بلوکی و هیستوگرام گرادیان استفاده کرده‌ایم.

برای بدست آوردن میانگین بلوکی، در ابتدا اندازه هر تصویر را به $64*64$ تغییر داده ایم و

این تصویر را به بلوک‌های $8*8$ و بدون هم‌پوشانی تقسیم کرده ایم. بردار دست آمده از هر تصویر دارای 65 مقدار ویژگی است.

برای به دست آوردن هیستوگرام گرادیان، ابتدا برای اینکه امکان دارد هر تصویر ابعاد مختلفی

داشته باشد و تعداد ویژگی‌های به دست آمده متفاوت شود، تصاویر را به ابعاد $64*64$ تغییر ساز می-

دهیم. سپس از تصویر حاصل ویژگی هیستوگرام گرادیان را استخراج می‌کنیم ویژگی هر تصویر شامل

1765 مقدار می‌باشد.

۴-۲-۱۵ تشخیص اعداد با استفاده از شبکه عصبی

برای تشخیص اعداد نمایش داده شده از تصویر، از یک شبکه عصبی mlp استفاده می‌کنیم.

که دارای 60 نرون لایه مخفی است. مسئله ما در شبکه عصبی دارای یازده کلاس متفاوت شامل ده

کلاس برای اعداد 0 تا 9 و یک کلاس که به داده‌های نامعتبر اختصاص داده شده است می‌باشد.

شبکه عصبی استفاده شده با استفاده از یک پایگاه داده شامل تعداد 700 داده از هر کلاس و

مجموعاً 7700 نمونه ساخته شده از اعداد با فونت مشابه اعداد کنترل گاز که نمونه‌هایی از آنها را در

شکل (۴-۱۹) می‌بینید و یک کلاس داده‌های نامعتبر آموزش می‌بیند.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	|
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	|

شکل (۴-۱۹): داده‌های آموزش شبکه عصبی

بردار به دست آمده از ویژگی میانگین بلوکی را که دارای ۶۵ مقدار است را به شبکه عصبی با

۶۰ نرون لایه مخفی می‌دهیم و ۱۱ خروجی به دست آمده را ذخیره می‌کنیم. و بردار به دست آمده از

هیستوگرام گرادیان را به شبکه عصبی مشابهی داده و ۱۱ خروجی آن را نیز ذخیره می‌کنیم.

برای بهبود پاسخگویی شبکه از روش ترکیب طبقه بندها استفاده کرده‌ایم. به گونه‌ای که از

جواب‌های به دست آمده از هر شبکه عصبی با ویژگی‌های مختلف میانگین گیری می‌کنیم و به عنوان

جواب نهایی ارائه می‌دهیم.

فرآیند استخراج ویژگی از هر جزو به هم پیوسته استخراج شده و تشخیص آن توسط شبکه

های عصبی، برای همه اجزای جدا شده از شش تصویر به دست آمده انجام شده و برای هر یک از شش

تصویر به صورت جداگانه ذخیره می‌شود.

در پایان برای رسیدن به جواب نهایی و صحیح، بین این شش تصویر، آنها را با دوشروط بررسی

می‌کنیم. در ابتدا در هر تصویر تعداد اجزایی که دسته آنها، دسته نامعتبر نیست را شمارش می‌کنیم. در

این مرحله تنها تصاویری که پنج عدد مد نظر ما را تشخیص داده باشند باقی می‌مانند و بقیه تصاویر از رقابت حذف می‌شوند.

در مرحله بعدی از بین تصاویر باقی مانده، به خروجی شبکه عصبی برای هر جزء دقت می‌کنیم و تصویری که اجزاء تشخیص داده شده آن با دقت بالاتری دسته بندی شده باشند را به عنوان تصویر نهایی اخذ می‌کنیم و عدد نمایش داده شده را قرائت می‌کنیم.

فصل پنجم

نتایج و پیشنهادات

۵-۱ مقدمه

در این فصل ابتدا به معرفی پایگاه داده استفاده شده در این پایان نامه می‌پردازیم. در ادامه چند نمونه از نتایج به دست آمده را ارائه می‌دهیم. در انتها نتیجه‌گیری کلی انجام می‌شود و پیشنهاداتی برای کارهای آینده مطرح می‌شوند.

۵-۲ پایگاه داده

در این پایان نامه از دو پایگاه داده برای تشخیص دو نوع سنجنده آنالوگ و شبه دیجیتال استفاده شده است که در ادامه به معرفی هریک از آنها می‌پردازیم.

۵-۲-۱ پایگاه داده سنجنده‌های آنالوگ عقربه‌ای

پایگاه داده استفاده شده برای سنجنده‌های آنالوگ عقربه‌ای در این پایان نامه حاوی پنجاه عدد عکس از سنجنده‌های آنالوگ نصب شده بر تاسیسات سر چاهی، چاه‌های نفت شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب در میدان‌های نفتی گچساران، کرنج، پارسی و اهواز می‌باشد که با هماهنگی با مسئولین چاه‌ها توسط اینجانب عکسبرداری شده است. سنجنده‌های عکسبرداری شده غالباً فشارسنج بوده‌اند.

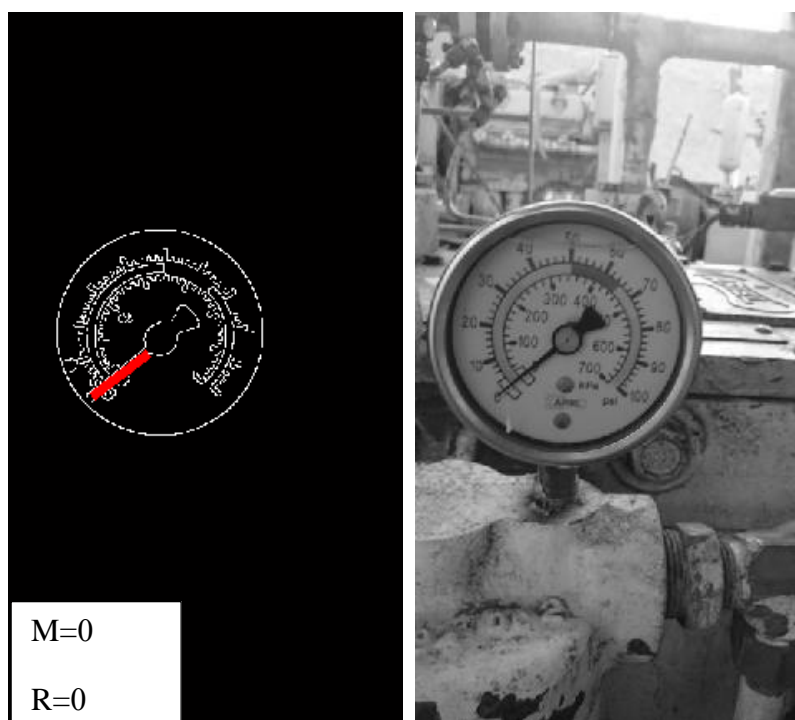
۵-۲-۲ پایگاه داده سنجنده‌های شبه دیجیتال

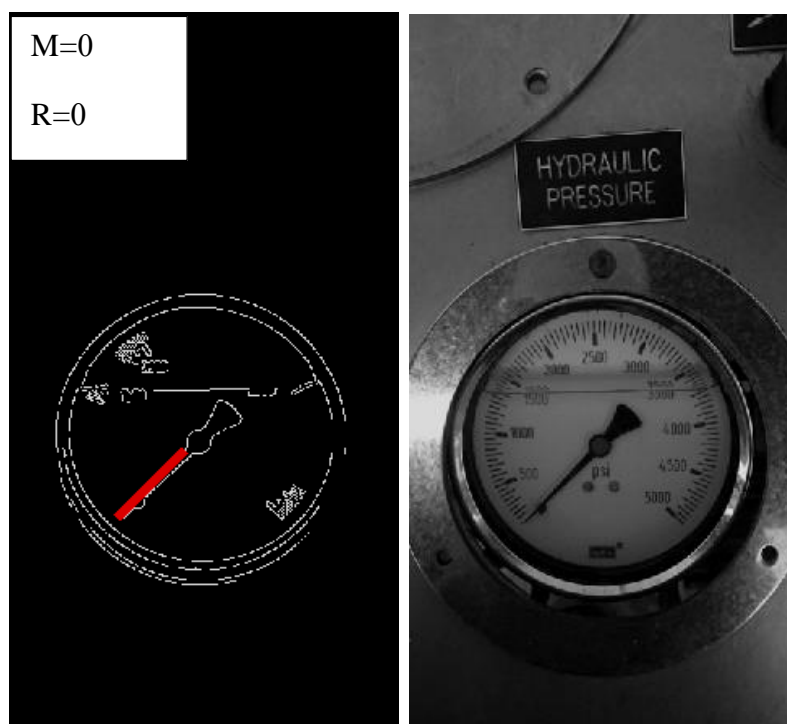
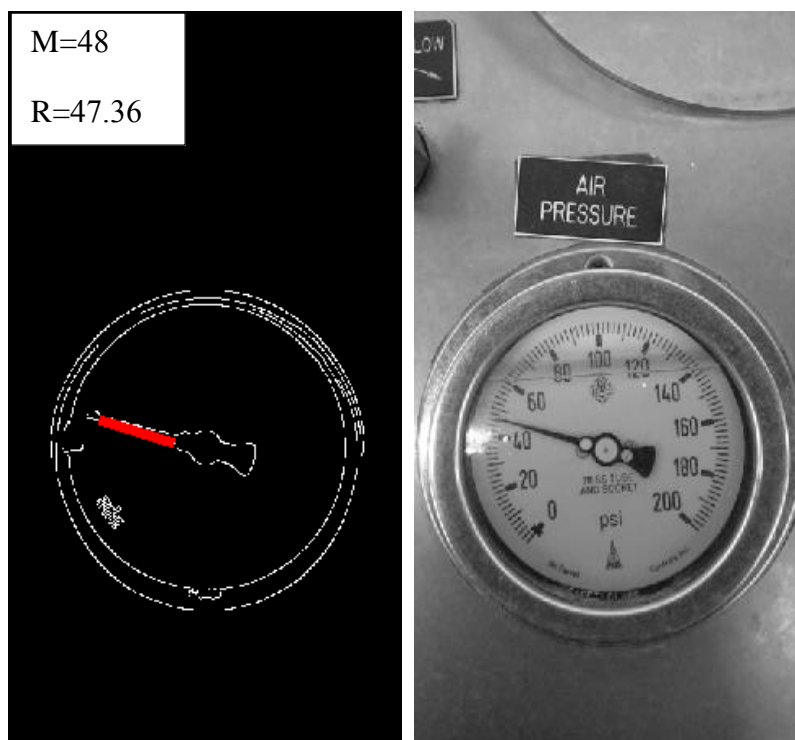
این پایگاه داده شامل شصت عدد عکس از کنتورهای گاز دیافراگمی مصارف خانگی، تولید

شرکت گاز سوزان اصفهان است که در شهرستان شاهرود، شهرک فدک نصب شده و توسط اینجانب از آنها عکسبرداری شده است.

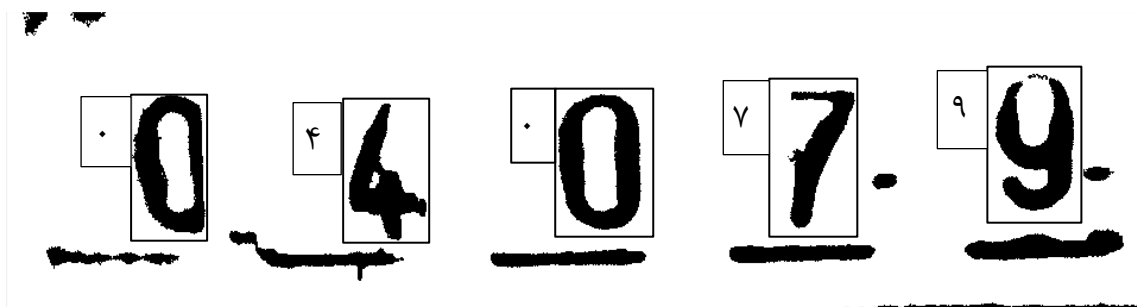
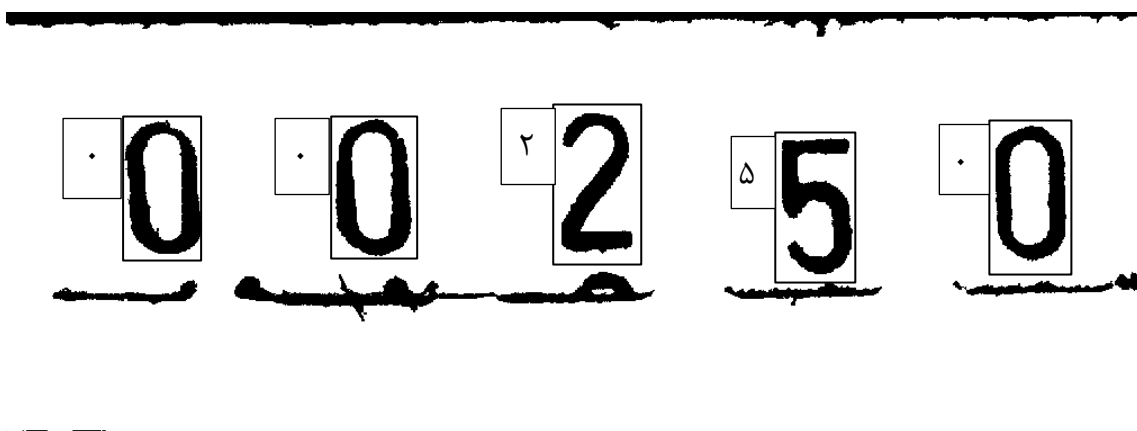
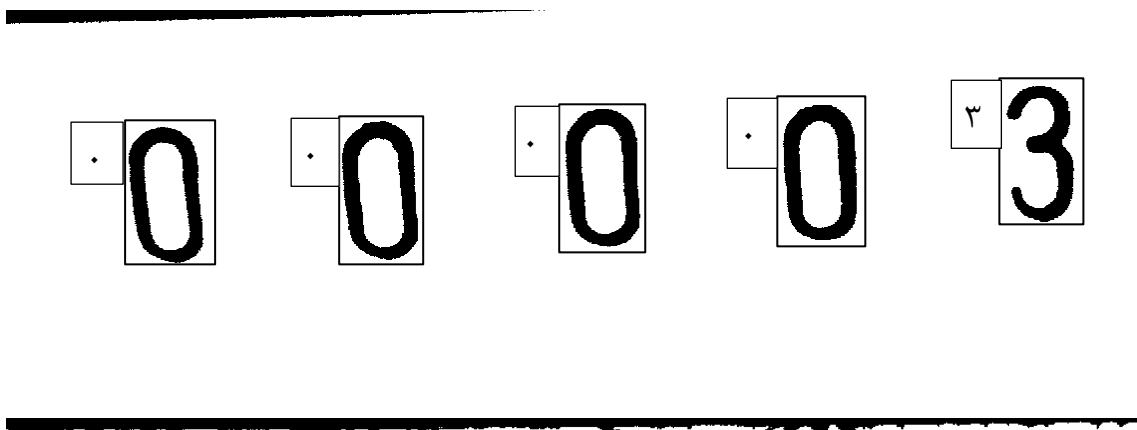
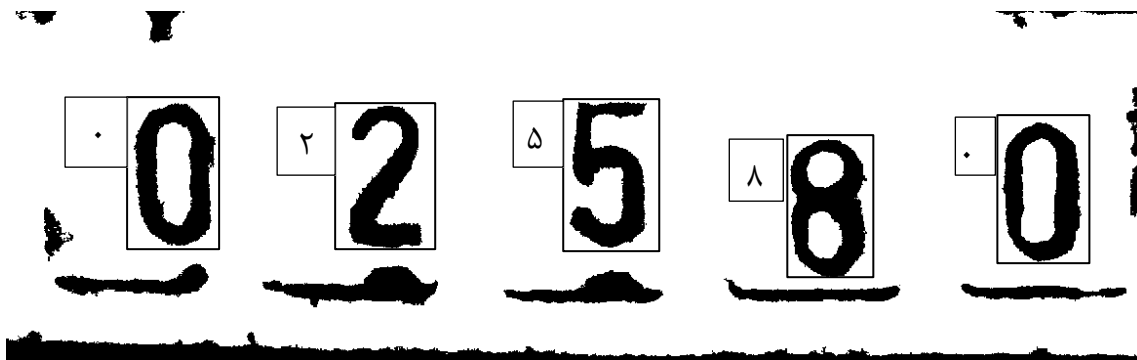
۵-۳ بررسی نتایج

در این قسمت الگوریتم پیشنهادی قرائت سنجنده‌های آنالوگ (شکل ۵-۱) و شبیه دیجیتال (شکل ۲-۵) بر روی تعدادی از تصاویر اعمال شده، که نتایج قابل قبولی نیز بدست آمده است. که نمونه هایی از آنها ارائه شده است.





شکل (۵-۱): نمونه‌هایی از تصاویر و نتایج اعمال الگوریتم پیشنهادی بر
سنجنده‌های آنالوگ عقربه‌ای



شکل (۲-۵) : نمونه‌هایی از نتایج الگوریتم پیشنهادی قرائت سنجنده‌های شبه دیجیتال

۵-۴ نتیجه گیری

۵-۴-۱ سنجنده‌های آنالوگ

در این پایان نامه برای جمع آوری پایگاه داده شرایط دوربین و زاویه خاصی را در نظر گرفته که به میزان صحت پاسخگویی الگوریتم پیشنهادی کمک شایانی کرده است. این شرایط به گونه‌ای در نظر گرفته شده‌اند که تصاویر زاویه‌دار عکس برداری نشده و دوربین تقریباً روبه‌روی نمایشگر آنالوگ قرار گرفته باشد و بر روی صفحه نمایشگر مانعی برای تصویر وجود نداشته باشد.

اما این الگوریتم به محیط اطراف نمایشگر حساسیت ندارد و به خوبی صفحه نمایشگر آنالوگ را تشخیص می‌دهد. در این پایان نامه ما الگوریتم پیشنهادی را بر روی پنجاه عکس با شرایط مد نظر گرفته شده اجرا کردیم و با توجه به این که سنجنده‌های مختلف طیف‌های متفاوتی را نشان می‌دهند، با توجه به مقدار نمایش داده شده به ازای هر درجه چرخش عقربه، خطاهای اندازه‌گیری متفاوت بوده که به طور میانگین خطای به دست آمده ۲ درصد است و درصد صحت روش پیشنهادی در قرائت ۹۸ درصد به دست آمده است.

این الگوریتم پیشنهادی نسبت به روش‌های پیشین ارائه شده مزیت‌هایی دارد. از جمله این مزیت‌ها عبارت است از:

- تمام خودکار بودن الگوریتم پیشنهادی

- حساس نبودن به پس زمینه تصویر

- مدت زمان محاسبه کم

۲-۴-۵ سنجنده‌های شبه دیجیتال

در این پایان نامه برای تصویر برداری از کنتور گاز ، شرایط عکسبرداری با دید متعامد در نظر گرفته شده است. عکسبرداری تقریبا از روبرو انجام شده و مانعی برای دید کنتور وجود نداشته است. این الگوریتم بر روی شصت تصویر کنتور گاز اعمال شده است و هر تصویر دارای پنج کاراکتر عددی است که قصد ما تشخیص آنها می‌باشد.

برای تشخیص قسمت اعداد از تصویر ، در ابتدای شروع پایان نامه ما از روش یافتن حفره در تصویر استفاده کردیم که با توجه به عکس برداری از پشت شیشه‌ی صفحه نمایش کنتور گاز و مشکلات شدت روشنایی ، در فرایند دوسطحی کردن تصویر با مشکلات زیادی روبرو شدیم که باعث پاسخ دهی ضعیف الگوریتم یافتن حفره شد. در ادامه با استفاده از روش هیستوگرام خطی افقی و عمودی جواب‌های بسیار بهتری گرفتیم.

در قسمت تشخیص اعداد از تصویرهای دو سطحی با استفاده از شبکه عصبی، در ابتدا با استفاده از فونت استفاده شده در کنتور گاز ، یک پایگاه داده ساختگی ایجاد کردیم که تا حدودی پاسخگو بود اما در بعضی موارد که تصویر کیفیت کمتری داشت بعضی از ارقام را در دسته نامعتبر دسته بندی

می‌کرد. این مشکل با اضافه کردن اعداد به دست آمده از تصاویر اصلی به پایگاه داده برطرف شد. الگوریتم پیشنهادی روی شصت تصویر اعمال شده که هر تصویر شامل پنج عدد می‌باشد. این الگوریتم بین ۳۰۰ رقم موجود در تصاویر ۲۹۳ رقم را به درستی تشخیص داده و از بین ۶۰ تصویر کنتور ۵۶ تصویر را به صورت کامل قرائت کرده است. بازدهی این روش ۹۳,۳۳ درصد است.

۵-۵-۵-۵ پیشنهادات

- برای بهبود فرآیند تشخیص سنجنده های آنالوگ عقربه ای پیشنهاد می شود روشی برای استخراج بیضی از تصویر ارائه شود تا مسائل گسترده تری را پوشش دهد.
- پیشنهاد می شود برای ادامه این پژوهش در زمینه سنجنده های شبه دیجیتال پایگاه داده ای شامل ترکیبی کنتورهای دیگر مانند برق، آب و غیره مورد بررسی قرار گیرد.

مراجع

- [١] Sablatnig, Robert, and Walter G. Kropatsch. "Automatic reading of analog display instruments." *Pattern Recognition*, 1994. Vol. 1-Conference A: Computer Vision & Image Processing, Proceedings of the 12th IAPR International Conference on. Vol. 1. IEEE, 1994.
- [٢] P.Kierkegaard , "AMethod for Detection of Circular ArcsBased on the Hough Transform " , *Machine Vision and Applications*, Vol.5,pp. 249-263, 1992.
- [٣] H.k. yuen, j.princen, j.Illingworth, j.kittler, "Comparative Study of Hough Transform Methods for Circle Finding" , *Image and Vision Computing*, Vol. 8(1), pp.71-77, 1990.
- [٤] p.v.c.Hough, " Methods and means for recognizing complex patterns ",U.S. Patent 3,069,654, 1992.
- [٥] R.O. Duda, P.E. Hart, "Use of the Hough transform to detect lines and curves in pictures" , *Com. Of ACM*, Vol.18(9), pp. 509-517 , 1975.

[٧] Ballard, Brown, "Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes" ,
Pattern Recognition Vol. 13(2) , pp. 111-122 , 1981.

[٧] j.b Burns, A.r.Hanson, E.m.Riseman, " Extracting Straight lines" , IEEE Transaction
PAMI, vol.8,No.4.pp.428-455, 1986.

[٧] Trivedi, Mohan M., Suresh Marapane, and ChuXin Chen. "Automatic inspection of
analog and digital meters in a robot vision system." (1988).

[٧] Trivedi, M. M., C. Chen, and S. Marapane, "A Vision System for Robotic Inspection
and Manipulation," Proc. of the Applications of Artificial Intelligence VI Conference,
SPIE Vol. 937, April 1988.

[٧] Ballard, D. H. and C. bi. Brown, Computer Vzision, Prentice-Hall. New Jersey,
pp.123-131,1982

[٧] Persoon, Eric and King-Sun Fu, "Shape Discrimination Using Fourier
Descriptors,"IEEE Transc. On Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-7, No. 3,
pp.170-179, March1977.

[٧] Zhang, T. Y. and C. Y. Suen, "A Fast Parallel Algorithm for Thinning Digital

Patterns," *Communications of ACM*, Vol. 27, No. 3, pp. 236-239, March 1984.

[۱۳] de Lima, D. L., Guilherme Augusto Silva Pereira, and Flávio Henrique de Vasconcelos. "A computer vision system to read meter displays." 16 th IMEKO TC4 Symposium Exploring New Frontiers of Instrumentation and Methods for Electrical and Electronic Measurements. 2008.

[۱۴] Cho, Jai Wan, and Kyung Min Jeong. "Recognition of Instrumentation Gauge in the Nuclear Power Plant." (2015).

[۱۵] Lawrence, Steve, et al. "Face recognition: A convolutional neural-network approach." *IEEE transactions on neural networks* 8,1.1977.

[۱۶] Li, Stan Z., et al. "Float Boost learning for classification." *NIPS*. Vol.15,2002.

[۱۷] نویدخلیلی دیزجی "تشخیص دایره بر روی تصاویر با استفاده از الگوریتم های ژنتیکی" بهمن ۱۳۹۲.

Abstraction

For decreasing production costs and human failures, Iran industries need to automation and automatic control production process increasingly. With considering old measuring equipment's in Iran industries and therefore big investment need to update them, automatic reading method for analogue measuring equipments based on image processing is presented in this project. This measuring equipments divide to main types: first type is measuring equipments with pointer like pressure gauge and second type is semi-digital measuring equipment's like gas counter.

For reading analogue measuring equipment's first, a photo from front view is taken and after that Wiener filter and unsharp mask is performed on the photo as a pre-process. The result is a soft Image with stand out edges.

after that with applying Huff transformation circles in image will be recognized as monitoring screen and will be extracted from image and with use of \cos method edges will be recognizes. With regarding to this monitoring screen and with use of a suitable limit of recognition, inappropriate edges will be removed. After that longest line in the image with use of Huff transformation will be recognized and will be considered as pointer.

for reading semi-digital equipment's with use of orthogonal observation, In this project gas counter will be measured. first Wiener filter and histogram stabilizer is performed on the photo as a pre-process. Then with use of horizontal histogram, the part of image that is related to counter will be extracted. after that with use of Vertical histogram, decimal part will be extracted. With examining intensity of light, six different level will be gained and based on every level photo will be binary and all continuum components

will be recognized and extracted. From every component, average block feature and histogram gradient feature will be extracted. These features will be learnt to a Artificial Neural Network with 11 information class learning system. Among these Information classes, 10 are assigned to numbers and one is assigned to invalid data. At last with mixing categories and numbers of founded values in every image, best binary image will be selected and value of analogue measuring equipment will be read.

Key word: analogue gauge, automatic reading, edge finding, Huff transformation, gas counter



Faculty of Electrical Engineering and Robotic
M.Sc. Thesis in Digital Electronic Systems Engineering

**Automatic Reading of Analog Display Instruments using Image
Processing**

By:

Sasan Rashidi

Supervisor:

Dr. Hossein Khosravi

January 2017