

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی سازه

استخراج منحنی دانه بندی سنگدانه‌ها به کمک پردازش تصویر و هوش مصنوعی

نگارنده: مسعود امین زاده

استاد راهنما:

دکتر سید مهدی توکلی

دی ۱۳۹۶

ب

شماره: ۹۶۳۳۴
تاریخ: ۹۶/۱۱/۱۴

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای مسعود امین زاده با شماره دانشجویی ۹۴۰۲۹۰۴ رشته مهندسی عمران گرایش سازه تحت عنوان استخراج منحنی دانه بندی سنگدانه ها به کمک پردازش تصویر و هوش مصنوعی که در تاریخ ۱۳۹۶/۱۰/۲۴ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه:): مردود

نوع تحقیق: نظری عملی

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر سید مهدی توکلی	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم			
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر مهدی گلی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر فرشید جندقی علایی	دانشیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر رضا نادری	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر احمد احمدی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشکده مهندسی عمران
تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:
۱۳۹۶/۱۰/۲۴

تصوه: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تشکر شایان شمار ایزد منان که توفیق را رفیق را هم ساخت تا

این پایان نامه را به پایان برسانم . از استاد فاضل و

اندیشمند جناب آقای دکتر سید مهدی توکلی به عنوان استاد

را همانکه، همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داده

اند، کمال تشکر را دارم.

این پایان نامه را ضمن تشکر و سپاس بیکران و در

کمال افتخار و امتنان تقدیم می نمایم به:

محضر ارزشمند پدر و مادر عزیزم به خاطر همه ی

تلاشهای محبت آمیزی که در دوران مختلف

زندگی ام انجام داده اند و بامهربانی چگونه زیستن را

به من آموخته اند.

اینجانب مسعود امین زاده دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران/سازه دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه استخراج منحنی دانه‌بندی سنگدانه‌ها به کمک پردازش تصویر و هوش مصنوعی تحت راهنمایی دکتر سید مهدی توکلی متعهد می‌شوم .

- 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 می‌باشد 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 می‌گردد.
- 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 می‌باشد . 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 نمی‌باشد.

چکیده

امروزه علوم به منظور کسب نتایج دقیق‌تر و بهتر به سمت استفاده از ابزار کامپیوتری پیش‌رفته‌اند، در این راستا با ترکیب علوم مهندسی می‌توان از زوایای مختلفی به بررسی نتایج آزمایشگاهی و در نهایت به پیش‌بینی این نتایج پرداخت. یکی از این علوم که کاربرد فراوانی در زمینه‌های مهندسی پیدا کرده، علم پردازش تصویر می‌باشد. در این تحقیق به کمک پردازش تصویر و شبکه‌های عصبی به دانه‌بندی سنگدانه‌های در حال حرکت پرداخته شده است. به این منظور ابتدا از سنگدانه‌های در حال حرکت، با یک دوربین ورزشی با قابلیت ۲۴۰ فریم در ثانیه فیلم‌برداری شده و سپس پردازش بر روی فیلم به منظور تبدیل فیلم به عکس انجام می‌شود. سپس بر روی عکس به منظور استخراج سایز سنگدانه‌ها، پردازشی توسط شبکه‌عصبی بردارهای پشتیبان صورت می‌گیرد، که به مرزبندی عکس و در نهایت اندازه‌گیری هر سنگدانه و ترسیم نمودار دانه‌بندی منجر می‌شود. در پایان، نتایج تحقیق با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده و در مورد خطا و مقدار آن و نحوه کاهش خطا که شامل ترمیم مرزها در عکس و بررسی ابعاد سنگدانه‌ها در مقایسه با بزرگترین سایز سنگدانه موجود می‌باشد، پرداخته خواهد شد.

کلمات کلیدی: سنگدانه، پردازش تصویر، شبکه عصبی، منحنی دانه‌بندی

فهرست مطالب

۱- فصل اول: هدف و ضرورت تحقیق و مروری بر تحقیقات گذشته.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- هدف و ضرورت تحقیق.....	۳
۳-۱- کاربردها.....	۴
۴-۱- مروری بر تحقیقات انجام شده.....	۴
۵-۱- نگاهی بر این تحقیق.....	۱۳
۲- فصل دوم: مقدمه‌ای بر پردازش تصویر و هوش مصنوعی.....	۱۵
۱-۲- مفاهیم اولیه پردازش تصویر.....	۱۶
۱-۱-۲- تعریف پردازش تصویر.....	۱۶
۲-۱-۲- تاریخچه پردازش تصویر.....	۱۶
۳-۱-۲- تصاویر رقمی (دیجیتالی).....	۱۷
۴-۱-۲- عملیات اصلی در پردازش تصویر.....	۱۸
۵-۱-۲- فشرده‌سازی تصاویر.....	۱۹
۶-۱-۲- روش‌های پردازش تصاویر.....	۲۱
۷-۱-۲- کاربردهای پردازش تصویر.....	۲۲
۲-۲- مبانی هوش مصنوعی.....	۲۴
۱-۲-۲- تعریف و طبیعت هوش مصنوعی.....	۲۵
۲-۲-۲- فلسفه هوش مصنوعی.....	۲۵
۳-۲-۲- تاریخچه هوش مصنوعی.....	۲۶
۴-۲-۲- کاربرد هوش مصنوعی.....	۲۷
۵-۲-۲- شبکه عصبی مصنوعی.....	۲۸
۶-۲-۲- تاریخچه شبکه‌های عصبی مصنوعی.....	۳۰
۷-۲-۲- شبکه عصبی.....	۳۱
۸-۲-۲- تقسیم‌بندی شبکه‌های عصبی.....	۳۲
۳- فصل سوم: مواد و روش‌ها.....	۳۵
۱-۳- مقدمه.....	۳۶

۳۶	..... ۲-۳- استخراج داده‌ها
۴۱	..... ۳-۳- نحوه کار کردن شبکه عصبی
۴۲	..... ۴-۳- بردارهای پشتیبان
۴۷	..... ۵-۳- الگوریتم برنامه کامپیوتری
۴۷	..... ۶-۳- مرحله پس پردازش
۵۱	..... ۷-۳- فرضیات و شرایط و وسایل آزمایشگاهی
۵۲	..... ۸-۳- نحوه تبدیل فیلم به عکس یا فریم
۵۴	..... ۹-۳- روند ترسیم نمودار دانه‌بندی
۵۶	..... ۱۰-۳- فلوچارت مراحل کار
۵۹	..... ۴- فصل چهارم: صحت سنجی و نتایج
۶۰	..... ۴-۱- صحت سنجی و نتایج
۷۵	..... ۴-۲- بحث و نتیجه گیری
۷۷	..... مراجع
۸۰	..... پیوست
۸۰	..... کدهای کامپیوتری

فهرست جداول

جدول ۱-۱ مقایسه کار دیگر محققین با تحقیق فعلی ۹

جدول ۴-۱ اندازه سائز الکها بر حسب اینچ و میلیمتر ۷۲

جدول ۴-۲ مقایسه خطا برای درصد تجمعی یکسان ۷۳

جدول ۴-۳ مقایسه خطا برای اندازه یکسان ۷۴

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- تصاویر مربوط به تحقیق باننا [۶] ۵
- شکل ۱-۲- تفاوت دو تصویر پولاریزه قطبی (سبز) و پولاریزه صفحه‌ای (زرد) [۷] ۶
- شکل ۱-۳- تصاویر مربوط به تحقیق فرنلند [۸] ۶
- شکل ۱-۴- نوارنقاله‌های آزمایشگاهی [۹] ۷
- شکل ۱-۵- تصاویر در رابطه با تحقیق تبات [۱۰] ۷
- شکل ۱-۶- تصاویر در رابطه با تحقیق بسا [۱۲] ۸
- شکل ۱-۷- تصاویر در رابطه با تحقیق بسا [۱۲] ۸
- شکل ۱-۸- تصاویر در رابطه با تحقیق راج [۱۳] ۹
- شکل ۱-۹- تصاویر آموزش هوش مصنوعی ۱۳
- شکل ۲-۱- نمونه‌ای از یک شبکه عصبی [۳۲] ۲۹
- شکل ۲-۲- نمونه‌ای از یک شبکه عصبی سه لایه [۳۲] ۳۱
- شکل ۳-۱- مثال‌هایی از ماتریس همسایگی ۳۷
- شکل ۳-۲- تبدیل ماتریس همسایگی به ماتریس همسایگی مجموع ۳۷
- شکل ۳-۳- تبدیل ماتریس همسایگی به ماتریس همسایگی تفاضل ۳۷
- شکل ۳-۴- تبدیل ماتریس همسایگی به ماتریس همسایگی مجموع مربعات ۳۸
- شکل ۳-۵- تبدیل ماتریس همسایگی به ماتریس همسایگی تفاضل مربعات ۳۸
- شکل ۳-۶- نحوه تبدیل و ذخیره ماتریس همسایگی تفاضل در بردار ستونی ۳۸
- شکل ۳-۷- نمایش ذخیره سازی و تعیین کلاس ۳۹
- شکل ۳-۸- عکس‌هایی که به منظور آموزش هوش مصنوعی به صورت دستی مرزبندی شده‌اند ۴۱
- شکل ۳-۹- نمایش عملکرد شبکه عصبی ۴۲
- شکل ۳-۱۰- نمایش تقسیم‌بندی داده‌ها ۴۳
- شکل ۳-۱۱- عکس باینری شده سنگدانه‌های در حال ریزش ۴۸
- شکل ۳-۱۲- نمایش تصحیح مرزبندی سنگدانه‌ها ۴۹
- شکل ۳-۱۳- تصویر پس زمینه فیلمبرداری و کاغذ ۱۰X۳ سانتیمتری ۵۲
- شکل ۳-۱۴- مراحل ترسیم نمودار دانه‌بندی مدل ۵۵
- شکل ۳-۱۵- فلوجارت آماده‌سازی هوش مصنوعی ۵۶
- شکل ۳-۱۶- فلوجارت مراحل پردازش تصویر در تحقیق ۵۷
- شکل ۴-۱- مقایسه افرازهای فیلم اول با نمودار واقعی ۶۲
- شکل ۴-۲- مقایسه دانه‌بندی چهار افراز فیلم اول ۶۴
- شکل ۴-۳- مقایسه افرازهای فیلم دوم با نمودار واقعی ۶۶

- شکل ۴-۴ مقایسه دانه‌بندی پنج افراز فیلم دوم ۶۷
- شکل ۴-۵ مقایسه افرازهای فیلم سوم با نمودار واقعی ۷۰
- شکل ۴-۶ مقایسه هفت افراز فیلم سوم ۷۱
- شکل ۴-۷ مقایسه دانه‌بندی استخراج شده از فیلم‌ها ۷۱

۱- فصل اول: هدف و ضرورت تحقیق و مروری بر تحقیقات گذشته

۱-۱- مقدمه

علم پردازش تصویر، از علوم پر کاربرد و مفید در زمینه مهندسی می باشد و از دیرباز مطالعات و تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه انجام شده است و پیشرفت‌های فراوانی در این زمینه حاصل شده است. سرعت گسترش این پیشرفت‌ها به حدی بوده است که می توان کاربرد پردازش تصویر را در بسیاری از علوم و صنایع به وضوح مشاهده نمود. امروزه با پیشرفت اسکنرها و دوربین‌های دیجیتالی امکان عکس‌برداری و ذخیره تصاویر با کیفیت بالا امکان پذیر شده و برنامه‌های مختلفی نیز در زمینه بهسازی و حذف نویزهای تصویر نوشته شده است و در برنامه‌های زیادی به خصوص نرم افزارهای مهندسی به کار گرفته شده است. به کمک این برنامه‌ها و تصاویر با کیفیت بالا می توان بسیاری از امور مهندسی را با سرعت و دقت بیشتری نسبت به گذشته انجام داد. نکته دیگر اینکه امروزه علوم مختلف با اشکال متفاوت در حال ترکیب شدن هستند و در زمینه‌های کاری متفاوت به یکدیگر کمک می کنند. که این امر موجب تسریع در پیشرفت امور مهندسی و پیشرفت بین رشته‌ای مهندسی گردیده است.

یکی از علوم دیگر که کاربرد زیادی در مهندسی مخابرات و سایر گرایش‌های مهندسی برق و همچنین دیگر علوم مهندسی دارد، هوش مصنوعی است. پایه این علم کار با داده‌ها و نتایج، به صورت آماری است. از این شاخه علمی به منظور پیش‌بینی نتایج مهندسی و استخراج ویژگی‌های یک سری داده که استنتاج آن‌ها برای انسان کاری مشکل است و نیازمند هزینه و زمان زیادی می باشد کمک می گیرند. بدین شکل که وقتی یک سری داده آزمایشگاهی که به سادگی نمی توان بین داده‌های ورودی و خروجی رابطه‌ای بدست آورد و یا اینکه نیاز به دسته‌بندی داده‌های زیادی بوده و گروه‌بندی آن‌ها مشکل است می توان از هوش مصنوعی کمک گرفت.

از کاربردهای پردازش تصویر می توان به بحث دانه‌بندی مصالح سنگ‌دانه اشاره کرد. یعنی به جای

استفاده از الک کردن سنگ‌دانه‌ها می‌توان با گرفتن عکسی و پردازش آن، خصوصیات مختلف سنگ-دانه‌ها را استخراج نمود که سرعت و دقت بالاتری نسبت به الک کردن داده‌ها دارد. در این تحقیق روشی جهت استخراج منحنی دانه بندی به کمک پردازش تصویر ارائه شده است. به منظور شناسایی نقاط مرزی سنگ‌دانه‌ها نسبت به هم از ابزار هوش مصنوعی برای پردازش داده تصویر کمک گرفته شده است. به این صورت که ابتدا چندین عکس به صورت دستی مرزبندی می‌شود (برای این منظور شدت نقاط مرزی برابر صفر و شدت نقاط داخلی سنگ‌دانه‌ها برابر با یک فرض می‌شود. به عبارتی تصویر به صورت دستی باینری می‌شود). با فرض اینکه بین شدت نور و رنگ نقاط داخل سنگ‌دانه یک‌سری روابط برقرار است که بدست آوردن آن به صورت تحلیلی کاری مشکل است، برنامه‌ای در جهت استخراج ویژگی روابط بین پیکسل‌های داخل سنگ‌دانه و مرز توسعه یافته است. سپس با مشخص کردن این ویژگی‌ها توسط هوش مصنوعی می‌توان داده‌های عکس را به دو گروه مرز و غیر مرز تقسیم کرد که نهایتاً منجر به باینری شدن تصویر و مشخص شدن شکل سنگ‌دانه‌ها می‌شود. و با اندازه گیری فاصله بین نقاط مرزی سنگ‌دانه به اندازه مورد نظر دست‌پیدا می‌شود. بنابراین اگر از یک نمونه مصالح سنگدانه در حال ریزش فیلم‌برداری شود و فیلم مورد نظر به عکس تبدیل شود، به کمک روش مد نظر استخراج اندازه مصالح سنگدانه برای هر عکس از فیلم و به دنبال آن برای تمامی عکس‌های فیلم مقدور می‌باشد که با جمع‌آوری داده‌های خروجی و مرتب کردن آن‌ها، منحنی دانه‌بندی ترسیم می‌شود.

۱-۲-هدف و ضرورت تحقیق

با توجه به اینکه امروزه زمان و هزینه در پروژه‌های عمرانی پارامترهای مهمی هستند و همه به دنبال صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌باشند، نیاز است تا در همه مراحل پروژه به این مهم پرداخته شود. از آنجایی که دانه‌بندی سنگ‌دانه‌ها توسط الک و استخراج خصوصیات سنگ‌دانه‌ها، نیاز به نیروی متخصص، هزینه و همینطور تجهیزات و آزمایشگاه مخصوص دارد و با توجه به پیشرفت علوم امروزی و این مطلب که به منظور راحت‌تر شدن کارها می‌توان از علوم کامپیوتری استفاده کرد، چه خوب است

که در زمان و هزینه با استفاده از علوم کامپیوتری صرفه جویی شود. در این تحقیق سعی شده است که منحنی دانه‌بندی سنگ‌دانه‌ها به کمک هوش مصنوعی و پردازش تصویر استخراج شود. لازم به ذکر است که در این روش نیروی متخصص و هزینه زیادی لازم نیست و فقط یک سری تجهیزات از قبیل دوربین و یک تصویر پیش‌زمینه لازم است که بعد از عکس‌برداری، با کامپیوتر به کمک برنامه‌ای که در این تحقیق توسعه یافته به پردازش تصویر پرداخته شده و منحنی دانه بندی سنگ‌دانه‌ها استخراج شود. با توجه به اینکه هنگام الک کردن، سنگدانه‌ها روی الک جابه‌جا می‌شوند و این مسئله که سنگدانه‌ها ابعاد متفاوتی دارند، این امکان وجود دارد که سنگدانه‌ای با وجه کوچکتر خود از الکی خارج شود، در صورتی که بزرگترین اندازه برای این سنگدانه از سایز الک بیشتر می‌باشد، بنابراین در این روش با خطای کمتری نسبت به الک کردن اندازه سنگ‌دانه‌ها استخراج می‌شود.

۱-۳-کاربردها

در مبحث کاربرد این روش در صنعت می‌توان به مواردی از قبیل ۱. استفاده در آزمایشگاه خاک با هزینه کمتر. ۲. استفاده در بچینگ پلانت^۱ جهت تعیین منحنی دانه‌بندی. ۳. استفاده در امر نظارت و بالا بردن سرعت کار و غیره اشاره کرد.

۱-۴-مروری بر تحقیقات انجام شده

با توجه به اینکه اهمیت شکل و اندازه سنگ‌دانه‌ها در ساخت و دوام بتن و انعطاف‌پذیری آسفالت در روسازی اثرات به‌سزایی دارد، نیاز است که خصوصیات سنگ‌دانه‌ها با توجه پیشرفت علوم امروزی و ظهور فناوری‌های نوین با سرعت و دقت بیشتری اندازه‌گیری شود [۱-۳].

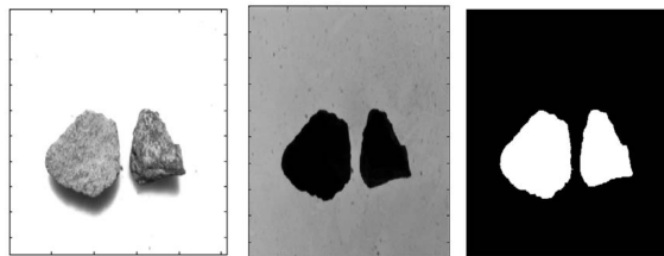
در سال ۲۰۰۱ تحقیقی مبنی بر آنالیز تصویر و کاربرد آن برای استخراج خصوصیات مورفولوژیکی^۲ مواد

1 . Batching Plant
2 . Morphology

در مهندسی عمران ارائه شده که در آن از فیلترهای linear و rank و morphological به منظور جدا کردن مواد و تشخیص مرز استفاده شده است توسط میشل کاستر^۱ و جین و لوییس چرمنت^۲ انجام شده است [۴].

در سال ۲۰۰۲ بر اساس تحقیقات کواوا^۳ و همکارانش که بر روی درشت‌دانه و ریز دانه انجام شده است برای تشخیص مرز سنگ‌دانه‌ها نسبت به هم از تبدیل موجک^۴ استفاده شده که برای اندازه‌گیری سنگ-دانه ابتدا به بهتر کردن تصویر پرداخته و سپس به شناسایی مرز و بعد علامت دار کردن هر ناحیه و نهایتاً اندازه‌گیری آن ناحیه پرداخته شده است [۵].

جهت دستیابی به وزن سنگ‌دانه‌های آهکی در سال ۲۰۰۳ بر اساس پژوهشی که بدست بانتا^۵ و همکارانش انجام شده بود، به منظور تشخیص نقاط مرزی از فیلتر سوبل^۶ استفاده شده و سپس به بهبود عکس پرداخته و بعد از آن به محاسبه جرم به کمک جرم مخصوص آهک و مساحت سنگ‌دانه که از عکس استخراج می‌شود پرداخته شده است [۶].



الف

ب

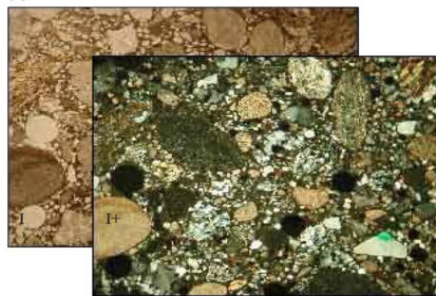
الف

شکل ۱-۱- تصاویر مربوط به تحقیق بانتا [۶]

الف: عکس سیاه و سفید از سنگ‌دانه‌های آهکی. ب: تصویر الف که فیلتر سوبل بر روی آن اعمال شده است. ج: باینری و معکوس شده شکل ب.

-
- 1 . Michel Coaster
 - 2 . Jean-Louis Chermant
 - 3 . Qiao
 - 4 . Wavelet Transform
 - 5 . Banta
 - 6 . Sobel Filter

بر مبنای پژوهشی در سال ۲۰۰۴ که بدست مارینونی^۱ و همکارانش انجام شده از تکنیک دیجیت^۲ کردن و مقدار آستانه برای تفکیک اشیا نسبت به هم استفاده شده است. به این صورت که دو تا عکس گرفته می‌شود که یکی در نور پولاریزه قطبی و دیگری در نور پولاریزه هم‌صفحه گرفته شده (شکل ۱-۲) و با اعمال عملگرهای محاسباتی بر روی این دو عکس (جمع و تفریق دو عکس) و بررسی هیستوگرام خاکستری آن و پیدا کردن نقاط سفید و سیاه می‌توان سطح مربوط به هر ماده در تصویر را مشخص نمود [۷].



شکل ۱-۲ تفاوت دو تصویر پولاریزه قطبی (سبز) و پولاریزه صفحه‌ای (زرد) [۷]

طی تحقیقی در سال ۲۰۰۵ که توسط فرنلند^۳ در آن به تحلیل اندازه و شکل در عکس‌های سه بعدی برای استخراج خصوصیات فیزیکی سنگ‌دانه‌ها پرداخته می‌شود، از دو عکس استفاده می‌شود که در یکی کمترین مساحت از سنگ و در دیگری بیشترین مساحت از سنگ تصویر شده است (شکل ۱-۳) و به منظور تشخیص مرز از پیش‌زمینه‌ای به رنگ سبز و نرم‌افزاری مخصوص تصویر کمک گرفته شده است. سپس به محاسبه اندازه بزرگترین بعد سنگ‌دانه پرداخته شده است [۸].



ب



الف

شکل ۱-۳ تصاویر مربوط به تحقیق فرنلند [۸]

الف: بیشترین مساحت تصویر شده در عکس. ب: کمترین مساحت تصویر شده در عکس

- 1 . Marinoni
- 2 . Digit
3. Fernuland

در مورد مشخص کردن خصوصیات سنگ‌دانه‌ها، تحقیقی در سال ۲۰۰۷ توسط سوئیفت^۱ ارائه شد که در این تحقیق از تجهیزاتی به نام Black Mini-Conveyor Belt و Translucent Rotating Table استفاده شده که با گذاشتن سنگ‌دانه‌ها بر روی این تجهیزات و نورپردازی و عکس‌برداری، ورودی برای پردازش آماده می‌شود. که در مرحله پردازش، تصویر باینری شده و سپس خصوصیات سنگ‌دانه از تصویر باینری شده استخراج می‌گردد [۹].



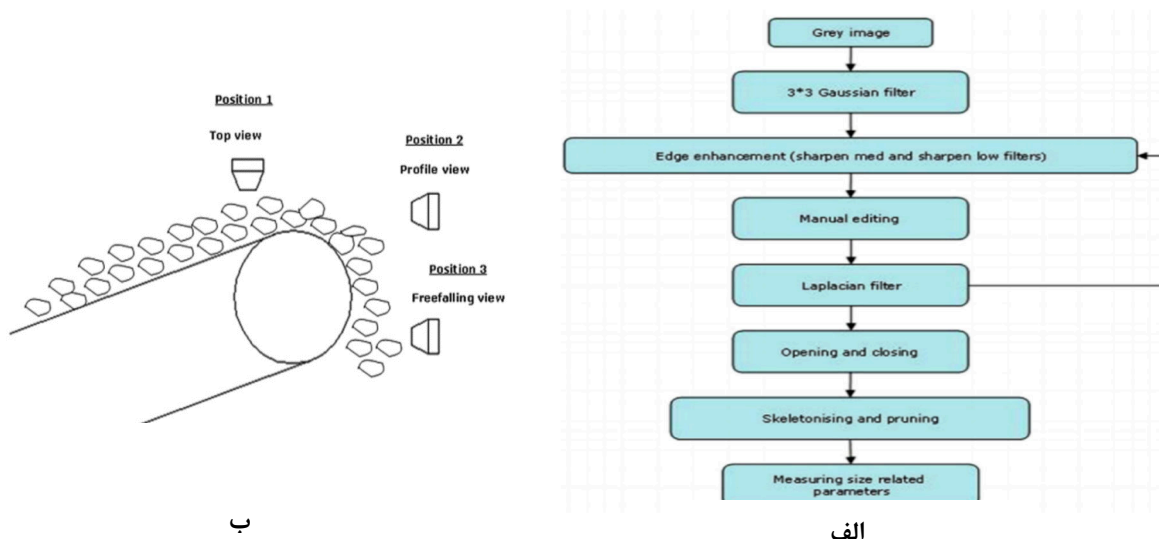
ب

الف

شکل ۱- ۴ نوارنقاله‌های آزمایشگاهی [۹]

الف. دستگاه Black Mini-Conveyor Belt. ب. دستگاه Translucent Rotating Table

تحقیق دیگری که در سال ۲۰۰۷ توسط تیبات^۲ و همکارانش بر روی استخراج منحنی دانه‌بندی سنگ‌دانه‌هایی که روی نوار نقاله هستند انجام شده است و از سه دوربین عکس‌برداری به منظور بررسی سنگ در حالات مختلف فیلم‌برداری شده است. و برای مشخص کردن مرز سنگ‌دانه‌ها نسبت به یکدیگر



ب

الف

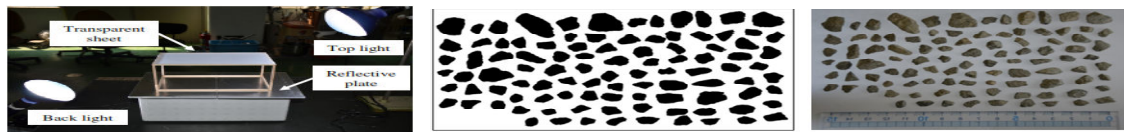
شکل ۵- ۵ تصاویر در رابطه با تحقیق تیبات [۱۰]

الف. فلوچارت مراحل کار از عکس‌برداری تا دانه‌بندی ب. نحوه و محل قرارگیری دوربین‌ها

1. Swift
2. Thybat

و استخراج منحنی دانه‌بندی از فلوچارت شکل ۱-۵. الف استفاده شده است [۱۰].

در سال ۲۰۱۲ طبق تحقیقاتی که توسط اوگوارا^۱ و همکارانش انجام شد، سنگ‌دانه‌ها به صورت دستی بر روی مطابق شکل ۱-۶ بر روی کاغذی سفید مرتب شده و به کمک باینری کردن تصویر و یک‌سری تکنیک‌های پردازش تصویر اندازه سنگ‌دانه‌ها استخراج شده است [۱۱].



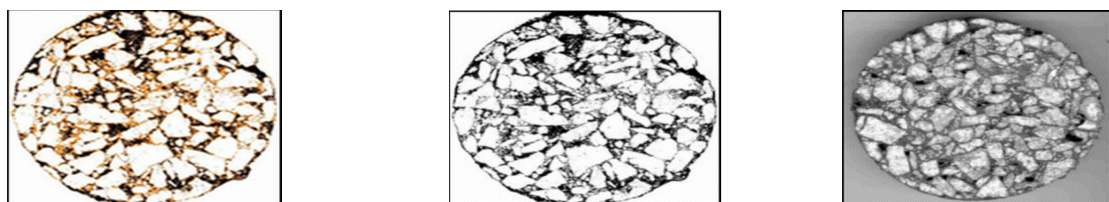
ب

الف

شکل ۱-۷ تصاویر در رابطه با تحقیق بسا [۱۲]

الف: عکس دیجیتالی. ب: عکس سیاه و سفید شکل الف. ج: شناسایی مرزها

به منظور شناسایی مشخصات سنگ‌دانه‌های آسفالت بر اساس پژوهشی که در سال ۲۰۱۲ توسط بسا^۲ و همکارانش انجام شده از اشعه ایکس برای عکس‌برداری استفاده شده است و با توجه به تفاوت رنگ آسفالت و سنگ‌دانه‌های موجود قادر بود ناحیه‌ای که مربوط به سنگ‌دانه‌ها است را به کمک تکنیک‌های پردازش تصویر از آسفالت جدا کرده و به شناسایی خصوصیات سنگ‌دانه‌ها بپردازد [۱۲].



ج

ب

الف

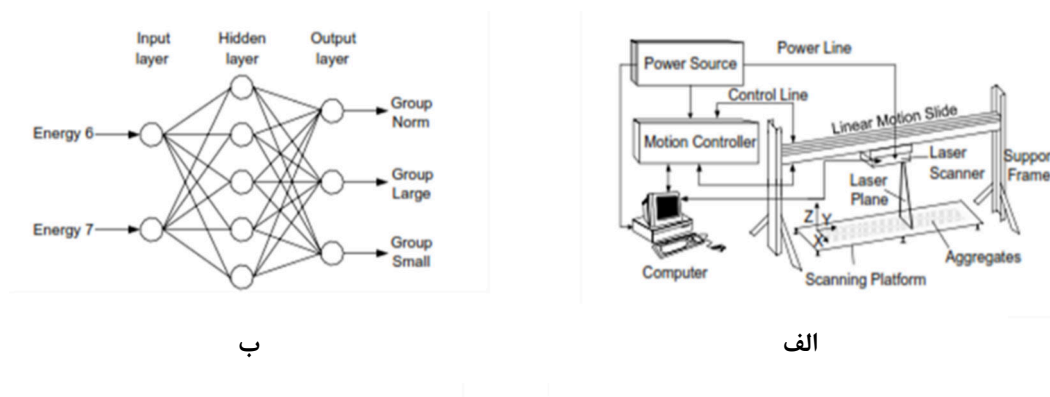
شکل ۱-۶ تصاویر در رابطه با تحقیق بسا [۱۲]

الف: عکس دیجیتالی. ب: عکس سیاه و سفید شکل الف. ج: شناسایی مرزها

در زمینه کاربرد هوش مصنوعی بر روی پردازش تصویر سنگ‌دانه‌ها تحقیقی توسط راج^۳ و همکارانش انجام گرفته که در این تحقیق از یک وسیله به نام Laser-based Aggregate Scanning (شکل

1. Ogiwara
2. Bessa
3. Rauch

۸-۱ الف) و یک شبکه عصبی با سه نورون در لایه اول و پنج نورون در لایه دوم و سه نورون در لایه خروجی استفاده شده است (شکل ۸-۱ ب). با توجه به اینکه آزمایش‌های اولیه در تحقیق راج نشان می‌داد که سطح ششم و هفتم انرژی بیشترین تفاوت را بین گروه‌های سنگدانه در تصویر ایجاد می‌کند، از این دو مقدار برای ورودی شبکه عصبی استفاده شده تا تفکیک آن‌ها راحت‌تر صورت پذیرد [۱۳].



شکل ۸-۱ تصاویر در رابطه با تحقیق راج [۱۳]

الف: دستگاه Laser-based Aggregate Scanning. ب: شبکه عصبی مصنوعی در پروژه

به طور خلاصه تفاوت‌ها و شباهت‌های تحقیق فعلی و دیگر محققان در جدولی به شکل زیر بحث شده است.

جدول ۱-۱ مقایسه کار دیگر محققین با تحقیق فعلی

سال تحقیق	محقق یا محققین	شباهت با تحقیق فعلی	تفاوت با تحقیق فعلی
۲۰۰۱	میشل کاستر، جین و لوییس چرمنت	۱- شناسایی مرزها در تصویر	۱- جهت تشخیص مرز سنگدانه از یک سری فیلترهای خاص استفاده شده است. ۲- عدم اتوماسیون بودن

<p>۳- ثابت بودن سنگدانه-ها</p>			
<p>۱- استفاده از تبدیل موجک</p> <p>۲- انجام تحقیق بر روی ریزدانه</p> <p>۳- ثابت بودن سنگدانه-ها</p>	<p>۱- شناسایی مرزها در تصویر</p> <p>۲- اتوماسیون بودن روش</p>	<p>کواوا و همکارانش</p>	<p>۲۰۰۲</p>
<p>۱- استفاده از تبدیل فوریه بر روی مقادیر پیکسل‌ها</p> <p>۲- استفاده از اسکن لیزری</p> <p>۳- ثابت بودن سنگدانه-ها</p>	<p>۱- شناسایی مرزها در تصویر</p> <p>۲- استفاده از هوش مصنوعی</p>	<p>راچ و همکارانش</p>	<p>۲۰۰۲</p>
<p>۱- استفاده از تبدیل سوبل</p> <p>۲- عدم اتوماسیون بودن</p> <p>۳- ثابت بودن سنگدانه-ها</p>	<p>۱- شناسایی مرزها در تصویر</p>	<p>بان‌تا و همکارانش</p>	<p>۲۰۰۳</p>

<p>۱-تکنیک دیجیت کردن تصویر ۲-بررسی تفاوت حالت- های مختلف تصویر- برداری</p>	<p>۱-شناسایی مرزها در تصویر</p>	<p>مارینونی و همکارانش</p>	<p>۲۰۰۴</p>
<p>۱-استفاده از تصاویر سه بعدی ۲-تصویربرداری در حالت های مختلف قرارگیری سنگدانه ها ۳- عدم اتوماسیون بودن ۴-ثابت بودن سنگدانه- ها</p>	<p>۱-شناسایی مرزها در تصویر ۲-استفاده از یک پیش زمینه با رنگ خاص</p>	<p>فرلند</p>	<p>۲۰۰۵</p>
<p>۱-استفاده از مقدار آستانه جهت تشخیص مرز ۲-بررسی سنگدانه ها به صورت منفرد ۳-عدم اتوماسیون بودن</p>	<p>۱-شناسایی مرزها در تصویر ۲-استفاده از یک پیش زمینه با رنگ خاص</p>	<p>سوئیفت و همکارانش</p>	<p>۲۰۰۷</p>

<p>۴- ثابت بودن سنگدانه- ها</p>			
<p>۱- استفاده از سه دوربین ۲- مقایسه دانه بندی با دانه بندی توسط الک ۳- عدم اتوماسیون بودن</p>	<p>۱- شناسایی مرزها در تصویر ۲- تصویربرداری از سنگدانه های در حال حرکت</p>	<p>تبیات و همکارانش</p>	<p>۲۰۰۷</p>
<p>۱- استفاده از فیلترهایی جهت تشخیص مرز محاسبه مساحت و حجم سنگدانه ها یه صورت تقریبی ۳- عدم اتوماسیون بودن ۴- ثابت بودن سنگدانه- ها</p>	<p>۱- شناسایی مرزها در تصویر ۲- استفاده از یک پیش زمینه با رنگ خاص</p>	<p>اوگوارا و همکارانش</p>	<p>۲۰۱۲</p>

۱-۵-نگاهی بر این تحقیق

مسئله مورد بررسی در این پژوهش استخراج منحنی دانه‌بندی سنگدانه‌ها توسط پردازش تصویر و شبکه عصبی می‌باشد. لازم به ذکر است که از تصاویر سیاه و سفید گرفته شده از سنگدانه که محدوده شدت پیکسل‌های آن بین ۰ تا ۲۵۵ می‌باشد استفاده شده است و اینکه سنگدانه‌ها در حال سقوط بوده و سرعت اولیه ندارند، در ضمن فرض شده که سنگدانه‌ها به صورت صفحه‌ای ریزش می‌کنند، به عبارتی سنگدانه‌ای پشت سنگدانه دیگر قرار نمی‌گیرد. همان‌طور که قبلاً ذکر شد در این پژوهش از شبکه عصبی به منظور پردازش تصویر سنگدانه استفاده شده است. در این راستا برنامه‌ای که توسط هوش مصنوعی توسعه یافته و آموزش دیده است، به پردازش تصویر پرداخته که منجر به صفر و یک شدن عکس (باینری شدن آن) می‌شود. بدین گونه که این برنامه پیکسل‌هایی از عکس را که داخل سنگدانه را نشان می‌دهند را مقدار یک و پیکسل‌هایی که مرز سنگدانه را نشان می‌دهند مقدار صفر می‌دهد. سپس با اندازه‌گیری بیشترین فاصله بین نقاط مرزی برای هر سنگدانه، بیشترین اندازه آن سنگدانه استخراج می‌شود. البته لازم به ذکر است که در فصل چهار و پنج از این تحقیق به طور مفصل در این موارد و روش تحقیق و نتایج گرفته شده بحث خواهد شد ولی به منظور روشن شدن مطلب چند نمونه عکس در شکل ۱-۹ آورده شده است.



ب



د



الف



ج



شکل ۱-۹ تصاویر آموزش هوش مصنوعی

تصاویر ب، د، و به ترتیب باینری شده تصاویر الف، ج، ه هستند

۲- فصل دوم: مقدمه‌ای بر پردازش تصویر و هوش مصنوعی

۲-۱- مفاهیم اولیه پردازش تصویر

۲-۱-۱- تعریف پردازش تصویر^۱

امروزه پردازش تصویر بیشتر به موضوع پردازش تصویر دیجیتال گفته می‌شود که شاخه‌ای از دانش رایانه است و با پردازش سیگنال دیجیتال که نماینده تصاویر برداشته شده با دوربین دیجیتال هستند سر و کار دارد. پردازش تصاویر دارای دوشاخه عمده بهبود تصاویر و بینایی ماشین است. بهبود تصاویر دربرگیرنده روش‌هایی چون استفاده از فیلتر محوکننده و افزایش تضاد برای بهتر کردن کیفیت دیداری تصاویر و اطمینان از نمایش درست آن‌ها در محیط مقصد، مانند چاپگر یا نمایشگر رایانه است، درحالی که بینایی ماشین به روش‌هایی می‌پردازد که به کمک آن‌ها می‌توان معنی و محتوای تصاویر را درک کرد تا از آن‌ها در کارهایی چون رباتیک و محور تصاویر استفاده شود. در معنای خاص آن پردازش تصویر عبارت است از هر نوع پردازش سیگنال که ورودی یک تصویر است، مثل عکس یا صحنه‌ای از یک فیلم. خروجی پردازشگر تصویر می‌تواند یک تصویر یا یک مجموعه از نشانه‌ای ویژه یا متغیرهای مربوط به تصویر باشد. اغلب فن‌های پردازش تصویر شامل برخورد با تصویر به عنوان یک سیگنال دو بعدی و بکار بستن تکنیک‌های استاندارد پردازش سیگنال روی آن‌ها می‌شود. پردازش تصویر اغلب به پردازش دیجیتالی تصویر اشاره می‌کند ولی پردازش نوری و آنالوگ تصویر هم وجود دارد [۱۴-۱۵].

۲-۱-۲- تاریخچه پردازش تصویر

در اوایل دهه ۶۰ سفینه فضایی رنج ۷^۲، متعلق به ناسا شروع به ارسال تصاویر تلویزیونی مبهمی از سطح ماه به زمین کرد. استخراج جزئیات تصویر برای یافتن محلی برای فرود سفینه آپولو^۳ نیازمند اعمال تصمیماتی روی تصاویر بود. این کار مهم به لابراتوار پروپالشن جت^۴ واگذار شد. بدین ترتیب زمینه

-
1. Image Processing
 2. Renge 7
 3. Apolo
 4. Jet Propultion

تخصصی پردازش تصاویر رقومی آغاز گردید. فن‌های زیادی از پردازش تصویر دیجیتال در سال ۱۹۶۰ در آزمایشگاه پروپالشن جت دانشگاه ماساچوست و آزمایشگاه‌های بل دانشگاه مریلند و تعدادی دیگر از مؤسسات با کار بر روی تصاویر ماهواره‌ای، پزشکی، تماس تصویری، شناخت خصوصیات و بهتر کردن تصویر توسعه یافته است. هزینه پردازش برای آن دوره از زمان خیلی زیاد بوده که این وضعیت در سال ۱۹۷۰، هنگامی که پردازش تصویر بر روی کامپیوترهای ارزان‌تر گسترش یافت و سخت‌افزارهای موجود تخصصی‌تر شد، تغییر کرد. در نتیجه تصاویر در یک زمان معقول برای مشکلات خاصی از قبیل تبدیل استانداردهای تلویزیونی قابل پردازش بودند. هنگامی که کامپیوترها سریع‌تر شدند نقش سخت‌افزارهای تخصصی برای همه زمینه‌ها (اغلب خیلی تخصصی و فشرده) را به عهده گرفتند [۱۶].

۲-۱-۳- تصاویر رقمی (دیجیتالی)

تصاویر سنجش شده، از تعداد بسیار زیادی از مربع‌های کوچک، مشهور به پیکسل تشکیل شده است. هر پیکسل دارای یک شماره رقم^۱ است که بیان‌گر مقدار روشنایی آن پیکسل است. به این نوع از تصاویر، تصاویر رستری^۲ هم می‌گویند. هر تصویر رستری از تعدادی سطر و تعدادی ستون تشکیل شده است [۱۴].

مقادیر پیکسل‌ها

برای مشخص کردن رنگ یک پیکسل^۳، روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. آنچه که متداول‌تر است RGB^۴ است که ۳ کانال مختلف برای ۳ رنگ قرمز، سبز و آبی در نظر گرفته می‌شوند اما در پردازش تصویر از فضاهاى رنگی دیگر، استفاده بیشتری می‌شود. برای مثال فضای رنگ HSV^۵. در صورتی که از ۳ کانال قرمز و سبز و آبی استفاده شود و برای هر کانال ۸ بیت در نظر گرفته شود، هر کانال دارای ۲۵۶ حالت خواهد بود. در نتیجه هر پیکسل می‌تواند ۱۶۷۷۷۲۱۶ (۲۵۶ به توان ۳) رنگ مختلف را نشان

-
1. Digital Number
 2. Raster Image
 3. Pixel
 4. Red-Green-Blue
 5. Hue-Saturation-Value

دهد [۱۴].

تفکیک پذیری تصویر

تفکیک پذیری تصویر به تعداد پیکسل‌ها در طول و عرض تصویر بستگی دارد [۱۴].

وضوح رادیومتریک تصویر^۱

در یک تصویر ۴ بیتی، حداکثر دامنه روشنایی ۱۶ (۲ به توان ۴) می‌باشد که دامنه آن از ۰ تا ۱۵ نشان داده می‌شود. این تصویر در مقایسه با تصاویر با نرخ بیت بالاتر، کیفیت پایین‌تری را به نمایش می‌گذارد. تصویر ۸ بیتی، حداکثر دامنه روشنایی ۲۵۶ را دارد، یعنی تغییرات هر پیکسل آن بین ۰ تا ۲۵۵ است، بنابراین رزولوشن رادیومتریک بهتری دارد [۱۴].

۲-۱-۴- عملیات اصلی در پردازش تصویر

منظور از عملیات اصلی در پردازش تصویر، اعمالی است که بر روی عکس یا تصویر انجام می‌شود که عکس یا تصویر مورد نظر حاصل شود. برای مثال، به کمک تبدیلات هندسی، تغییر اندازه و چرخش عکس انجام می‌شود. مباحثی از قبیل تغییر روشنایی، وضوح و یا تغییر فضای رنگ به حیطة تغییر رنگ مربوط می‌شود.

و چندین عمل اصلی دیگر شامل ترکیب کردن و فشردن تصاویر، ناحیه بندی و بهبود کیفیت، ذخیره سازی اطلاعات و انطباق تصاویر، بررسی کیفیت عکس، از اعمالی هستند که با اصطلاح عملیات اصلی در پردازش تصویر شناخته می‌شوند [۱۴].

۲-۱-۵- فشرده‌سازی^۱ تصاویر

برای ذخیره‌سازی تصویر به دنبال روشی هستیم تا به کمک آن روش بتوانیم حجم اطلاعات را تا جایی که ممکن است کاهش دهیم. اساس بسیاری از روش‌های فشرده‌سازی، کنار گذاشتن بخش‌هایی از اطلاعات و داده‌ها است. ضریب یا نسبت فشرده‌سازی، عددی است که میزان کنار گذاشتن اطلاعات را نشان می‌دهد. فشرده‌سازی تصاویر، ذخیره‌کردن و انتقال آنها را آسان‌تر می‌کند و می‌تواند سبب کاهش پهنای باند و فرکانس مورد نیاز برای ارسال تصاویر شود. امروزه روش‌های متعدد و پیشرفته‌ای برای فشرده‌سازی وجود دارد. فشرده‌سازی تصویر با توجه به این اصل مهم صورت می‌گیرد که چشم انسان حد فاصل دو عنصر تصویری نزدیک به هم را یکسان دیده و به خوبی تمایز آنها را نمی‌تواند تشخیص دهد. همچنین اثر نور و تصویر برای مدت زمان معینی در چشم باقی می‌ماند که این پدیده در ساخت تصاویر متحرک مورد توجه می‌باشد [۱۴].

روش JPEG^۲

از این روش در فشرده‌سازی عکس و تصاویر گرافیکی ساکن استفاده می‌شود. اولین و ساده‌ترین روش در فشرده‌سازی تصویر است که در ابتدا سعی شد برای فشرده‌سازی تصاویر متحرک نیز مورد استفاده قرار گیرد. برای این منظور تصاویر به صورت فریم به فریم مانند عکس فشرده می‌شدند و سپس با ابداع روش MOTION JPEG برای ارتباط دادن این عکس‌ها به هم تلاش می‌شد که با مشکلاتی همراه بود [۱۷].

روش MPEG^۳

این روش در ابتدای سال ۹۰ ابداع شد و در آن اطلاعات تصویر با سرعت حدود ۱/۵ مگابیت بر ثانیه

-
1. Image Compressing
 2. Joint Photographic Expert Group
 3. Moving Picture Expert Group

انتقال پیدا می‌کند که در تهیه تصاویر ویدئویی استفاده می‌شود. با این روش امکان ذخیره حدود ۶۵۰ مگابایت اطلاعات معادل حدود ۷۰ دقیقه تصویر متحرک در یک دیسک به وجود آمد. در MPEG بیت‌های اطلاعات به صورت سریال ارسال می‌شوند و به همراه آنها بیت‌های کنترل و هماهنگ‌کننده نیز ارسال می‌شوند که موقعیت و نحوه قرارگیری بیت‌های اطلاعاتی را برای انتقال و ثبت اطلاعات صدا و تصویر تعیین می‌کنند [۱۷-۱۸].

روش MPEG2

در روش MPEG2 از ضریب فشرده‌سازی بالاتری استفاده می‌شود و امکان دسترسی به اطلاعات ۳ تا ۱۵ مگابایت بر ثانیه است. از این روش در دی‌وی‌دی‌های امروزی استفاده می‌شود که در اینجا نیز هر فریم از تصویر، شامل چندین سطر از اطلاعات دیجیتالی است [۱۷].

روش MPEG4

از این روش برای تجهیزاتی که با انتقال سریع یا کند اطلاعات سر و کار دارند استفاده می‌شود. این روش توانایی جبران خطا و ارائه تصویر با کیفیت بالا را دارد. مسئله خطا و جبران آن در مورد تلفن‌های همراه و کامپیوترهای خانگی و لپ‌تاپ‌ها و شبکه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. در شبکه‌های کامپیوتری باید تصویر برای کاربرانی که از مودم‌های سریع یا کند استفاده می‌کنند به خوبی نمایش داده شود، در چنین حالتی روش MPEG4 مناسب است. از این روش در دوربین‌های تلویزیونی نیز استفاده می‌شود. ایده اصلی این روش تقسیم یک فریم ویدئویی به یک یا چند موضوع است که مطابق قاعده خاصی کنار هم قرار می‌گیرند مانند درختی که از روی برگ‌های آن بتوان به شاخه تنه یا ریشه آن دست یافت. هر برگ می‌تواند شامل یک موضوع صوتی یا تصویری باشد. هر کدام از این اجزاء به صورت مجزا و جداگانه قابل کپی و یا انتقال هستند. این تکنیک را با آموزش زبان می‌توان مقایسه کرد [۱۷].

همان طوری که در آموزش زبان، کلمات به صورت مجزا و جداگانه قرار داده می‌شوند و ما با مرتب کردن آن جملات خاصی می‌سازیم و می‌توانیم در چند جمله، کلمات مشترک را فقط یک‌بار بنویسیم و هنگام مرتب کردن آن‌ها به کلمات مشترک رجوع کنیم، در اینجا هم هر یک از این اجزاء یک موضوع خاص را مشخص می‌کند و ما می‌توانیم اجزاء مشترک را فقط یک‌بار به کار ببریم و هنگام ساختن موضوع به آنها رجوع کنیم. هر یک از موضوعات هم می‌توانند با موضوعات دیگر ترکیب و مجموعه جدیدی را بوجود آورند. این مسئله باعث انعطاف‌پذیری و کاربرد فراوان روش MPEG4 می‌شود. برای مثال به صحنه بازی تنیس توجه کنید. در یک بازی تنیس می‌توان صحنه را به دو موضوع بازیکن و زمین بازی تقسیم کرد، زمین بازی همواره ثابت است، بنابراین بعنوان یک موضوع ثابت همواره تکرار می‌شود ولی بازیکن همواره در حال حرکت است و چندین موضوع مختلف خواهد بود. این مسئله سبب کاهش پهنای باند اشغالی توسط تصاویر دیجیتالی می‌شود. توجه داشته باشید که علاوه بر سیگنال‌های مربوط به این موضوعات، سیگنال‌های هماهنگ کننده‌ای هم وجود دارند که نحوه ترکیب و قرارگیری صحیح موضوعات را مشخص می‌کنند [۱۷].

۲-۱-۶- روش‌های پردازش تصاویر

ترمیم تصویر

بیشتر تصاویری که توسط ماهواره‌ها یا رادارها ثبت می‌گردند، اختلالاتی در خود دارند که به دلیل خش می‌باشد. دو اختلال مهم در تصاویر چند بانده، نواری شدن^۱: اشتباهی که توسط سنسور گیرنده، در ثبت و انتقال داده‌ها روی می‌دهد، و یا تغییر پیکسل در بین ردیف‌ها که می‌تواند باعث ایجاد چنین اشتباهی گردد. خطوط از جا افتاده: اشتباهی که در ثبت و انتقال داده‌ها روی می‌دهد و در نتیجه، یک ردیف پیکسل در عکس از بین می‌رود، می‌باشد. یکی از کارهای مهمی که در پردازش تصویر انجام می‌گردد، بالا بردن دقت عکس به منظور دید و تفسیر چشمی دقیق تر می‌باشد. روش‌های بسیاری برای

رسیدن به این هدف وجود دارد ولی مهمترین آنها، افزایش وضوح تصویر و عملیات فیلتر کردن می باشد. در هر تصویر دیجیتالی، مقادیر پیکسل‌ها بیانگر خصوصیات آن تصویر (مانند میزان روشنایی تصویر و وضوح آن) می باشد. هیستوگرام تصویر در حقیقت بیان گرافیکی میزان روشنایی تصویر می باشد. مقادیر روشنایی (برای مثال ۰-۲۵۵) در طول محور X بیان شده و میزان فراوانی هر مقدار در محور Y بیان می گردد. معمولاً دامنه مقادیر پیکسل‌های یک تصویر با هر بیتی، (در اینجا مثلاً ۸ بیت)، تمام مقادیر از صفر تا ۲۵۵ را شامل نمی شود و مثلاً بین ۴۸ تا ۱۵۳ می باشد. برای افزایش تباین، مقادیر پیکسل‌ها را آنقدر امتداد می دهیم تا ۴۸ به جای ۰ و ۱۵۳ به جای ۲۵۵ قرار گیرد. در نتیجه وضوح و همچنین کیفیت عکس بهتر می شود. به این عمل، کشش خطی گویند.

۲-۱-۷- کاربردهای پردازش تصویر

امروزه با پیشرفت تجهیزات تصویر برداری و الگوریتم‌های پردازش تصویر شاخه جدیدی در کنترل کیفیت و ابزار دقیق به وجود آمده است و هر روز شاهد عرضه سیستم‌های تصویری پیشرفته برای سنجش اندازه، کالیبراسیون، کنترل اتصالات مکانیکی، افزایش کیفیت تولید و غیره هستیم. با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر می توان دگرگونی اساسی در خطوط تولید ایجاد کرد. بسیاری از پروسه‌های صنعتی که تا چند دهه پیش پیاده‌سازی شان دور از انتظار بود، هم اکنون با بهره‌گیری از پردازش هوشمند تصاویر به مرحله عمل رسیده‌اند. از جمله منافع کاربرد پردازش تصویر، افزایش سرعت و کیفیت تولید، کاهش ضایعات، اصلاح روند تولید و گسترش کنترل کیفیت می باشد. کنترل ماشین آلات و تجهیزات صنعتی یکی از وظایف مهم در فرایندهای تولیدی است. به کارگیری کنترل خودکار و اتوماسیون روزبه‌روز گسترده‌تر شده و رویکردهای جدید با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نو، امکان رقابت در تولید را فراهم می سازد. لازمه افزایش کیفیت و کمیت یک محصول، استفاده از ماشین آلات پیشرفته و اتوماتیک می باشد. ماشین آلاتی که بیشتر مراحل کاری آنها به طور خودکار صورت گرفته و اتکای آن به عوامل انسانی کمتر باشد. امروزه استفاده از تکنولوژی ماشین بینایی و تکنیک‌های پردازش تصویر

کاربرد گسترده‌ای در صنعت پیدا کرده‌است و کاربرد آن بویژه در کنترل کیفیت محصولات تولیدی، هدایت روبات و مکانیزم‌های خود هدایت شونده روز به روز گسترده‌تر می‌شود.

عدم اطلاع کافی بعضی مهندسان در بعضی کشورها از تکنولوژی ماشین بینایی و عدم آشنایی با توجیه اقتصادی به کارگیری آن موجب شده‌است که در استفاده از این تکنولوژی تردید و در بعضی مواقع واکنش منفی وجود داشته باشد. علی‌رغم این موضوع، ماشین بینایی روز به روز کاربرد بیشتری پیدا کرده و روند رشد آن چشمگیر بوده‌است. عملیات پردازش تصویر در حقیقت مقایسه دو مجموعه عدد است که اگر تفاوت این دو مجموعه از یک محدوده خاص فراتر رود، از پذیرفتن محصول امتناع شده و در غیر این صورت محصول پذیرفته می‌شود. برای مثال پروژه‌هایی که در زمینه پردازش تصاویر پیاده‌سازی شده است، ۱. اندازه‌گیری و کالیبراسیون. ۲. جداسازی پین‌های معیوب. ۳. بازرسی لیبل و خواندن بارکد. ۴. بازرسی عیوب چوب. ۵. بازرسی قرص. ۶. بازرسی و دسته‌بندی زعفران. ۷. درجه‌بندی و دسته‌بندی کاشی. ۸. بازرسی میوه. ۹. بازرسی شماره چک. این پروژه‌ها با استفاده از پردازش تصویر، شمارش و اندازه‌گیری اشیاء، دسته‌بندی اشیاء، تشخیص عیوب مثل تشخیص ترک و بسیاری عملیات دیگر را انجام می‌دهند. اندازه‌گیری دقیق و سنجش فواصل کوچک یکی از دغدغه‌های اصلی در صنایع حساس می‌باشد. به کمک سیستم‌های مبتنی بر پردازش تصویر می‌توان اشکال پیچیده صنعتی را با سرعت و دقت بالا اندازه‌گیری کرد. رشد استفاده از سیستم‌های کنترل هوشمند سرعت و ثبت تخلف در سال‌های اخیر مشهود بوده است. این سیستم‌ها برای تشخیص سرعت خودروهای عبوری، از روش‌های متفاوتی استفاده می‌کنند. در این زمینه می‌توان از الگوریتم‌های پردازش تصویر استفاده کرد. با استفاده از دو دوربین و کالیبره کردن آن‌ها و پردازش تفاوت دید موجود در تصاویر بدست آمده از دو دوربین امکان تشخیص عمق خودروی عبوری فراهم می‌شود، و با توجه به مکان خودرو در لحظه‌های مختلف، سرعت خودرو قابل محاسبه است.

۲-۲- مبانی هوش مصنوعی

هوش مصنوعی^۱ یا هوش ماشینی به هوشی که یک ماشین در شرایط مختلف از خود نشان می‌دهد، گفته می‌شود، به عبارت دیگر هوش مصنوعی به سیستم‌هایی گفته می‌شود که می‌توانند واکنش‌هایی مشابه رفتارهای هوشمند انسانی از جمله درک شرایط پیچیده، شبیه‌سازی فرایندهای تفکری و شیوه‌های استدلالی انسانی و پاسخ موفق به آنها، یادگیری و توانایی کسب دانش و استدلال برای حل مسایل را داشته باشند. بیشتر نوشته‌ها و مقاله‌های مربوط به هوش مصنوعی، آن را به عنوان «دانش شناخت و طراحی عامل‌های هوشمند» تعریف کرده‌اند [۱۹].

هوش مصنوعی را باید عرصه پهناور تلاقی و ملاقات بسیاری از دانش‌ها، علوم و فنون قدیم و جدید دانست. ریشه‌ها و ایده‌های اصلی آن را باید در فلسفه، زبان‌شناسی، ریاضیات، روان‌شناسی، عصب‌شناسی، فیزیولوژی، تئوری کنترل، احتمالات و بهینه‌سازی جستجو کرد و کاربردهای گوناگون و فراوانی در علوم رایانه، علوم مهندسی، علوم زیست‌شناسی و پزشکی، علوم اجتماعی و بسیاری از علوم دیگر دارد.

از زبان‌های برنامه‌نویسی هوش مصنوعی می‌توان به لیسپ^۲، پرولوگ^۳، کلیپس^۴ و ویپی اکسپرت اشاره کرد.

یک «عامل هوشمند» سیستمی است که با شناخت محیط اطراف خود، شانس موفقیت خود را پس از تحلیل و بررسی افزایش می‌دهد. جان ماکارتی^۵ که واژه هوش مصنوعی را در سال ۱۹۵۶ استفاده نمود، آن را «دانش و مهندسی ساخت ماشین‌های هوشمند» تعریف کرده است [۲۰].

-
1. Artificial Intelligence
 2. Lisp
 3. Prolog
 4. Eclips
 5. John Macarty

۲-۲-۱- تعریف و طبیعت هوش مصنوعی

هنوز تعریف دقیقی برای هوش مصنوعی که مورد توافق دانشمندان این علم باشد ارائه نشده است و این به هیچ وجه مایه تعجب نیست چرا که مقوله مادر و اساسی‌تر از آن، یعنی خود هوش هم هنوز بطور همه‌جانبه و فراگیر تعریف نشده است. در واقع می‌توان نسل‌هایی از دانشمندان را سراغ گرفت که تمام دوران زندگی خود را صرف مطالعه و تلاش در راه یافتن جوابی به این سؤال عمده نموده‌اند که: هوش چیست؟ اما اکثر تعریف‌هایی که در این زمینه ارائه شده‌اند بر پایه یکی از ۴ باور مطرح شده قرار می‌گیرند. اول: سیستم‌هایی که به طور منطقی فکر می‌کنند. دوم: سیستم‌هایی که به طور منطقی عمل می‌کنند. سوم: سیستم‌هایی که مانند انسان فکر می‌کنند. چهارم: سیستم‌هایی که مانند انسان عمل می‌کنند [۱۹].

۲-۲-۲- فلسفه هوش مصنوعی

بطور کلی ماهیت وجودی هوش به مفهوم جمع‌آوری اطلاعات، استقراء و تحلیل تجربیات به منظور رسیدن به دانش و یا ارائه تصمیم است. در واقع هوش به مفهوم به کارگیری تجربه به منظور حل مسائل دریافت شده تلقی می‌شود. هوش مصنوعی، علم و مهندسی ایجاد ماشین‌هایی هوشمند با به کارگیری از کامپیوتر و الگوبرگشتی از درک هوش انسانی و یا حیوانی و نهایتاً دستیابی به مکانیزمی در سطح هوش انسانی است.

در مقایسه هوش مصنوعی با هوش انسانی می‌توان گفت که انسان قادر به مشاهده و تجزیه و تحلیل مسایل در جهت قضاوت و اخذ تصمیم است در حالی که هوش مصنوعی مبتنی بر قوانین و رویه‌هایی از قبل تعبیه شده بر روی کامپیوتر است. در نتیجه علی‌رغم وجود کامپیوترهای بسیار کارا و قوی در عصر حاضر محققین هنوز قادر به پیاده کردن هوشی نزدیک به هوش انسان در ایجاد هوش‌های مصنوعی نبوده‌اند.

۲-۲-۳- تاریخچه هوش مصنوعی

مفهوم موجودات مصنوعی قادر به تفکر به عنوان دستگاه‌های داستان سرایی، در دوران باستان ظاهر شد و ایده ساخت یک ماشین قادر به انجام استدلال، توسط رامون لیول^۱ آغاز گردید که به کمک محاسبات منطقی‌اش، گوتفرد لایبنیتس^۲ مفهوم ماشین محاسبه‌گر را ارائه کرد [۲۰-۲۱].

این ایده که کامپیوترهای دیجیتال می‌توانند هر فرایند استدلال رسمی را شبیه‌سازی کنند، به عنوان تز جرج-تورینگ شناخته شده است که طبق نظریه محاسبه آلن تورینگ حوالی سال ۱۹۴۰ با در هم آمیختن دو نمونه "۰" و "۱" می‌توان هرگونه استنتاج ریاضیاتی را شبیه‌سازی کرد. اکتشافات همزمان در زمینه عصب‌شناسی و تئوری اطلاعات و سایبرنتیک منجر به هدایت محققان به سمت ساخت یک مغز الکترونیکی شد [۲۲-۲۳].

هوش مصنوعی در سال ۱۹۶۵ میلادی به عنوان یک دانش جدید ابداع گردید. البته فعالیت در این زمینه از سال ۱۹۶۰ میلادی شروع شد. بیشتر کارهای پژوهشی اولیه در هوش مصنوعی بر روی انجام بازی‌ها ماشینی و نیز اثبات قضیه‌های ریاضی با کمک رایانه‌ها بود. در آغاز چنین به نظر می‌آمد که رایانه‌ها قادر خواهند بود چنین فعالیت‌هایی را تنها با بهره گرفتن از تعداد بسیار زیادی کشف و جستجو برای مسیرهای حل مسئله و سپس انتخاب بهترین روش برای حل آن‌ها به انجام رسانند [۲۴].

اصطلاح هوش مصنوعی برای اولین بار توسط جان مکاری^۳ که از آن به‌عنوان پدر علم و دانش تولید ماشین‌های هوشمند یاد می‌شود، استفاده شد. وی مخترع یکی از زبان‌های برنامه‌نویسی هوش مصنوعی به نام لیسپ است. با این عنوان می‌توان به هویت رفتارهای هوشمندانه یک ابزار مصنوعی پی برد. حال آنکه هوش مصنوعی به عنوان یک اصطلاح عمومی پذیرفته شده که شامل محاسبات هوشمندانه و

1. Ramon Liol
2. Gotfried Libnites
3. John Mccarty

ترکیبی است.

۲-۲-۴- کاربرد هوش مصنوعی

هوش مصنوعی در هر امر فکری کاربرد دارد. تکنیک‌های جدید هوش مصنوعی که فراگیر و متعدد هستند در اینجا لیست شده‌اند که از مثال‌های خیلی مشهور از AI می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. اتوماسیون وسایل نقلیه ۲. تشخیص پزشکی ۳. خلق هنری ۴. ثابت کردن نظریه‌های ریاضی ۵.

بازی کردن ۶. موتورهای جستجو ۷. تشخیص چهره در عکاسی ۸. پیش‌بینی تصمیمات

قضایی [۲۵-۲۶].

درمان سرطان

هوش مصنوعی به کمک پزشکان توانسته به صنعت بهداشت و درمان کمک کند و تحقیقات زیادی در رابطه سرطان و دارو تا کنون انجام شده است. به منظور یافتن درمان مناسب برای سرطان، شرکت مایکروسافت هوش مصنوعی را توسعه داده است. با توجه به اینکه بیش از ۸۰۰ دارو برای درمان سرطان وجود دارد و اینکه یافتن داروهای مناسب برای بیماران سرطانی توسط پزشکان با این حجم دارو کاری مشکل است. مایکروسافت به دنبال توسعه پروژه‌ای به نام Hanover است که هدف آن ذخیره‌سازی همه حالت‌های سرطان و ترکیب مناسب داروها به منظور داشتن بیشترین تاثیر مثبت در درمان سرطان می‌باشد [۲۶].

اتومبیل‌های بدون سرنشین

پیشرفت در هوش مصنوعی منجر به گسترش صنعت اتوماسیون در وسایل نقلیه شده است. از سال ۲۰۱۶ حدود ۳۰ کمپانی در حال استفاده از هوش مصنوعی در خلق اتومبیل‌های بدون راننده می‌باشند که از معروف‌ترین آن‌ها می‌توان به Tesla و Google و Apple اشاره کرد. مولفه‌های زیادی از قبیل سیستم ترمز، تغییر خط، جهت‌یابی و پیشگیری از برخورد در تابع ساخت ماشین‌های بدون راننده دخالت دارند که این سیستم‌ها باید به‌خوبی عملکرد یک کامپیوتر قوی برنامه‌ریزی شده و به صورت یکپارچه باهم کار کنند. یکی از مهمترین پارامترهایی که در این تابع ساخت تاثیر گذار است قسمت نقشه‌برداری آن می‌باشد. به طور کلی این وسیله باید توسط یک نقشه که به آن داده شده برنامه ریزی شود که این نقشه شامل تخمین‌هایی از چراغ‌های مسیر و ارتفاعات آن باشد تا از نقاط اطراف خود آگاه باشد. اگرچه گوگل در حال کار بر روی الگوریتمی است که وسیله نقلیه بتواند خود را با هر حالتی از محیط منعطف کند. بعضی از این وسایل نقلیه به چرخ یا ترمز مجهز نیستند بنابراین گوگل در حال تحقیق بر روی الگوریتمی است که محیط امنی برای عابران با کنترل سرعت و شرایط رانندگی فراهم کند [۲۷-۲۸].

۲-۲-۵- شبکه عصبی مصنوعی

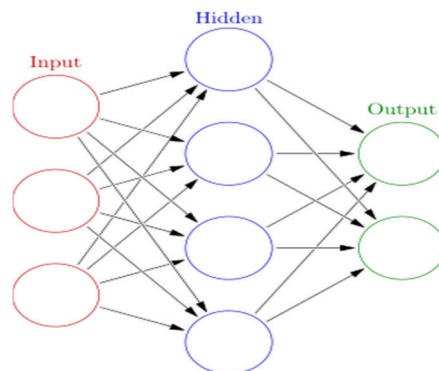
یک شبکه عصبی مصنوعی، از سه لایه ورودی، خروجی و پردازش تشکیل می‌شود. هر لایه شامل گروهی از سلول‌های عصبی^۱ (نورون) است که عموماً با کلیه نورون‌های لایه‌های دیگر در ارتباط هستند، مگر این که کاربر ارتباط بین نورون‌ها را محدود کند؛ ولی نورون‌های هر لایه با سایر نورون‌های همان لایه، ارتباطی ندارند. نورون کوچک‌ترین واحد پردازشگر اطلاعات است که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد. یک شبکه عصبی مجموعه‌ای از نورون‌هاست که با قرار گرفتن در لایه‌های مختلف، معماری خاصی را بر مبنای ارتباطات بین نورون‌ها در لایه‌های مختلف تشکیل می‌دهد. نورون

1. Neuron

می‌تواند یک تابع ریاضی غیرخطی باشد، در نتیجه یک شبکه عصبی که از اجتماع این نورون‌ها تشکیل می‌شود نیز می‌تواند یک سامانه کاملاً پیچیده و غیرخطی باشد. در شبکه عصبی هر نورون به طور مستقل عمل می‌کند و رفتار کلی شبکه، برآیند رفتار نورون‌های متعدد است؛ به عبارت دیگر، نورون‌ها در یک روند همکاری یکدیگر را تصحیح می‌کنند. شبکه عصبی مصنوعی یک سامانه پردازشی داده‌ها است که از مغز انسان ایده گرفته و پردازش داده‌ها را به‌عهده پردازنده‌های کوچک و بسیار زیادی سپرده که به صورت شبکه‌ای به هم پیوسته و موازی با یکدیگر رفتار می‌کنند تا یک مسئله را حل نمایند. در این شبکه‌ها به کمک دانش برنامه‌نویسی، ساختار داده‌ای طراحی می‌شود که می‌تواند همانند نورون عمل کند، که به این ساختار داده نورون گفته می‌شود. بعد با ایجاد شبکه‌ای بین این نورون‌ها و اعمال یک الگوریتم آموزشی به آن، شبکه را آموزش می‌دهند که بعد از آموزش شبکه می‌توان در زمینه‌ای که نورون در آن آموزش دیده، از آن استفاده کرد.

یک شبکه عصبی مصنوعی گروهی به هم پیوسته از گره‌ها هستند، که شبیه به شبکه‌های گسترده نورون‌های درون مغز عمل می‌کنند. در شکل ۱-۲ هر دایره نشان دهنده یک سلول عصبی نورون هست و پیکان‌ها نشان دهنده ارتباط خروجی یک نورون به ورودی نورون دیگر است.

در این حافظه یا شبکه عصبی، نورون‌ها دارای دو حالت فعال (روشن یا ۱) یا غیرفعال (خاموش یا ۰) می‌باشند و هر یال (سیناپس^۱ یا ارتباط بین گره‌ها) دارای یک وزن می‌باشد. یال‌های با وزن مثبت،



شکل ۱-۲ نمونه‌ای از یک شبکه عصبی [۳۲]

1. Synapse

موجب تحریک یا فعال کردن گره غیرفعال بعدی می‌شوند و یال‌های با وزن منفی، گره متصل بعدی را غیرفعال یا مهار (در صورتی که فعال بوده باشد) می‌کنند.

۲-۲-۶- تاریخچه شبکه‌های عصبی مصنوعی

از قرن نوزدهم به طور همزمان اما جداگانه نروفیزیولوژیست‌ها^۱ سعی کردند سامانه یادگیری و تجزیه و تحلیل مغز را کشف کنند و از سوی دیگر ریاضیدانان تلاش کردند تا مدل ریاضی‌ای بسازند که قابلیت فراگیری و تجزیه و تحلیل عمومی مسائل را دارا باشد. اولین کوشش‌ها در شبیه‌سازی با استفاده از یک مدل منطقی توسط مک کلوک^۲ و والتر پیتز^۳ انجام شد که امروزه بلوک اصلی سازنده اکثر شبکه‌های عصبی مصنوعی است. این مدل فرضیه‌هایی در مورد عملکرد نورون‌ها ارائه می‌کند. عملکرد این مدل مبتنی بر جمع ورودی‌ها و ایجاد خروجی است. چنانچه حاصل جمع ورودی‌ها از مقدار آستانه بیشتر باشد اصطلاحاً نورون برانگیخته می‌شود. نتیجه این مدل اجرای توابع ساده‌ای مثل AND و OR بود. در اواخر دهه ۱۹۴۰ روانشناسی به نام دونالد هب^۴ یک فرضیه یادگیری را که پایه آن مکانیزم شکل‌پذیری عصبی است را مطرح کرد. یادگیری هب یک نوع آموزش غیر نظارت شده است. محققان شروع به بکاربردن این ایده‌ها در مدل‌های محاسباتی ماشینی مدل نوع B تورینگ کردند. فارلی^۵ و همکارش از ماشین محاسباتی استفاده کردند و سپس از ریاضی‌دانان خواستند تا شبکه هب را در دانشگاه MIT شبیه‌سازی کنند. شبکه‌های عصبی‌های دیگری نیز در ماشین‌های محاسباتی توسط روچستر^۶ و همکارانش ساخته شد [۲۹-۳۱].

-
1. Neurophysiologists
 2. Mack Clok
 3. Walter Pitz
 4. Donald Hebb
 5. Farly
 6. Rochester

۷-۲-۲- شبکه عصبی

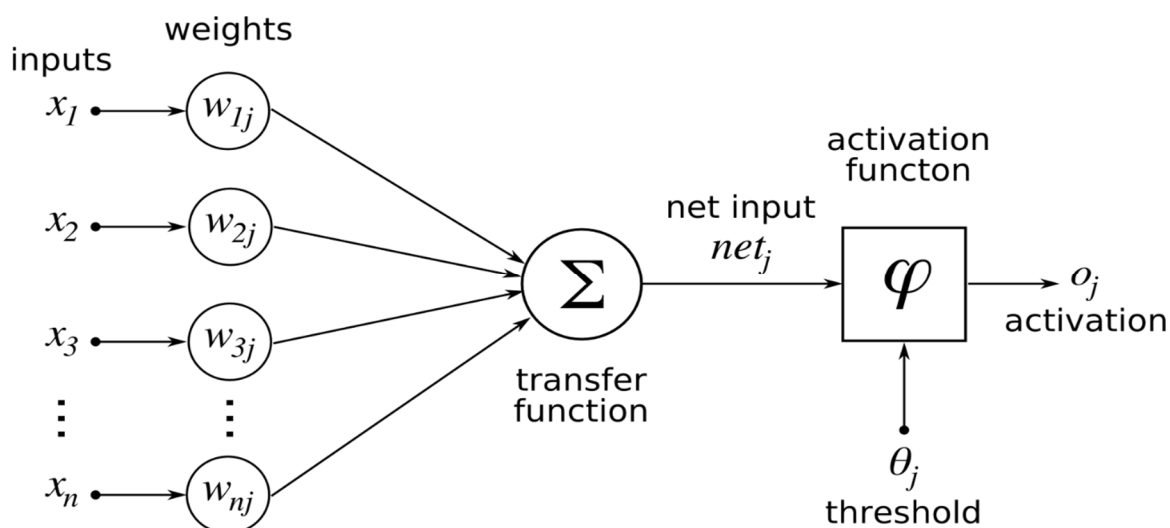
یک سیستم شبکه عصبی شامل سه لایه می‌باشد. اولین لایه، لایه ورودی که توسط سیناپس‌ها داده‌ها را به دومین لایه می‌فرستد و از آن جا به کمک سیناپس‌های لایه دوم داده‌ها به لایه سوم فرستاده می‌شوند. این سیناپس‌ها داده‌هایی را در خود ذخیره می‌کنند که وزن نامیده می‌شوند. یک ANN^۱ به طور عمومی سه پارامتر را داخل خود تعریف می‌کند:

۱. اتصال الگو بین لایه‌های مختلف

۲. فرآیند یادگیری برای به‌روز رسانی وزن‌ها در اتصالات داخلی

۳. تابع فعال‌کننده که ورودی وزن‌دار شده نورون را به خروجی فعال آن تبدیل می‌کند.

که به کمک الگویی که شبکه توسط آن الگو آموزش می‌بیند، یافتن مقادیر بهینه وزن‌ها امکان‌پذیر شده و تفاوت مقدار خروجی شبکه عصبی با مقدار واقعی کمینه می‌شود، که به معنی درست کار کردن شبکه می‌باشد.



شکل ۲-۲ نمونه‌ای از یک شبکه عصبی سه لایه [۳۲]

۲-۲-۸- تقسیم‌بندی شبکه‌های عصبی

شبکه‌های عصبی بر مبنای روشی که آموزش می‌بینند به چهار دسته تقسیم می‌شوند:

الف. آموزش بدون نظارت: وزن‌ها فقط بر اساس ورودی‌ها اصلاح می‌شوند و خروجی مطلوب وجود ندارد تا با مقایسه خروجی شبکه با آن و تعیین مقدار خطا وزن‌ها اصلاح شود. وزن‌ها فقط بر اساس اطلاعات الگوهای ورودی به‌هنگام می‌شوند. هدف استخراج مشخصه‌های الگوهای ورودی بر اساس راهبرد خوشه‌یابی و یا دسته‌بندی و تشخیص شباهت‌ها (تشکیل گروه‌هایی با الگوی مشابه) می‌باشد، بدون اینکه خروجی یا کلاس‌های متناظر با الگوهای ورودی از قبل مشخص باشد. این یادگیری معمولاً بر پایه شیوه برترین هم‌خوانی انجام می‌گیرد. شبکه بدون نظارت وزن‌های خود را بر پایه خروجی حاصل شده از ورودی تغییر می‌دهد تا در برخورد بعدی پاسخ مناسبی را برای این ورودی داشته باشد. در نتیجه شبکه یاد می‌گیرد چگونه به ورودی پاسخ بدهد. اصولاً هدف این است که با تکنیک نورون غالب، نورونی که بیشترین تحریک آغازین را دارد برگزیده شود. بنابراین در شبکه‌های بدون سرپرست یافتن نورون غالب یکی از مهمترین کارها است [۳۲].

ب. آموزش با نظارت: به ازای هر دسته از الگوهای ورودی خروجی‌های متناظر نیز به شبکه نشان داده می‌شود و تغییر وزن‌ها تا موقعی صورت می‌گیرد که اختلاف خروجی شبکه به ازای الگوهای آموزشی از خروجی‌های مطلوب در حد خطای قابل قبولی باشد. در این روش‌ها یا از خروجی‌ها به وزن‌ها ارتباط وجود دارد یا خطا به صورت پس‌انتشار از لایه خروجی به ورودی توزیع شده‌است و وزن‌ها اصلاح می‌شوند. هدف طرح شبکه‌ای است که ابتدا با استفاده از داده‌های آموزشی موجود، آموزش ببیند و سپس با ارائه بردار ورودی به شبکه که ممکن است شبکه آن را قبلاً فراگرفته یا نگرفته باشد کلاس آن را تشخیص دهد. چنین شبکه‌ای به طور گسترده برای کارهای تشخیص الگو به کار گرفته می‌شود [۳۴].

ج. آموزش تقویتی: کیفیت عملکرد سامانه به صورت گام به گام نسبت به زمان بهبود می‌یابد. الگوهای

آموزشی وجود ندارد اما با استفاده از سیگنالی به نام نقاد بیانی از خوب و یا بد بودن رفتار سامانه بدست می‌آید (حالتی بین یادگیری با نظارت و بدون نظارت [۳۵]).

۳- فصل سوم: مواد و روش‌ها

(دانه بندی به کمک پردازش تصویر و شبکه

عصبی)

۳-۱- مقدمه

در ابتدا به منظور استفاده از هوش مصنوعی برای پردازش تصویر سنگدانه‌ها لازم است که هوش توسط یک سری داده آموزش ببیند و برای آموزش هوش مصنوعی نیاز است که این داده از عکس استخراج شود. چون قرار است برای مقدار هر پیکسل پردازشی انجام شود، برای هر پیکسل باید داده خام متناظر با آن از تصویر استخراج شود که در بخش ۳-۲ توضیحات مربوط به استخراج داده برای هر پیکسل آمده است. سپس در بخش ۳-۳ توضیحات مربوط به نحوه آموزش هوش مصنوعی و اینکه از چه نوع توابعی و نگرشی برای دسته بندی داده ها استفاده شده بحث خواهد شد.

۳-۲- استخراج داده‌ها

ماتریس همسایگی

با توجه به تحقیقات و بررسی‌های انجام شده در علم پردازش تصویر، می‌توان گفت که واژه ماسک زیاد دیده خواهد شد که کاربرد فراوانی در این حیطه علم پردازش تصویر دارد. ماسک همسایگی در این تحقیق به ماتریسی $N \times N$ گفته می‌شود که مقدار N عددی فرد است تا بتوان مقدار مرکزی ماسک رامشخص کرد. عددی که در مرکز این ماسک قرار دارد، مقدار پیکسل مورد نظر بوده، بقیه اعداد اطراف عدد مرکزی، مقادیر پیکسل‌های اطراف آن می‌باشند. ماسک‌های استفاده شده در این تحقیق عبارتند از: ماسک ۳×۳، ۵×۵، ۷×۷، ۹×۹، ۱۱×۱۱ (شکل ۳-۱) [۱۴].

150	100	200
163	147	220
196	80	99

الف

132	152	146	168	123
129	150	100	200	145
126	163	147	220	175
122	196	80	99	160
119	136	128	145	126

ب

120	123	119	125	118	120	129
130	132	152	146	168	123	136
143	129	150	100	200	145	125
152	126	163	147	220	175	142
130	122	196	80	99	160	160
120	119	136	128	145	126	162
142	136	128	119	125	146	143

ج

شکل ۳-۱ مثالهایی از ماتریس همسایگی

الف. مثالی از ماتریس همسایگی ۳*۳. ب. مثالی از ماتریس همسایگی ۵*۵. ج. مثالی از ماتریس همسایگی ۷*۷

بررسی ماسک‌های متفاوت

برای یک ماسک می‌توان کاربردهای متعددی را نام برد که از جمله آن ماسک همسایگی تفاضل، ماسک همسایگی مجموع، ماسک همسایگی تفاضل مربعات، ماسک همسایگی مجموع مربعات، و... نام برد که در اینجا به تعریف تعدادی از این ماسک‌ها پرداخته شده است.

الف. ماسک همسایگی تفاضل: ماتریسی که در آن تفاضل هر مقدار با مقدار مرکزی محاسبه شده است (شکل ۳-۳).

ب. ماسک همسایگی مجموع: ماتریسی که در آن مجموع هر مقدار با مقدار مرکزی محاسبه شده است (شکل ۳-۲).

150	100	200
163	147	220
196	80	99



297	247	347
310	294	367
343	227	246

شکل ۳-۲ تبدیل ماتریس همسایگی به ماتریس همسایگی مجموع

150	100	200
163	147	220
196	80	99



3	-47	53
16	0	73
49	-67	-48

شکل ۳-۳ تبدیل ماتریس همسایگی به ماتریس همسایگی تفاضل

ج. ماسک همسایگی مجموع مربعات: ماتریسی که در آن مربع هر مقدار محاسبه شده و با مربع مقدار مرکزی جمع می‌شود (شکل ۳-۴).

د. ماسک همسایگی تفاضل مربعات: ماتریسی که در آن مربع هر مقدار محاسبه شده و مربع مقدار مرکزی از آن کسر می‌شود (شکل ۳-۵).

150	100	200
163	147	220
196	80	99



891	-11609	18391
4960	0	26791
16807	-15209	-11808

شکل ۳-۵ تبدیل ماتریس همسایگی به ماتریس همسایگی تفاضل مربعات

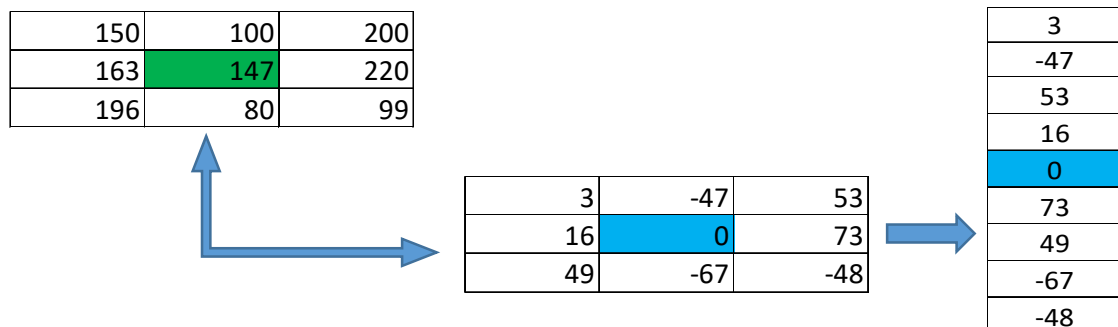
150	100	200
163	147	220
196	80	99



44109	31609	61609
48178	43218	70009
60025	28009	31410

شکل ۳-۴ تبدیل ماتریس همسایگی به ماتریس همسایگی مجموع مربعات

همانطور که از تعاریف پیداست در ماتریس‌های همسایگی تعریف شده، مقادیر موجود در آن‌ها تابعی از مقدار پیکسل مرکزی و مقدار پیکسل هر خانه می‌باشد. بعد از اینکه مقادیر خام برای هر پیکسل محاسبه شد لازم است که مقدار خروجی برای آن پیکسل هم مشخص شود تا بدین وسیله هوش مصنوعی در مرحله اول با این مقادیر خام و خروجی آموزش ببیند. با بررسی و آزمایش بر روی هر ماتریس همسایگی در این تحقیق این نتیجه حاصل شد که ماسک همسایگی تفاضل بهترین داده خام برای مرزبندی کردن سنگدانه‌ها نسبت به یکدیگر است در نتیجه مقدار داده خام از ماتریس همسایگی

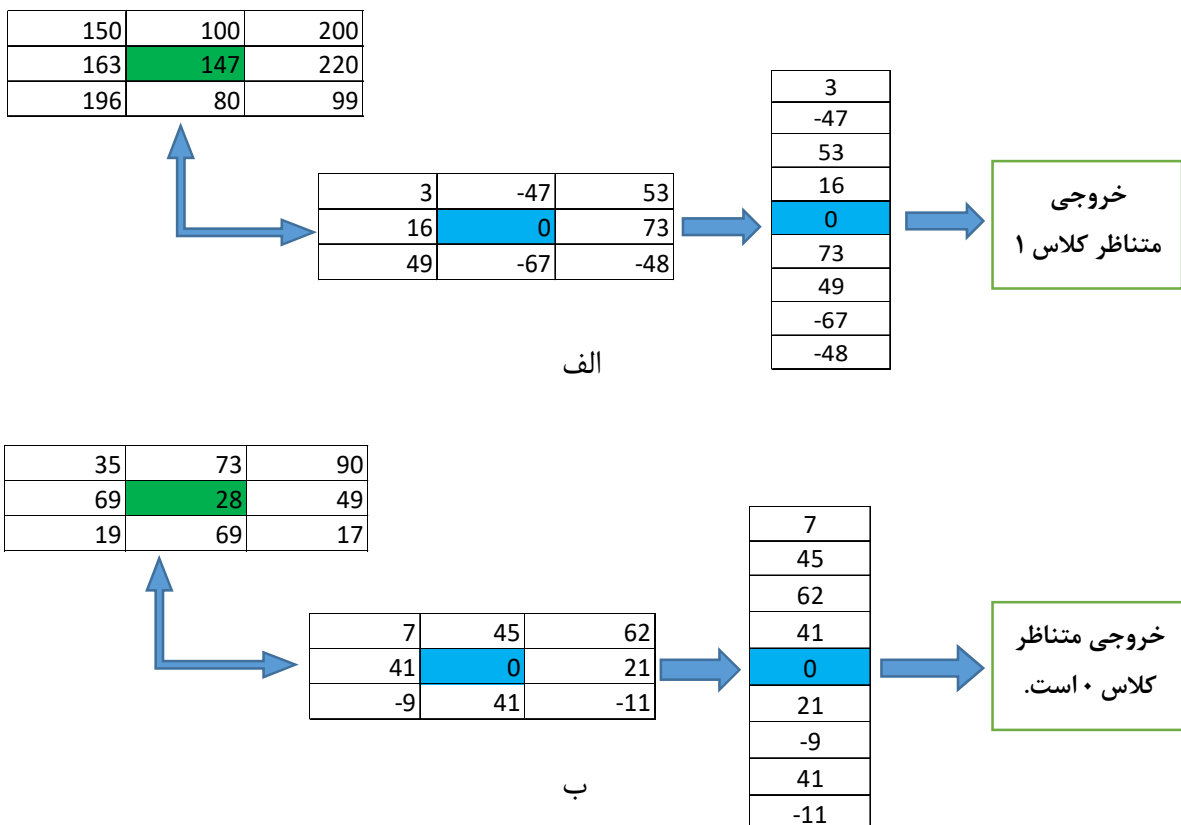


شکل ۳-۶ نحوه تبدیل و ذخیره ماتریس همسایگی تفاضل در بردار ستونی

تفاضل استخراج می‌شود. به اینصورت که هرکدام از این داده‌های خام به صورت یک ماتریس ستونی برای پیکسل مورد نظر مطابق شکل ۳-۶ ذخیره می‌شود.

آماده کردن خروجی‌ها

جهت تهیه خروجی به چندین عکس که به صورت دستی مرزبندی شده باشند نیاز است تا با توجه به مقدار ورودی خام برای هر پیکسل و خروجی متناظر با آن، شبکه عصبی آموزش ببیند. در نتیجه در یک عکس، داده‌های خروجی به دو گروه دسته‌بندی می‌شوند که یک دسته مرز بین سنگدانه‌ها را مشخص می‌کند و گروه دیگر ناحیه سنگدانه‌ها را تعیین می‌کند. برای مثال در شکل ۳-۷ مقدار ورودی و خروجی برای دو پیکسل با همسایگی متفاوت مشخص شده است. به اینصورت که بعد از مرزبندی

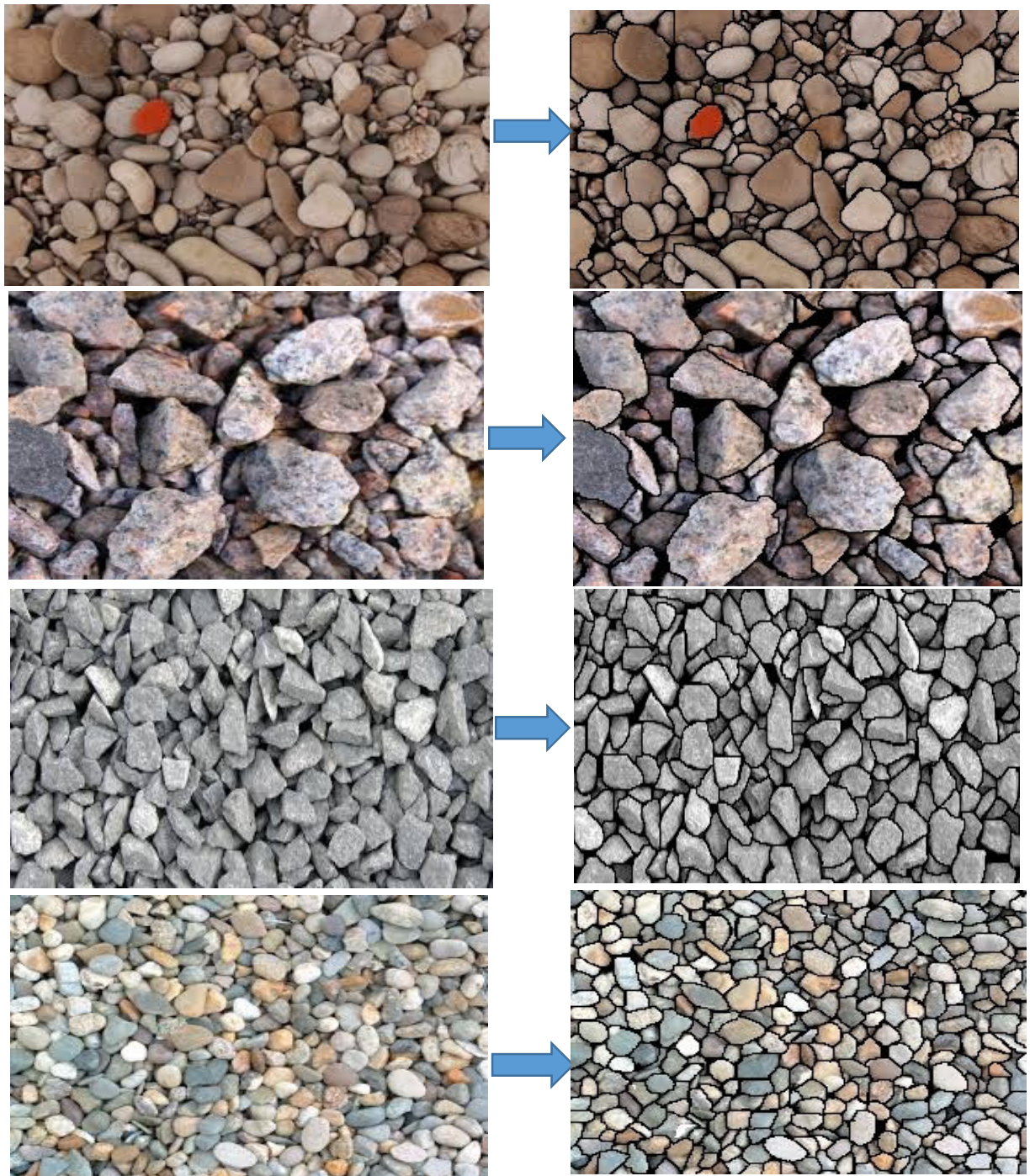


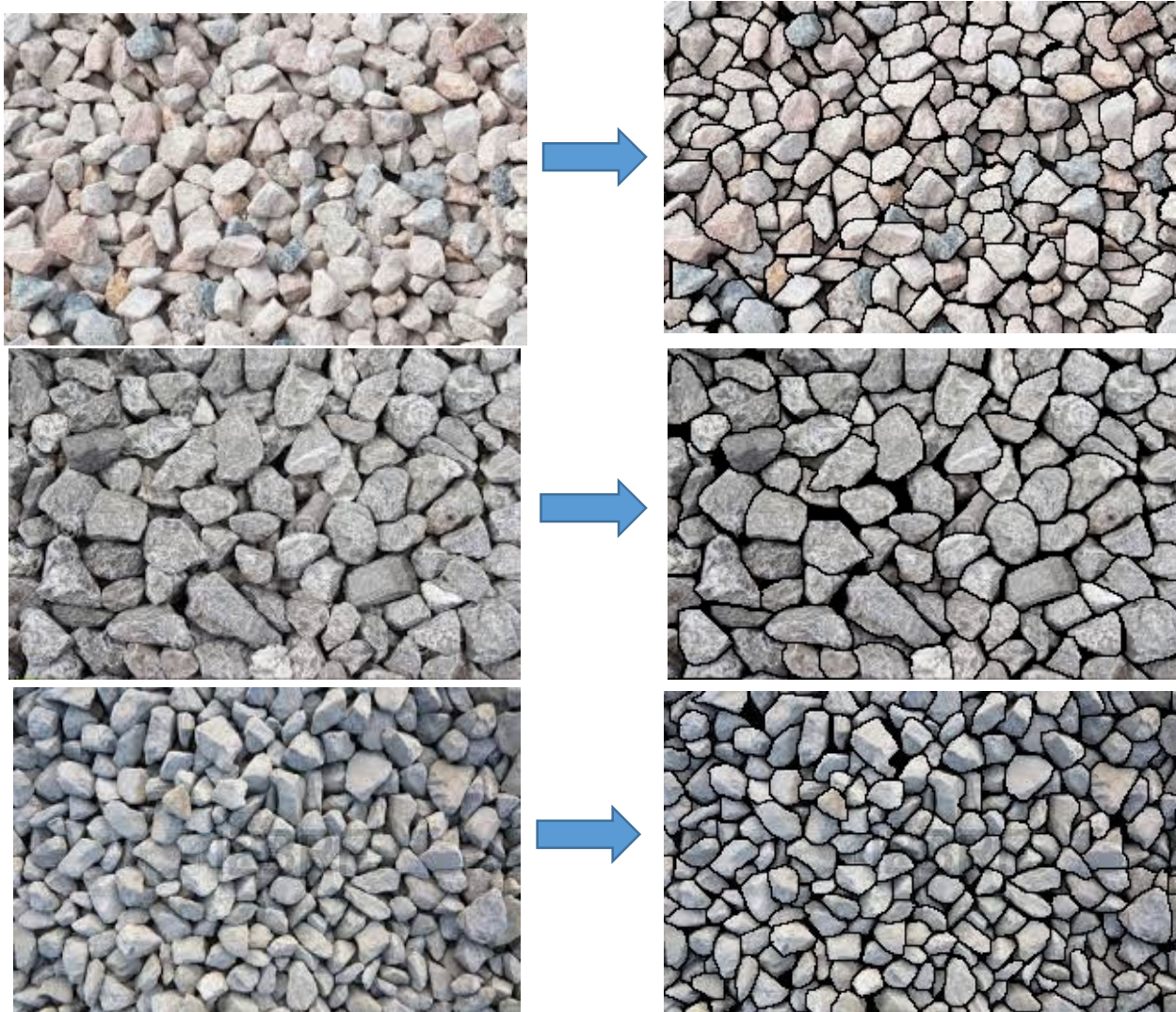
شکل ۳-۷ نمایش ذخیره سازی و تعیین کلاس

الف. نمایش ذخیره سازی و تعیین کلاس ۱ با توجه به داده های پیکسل مرکزی با شدت ۱۴۷. ب. الف. نمایش ذخیره سازی و تعیین کلاس ۰ با توجه به داده های پیکسل مرکزی با شدت ۲۸.

شدن یک عکس به صورت دستی، مشخص شد که پیکسلی با مقدار ۱۴۷ و موقعیت شکل ۳-۷.الف، باید خروجی یک داشته باشد یعنی پیکسلی داخل سنگدانه بوده است و همینطور پیکسلی با مقدار ۲۸ و موقعیت شکل ۳-۷.ب، باید خروجی صفر داشته باشد یعنی پیکسلی روی مرز سنگدانه بوده است.

در این پژوهش شکل ۳-۸ تصاویری را که به منظور آموزش شبکه عصبی جهت استخراج داده‌ها استفاده و به صورت دستی مرزبندی شده است نشان می‌دهد.

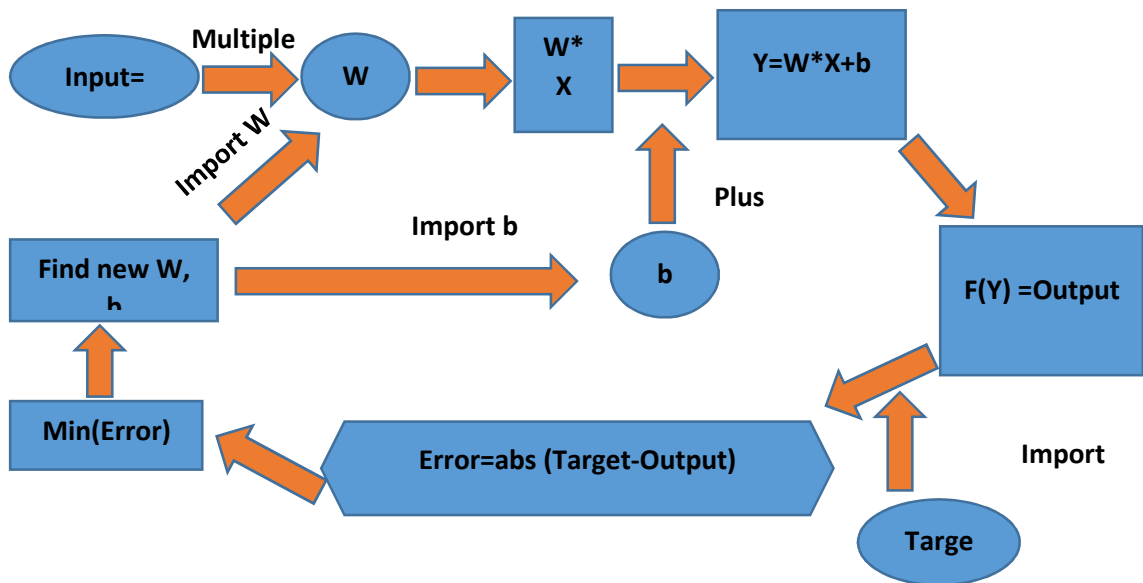




شکل ۳-۸ عکس‌هایی که به منظور آموزش هوش مصنوعی به صورت دستی مرزبندی شده‌اند

۳-۳- نحوه کار کردن شبکه عصبی

نحوه کار کردن شبکه عصبی به این صورت است که یک مقدار ورودی به تابع شبکه عصبی داده می‌شود و بعد از وزن دار کردن داده و جمع آن با یک مقدار ثابت، مقدار مورد نظر به عنوان ورودی تابع شبکه عصبی در نظر گرفته می‌شود و سپس خروجی تابع شبکه عصبی با خروجی واقعی مقایسه شده و تفاوت آن محاسبه می‌شود، که یک برنامه بهینه سازی برای مینیمم کردن این مقدار تفاوت لازم است تا شبکه عصبی با کمینه کردن مقدار خطا دقیق تر کار کند.



شکل ۳-۹ نمایش عملکرد شبکه عصبی

در شکل ۳-۹ هر کدام از متغیرها به شرح زیر معرفی شده است.

X=column vector of inputs value

W=row vector of weight of inputs

b=constant value or bias

F=transfer function

Y=input for transfer function

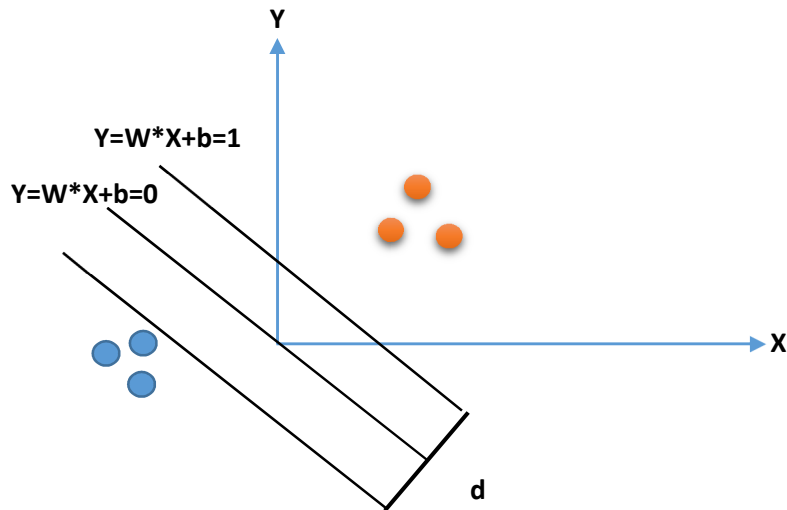
با توجه به اینکه انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی موجود است و برای داده‌های موجود نیاز است که داده‌ها به دو دسته تقسیم شوند و چون شبکه عصبی بردارهای پشتیبان به تقسیم بندی داده‌ها به دو گروه می‌پردازد، در این تحقیق از آن استفاده شده است [۳۵].

۳-۴- بردارهای پشتیبان

بردارهای پشتیبان برای دسته بندی داده‌ها به دو گروه استفاده می‌شود، برای بدست آوردن آن‌ها فرض می‌شود که در شکل ۳-۱۰ دو دسته داده آبی و سیاه وجود داشته باشد و می‌توان آن‌ها را توسط یک خط از هم جدا نمود و معادله خط از رابطه (۱) محاسبه شود :

$$Y = W * X + b = 0 \quad (1)$$

که در آن W برابر است با بردار مقادیر وزن داده ورودی و b برابر است با مقدار عرض از مبدا و X برابر است با ماتریس داده‌های ورودی و Y برابر است با بردار مقادیر خروجی.



شکل ۳-۱۰ نمایش تقسیم‌بندی داده‌ها

با توجه به شکل ۳-۱۰ مشخص است که داده‌ها باید به دو گروه تقسیم شوند و با ماکزیمم کردن مقدار d بیشترین حاشیه امن ایجاد می‌شود، که داده‌ها به خوبی به دو کلاس تقسیم خواهند شد. هدف، ماکزیمم کردن مقدار d است. فاصله دو خط موازی با معادلات (۲) و (۳) که در آن X_i ستون i ام از ماتریس X و y_i خروجی متناظر با ورودی X_i که در سطر i ام از بردار Y در رابطه (۱) می‌باشد و $C1$ و $C2$ مقادیر ثابتی هستند، طبق رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$y_i = W \times X_i + b = C1 \quad (۲)$$

$$y_i = W \times X_i + b = C2 \quad (۳)$$

$$d = \frac{|C2 - C1|}{|W|} = \frac{|-1 - 1|}{|W|} = \frac{2}{|W|} \quad (۴)$$

به منظور ماکزیمم کردن d مقدار Γ که در رابطه (۵) تعریف شده است را کمینه نمود. لازم به ذکر است که ماکزیمم کردن تابع Γ باید با اعمال روابط (۶) به عنوان قید باشد.

$$\Gamma = \left(\frac{1}{2}\right) \times W^2 \quad (5)$$

$$s.t.: \begin{cases} W \times X_i + b > 1 \rightarrow y_i = 1 \\ W \times X_i + b < -1 \rightarrow y_i = -1 \end{cases} \quad (6)$$

با ادغام کردن روابطه (۶) می توان نوشت:

$$y_i \times (W \times X_i + b) - 1 \geq 0 \quad (7)$$

با توجه به اینکه به منظور کمینه کردن رابطه (۵) امکان دارد مقادیری از W بدست آید که منجر به منفی شدن رابطه (۸) شود، باید ضریب مثبتی تحت عنوان ضریب جریمه در مقدار قید ضرب شود و از تابع هدف کم شود. در صورتی که رابطه (۸) برقرار باشد، چون مقدار ضریب جریمه مثبت است، در نهایت ضرب قید در ضریب جریمه عددی مثبت بوده و از تابع هدف کم می شود که منجر به کمتر شدن تابع هدف می گردد. ولی اگر رابطه (۸) برقرار نباشد، و چون مقدار ضریب جریمه مثبت است، در نهایت ضرب قید در ضریب جریمه عددی منفی بوده و با تابع هدف جمع می شود که منجر به بیشتر شدن تابع هدف می گردد و به عبارتی با توجه به اینکه هدف کمینه کردن رابطه (۵) بوده و شکل تابع به صورتی است که مقدار مینیمم دارد، در نتیجه با اضافه شدن مقداری مثبت به تابع هدف، می توان گفت که تابع جریمه شده است [۳۶]. هدف مینیمم کردن رابطه (۵) است که تحت شرایط ارائه شده در روابط (۶) و (۷) و با اعمال ضریب جریمه α تابع هدف به صورت زیر نوشته می شود.

$$\Gamma = \left(\frac{1}{2}\right) \times W^2 - \sum \alpha_i \times (y_i \times (W \times X_i - b) - 1) \quad (8)$$

$$\alpha \geq 0$$

اکنون باید مقدار تابع Γ نسبت به (W, b) مینیمم شود. به منظور تحلیل حساسیت بعد از مشتق گرفتن تابع Γ نسبت به (W, b) روابط (۹) و (۱۰) به صورت زیر بدست می آیند.

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial W} = 0 \rightarrow W = \sum \alpha_i \times y_i \times X_i \quad (9)$$

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial b} = 0 \rightarrow \sum \alpha_i \times y_i = 0 \quad (10)$$

بعد از جایگذاری رابطه (9) به جای مقدار W در تابع هدف و با در نظر گرفتن رابطه (10)، روابط (11) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Gamma = \left(-\frac{1}{2} \right) \alpha^T \mathbf{H} \alpha - \alpha^T F$$

$$\mathbf{H} = h_{i,j}$$

$$h_{i,j} = X_i^T X_j \times y_i \times y_j$$

$$F = [\dots -1 \quad -1 \quad -1 \dots]^T \quad (11)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$n = \text{number of column of Matric } \mathbf{X}$
 $j = \text{number of array of } X_i$

حال که تابع هدف در رابطه اول از روابط (11) فقط بر اساس یک متغیر α تعریف شده است و با توجه به اینکه برای ماکزیمم یا مینیمم کردن یک تابع طبق شرایط کاروش-کان-تاکر^۱ باید مشتق تابع هدف نسبت به همه متغیرهای آن صفر شود، در نتیجه با مشتق گرفتن از تابع نسبت به α رابطه، (12) تعریف می‌شود [36].

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial \alpha} = 0 \rightarrow \mathbf{H} \alpha = F \quad (12)$$

بعد از حل شدن رابطه (12) و بدست آمدن بردار α ، مجموعه مقادیری که به عنوان درایه‌های مجاز بردار α شناخته می‌شوند، مقادیری بزرگتر از صفر می‌باشند. اگر اندیس مربوط به این درایه‌ها در مجموعه‌ای طبق رابطه (13) ذخیره شود، آنگاه به کمک این مجموعه و مقادیر مثبت α و با استفاده از

رابطه (۹) می‌توان مقدار W را محاسبه نمود. بعد از محاسبه شدن W ، مقدار b بر اساس رابطه (۲) و (۳) قابل محاسبه خواهد بود که در رابطه (۲۰) تعریف شده است.

$$S = \{i \mid \alpha_i \geq 0\} \quad (13)$$

$$b = \frac{1}{n(S)} \left[\sum_{i \in S} y_i - w_i x_i \right] \quad (14)$$

$n(S) = \text{number of array of } S$

اگر به جای استفاده از X_i از تابعی که بر روی X_i اعمال می‌شود مثل $\Phi(X_i)$ استفاده شود، رابطه سوم از روابط (۱۱) به رابطه (۱۵) تبدیل می‌شود.

$$h_{i,j} = K(x_{i,t}, x_{j,t}) y_i y_j \quad (15)$$

$t = \text{number of column of Matrix } \mathbf{X}$
 $j = \text{number of array of } X_i$

که در این رابطه $K(x_{i,t}, x_{j,t})$ از رابطه زیر محاسبه می‌شود و به این روش کرنل تریک^۱ گفته می‌شود [۳۷].

$$K(x_i, x_j) = \Phi(x_i) \times \Phi(x_j) \quad (16)$$

با توجه به اینکه در مباحث آماری از یک سری توابع خاص به منظور نرمالایز^۲ کردن داده‌ها استفاده می‌شود و چندین تابع در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است، تابعی که در رابطه (۱۷) معرفی شده نسبت به دیگر توابع نرمالایز نتایج بهتری ارائه کرد. به همین دلیل از این تابع به عنوان تابع کرنل استفاده شده است [۳۷].

-
1. Kernel trick
 2. Normalize

$$K(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{1}{2} \times (x_i^2 - x_j^2)\right) \quad (17)$$

۳-۵- الگوریتم برنامه کامپیوتری

بعد از آماده شدن مقادیر داده خام برای هر پیکسل به صورت یک بردار ستونی مطابق با شکل ۳-۷ و در نظر گرفتن این بردار ستونی به عنوان متغیر X_i در روابط ۱ تا ۱۷ و همینطور در نظر گرفتن مقدار y_i به عنوان خروجی X_i ، هر یک از مقادیر W, b محاسبه خواهد شد. که بعد با آماده شدن این مقادیر می‌توان برای هر پیکسل از یک عکس، داده خامی مشابه با شکل ۳-۷ ایجاد نمود که بعد از دادن این مقدار ورودی برای هر پیکسل، خروجی متناظر با آن اعلام شود. از آنجاییکه خروجی متناظر با هر داده با توجه به معادلات بردار پشتیبان، ۱- یا ۱ است و خروجی متناظر با پیکسل‌ها ۰ یا ۱ است، می‌توان مقادیری که خروجی آن‌ها در مبحث بردارهای پشتیبان برابر ۱- هستند را متناظر با خروجی ۰ برای پیکسل‌ها در نظر گرفت و همینطور می‌توان مقادیری که خروجی آن‌ها در مبحث بردارهای پشتیبان برابر ۱ هستند را متناظر با خروجی ۱ برای پیکسل‌ها در نظر گرفت.

در روابط (۱۸)، Y خروجی بردار پشتیبان و Y' خروجی متناظر با پیکسل‌ها می‌باشد.

$$Y' = \begin{cases} 1 & \text{if } Y \geq 1 \\ 0 & \text{if } Y \leq -1 \end{cases} \quad (18)$$

۳-۶- مرحله پس پردازش

بعد از اینکه داده‌ها توسط شبکه عصبی به دو کلاس تقسیم شدند، لازم است که برنامه‌ای جهت مشخص کردن مرز هر سنگدانه و بررسی شکل سنگدانه‌ها نوشته شود تا به کمک این برنامه‌ها ابتدا مرز سنگدانه مشخص شود و شکل آن بررسی شود و در صورت نامعقول بودن شکل، عملیاتی جهت تصحیح شکل

سنگدانه صورت پذیرد و سپس دوباره مرز هر سنگدانه مشخص شود و در صورت صحیح و معقول بودن شکل، اندازه سنگدانه محاسبه شود.

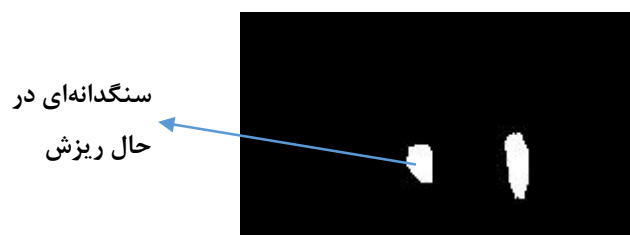
مشخص کردن مرز سنگدانه

به منظور مشخص کردن مرز سنگدانه باید آدرس پیکسل‌هایی که مرز سنگدانه را تعیین می‌کند، بدست آورد. برای رسیدن به این هدف برنامه‌ای به نام **boundry** نوشته شده که آدرس مرز هر سنگدانه توسط آن تعیین می‌شود و آدرس را در ماتریسی مثل ماتریس **A** در رابطه (۱۹) ذخیره می‌شود.

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 82 & 134 & 82 & 145 \\ 83 & 134 & 83 & 145 \\ 84 & 134 & 84 & 145 \\ 85 & 134 & 85 & 145 \\ 86 & 135 & 86 & 145 \\ 87 & 135 & 87 & 144 \\ 88 & 135 & 88 & 144 \\ 89 & 136 & 89 & 144 \\ 90 & 136 & 90 & 143 \\ 91 & 137 & 91 & 143 \\ 92 & 137 & 92 & 143 \\ 93 & 137 & 93 & 143 \end{bmatrix} = [a_{i,j}] \quad j = 1, 2, 3, 4 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (19)$$

$n = \text{number of rows in a picture that assigned to an aggregate}$

در رابطه (۱۹) a_{i1} شماره سطر پیکسلی از مرز یک سنگدانه (مثلا سنگدانه **A**) در سمت چپ آن سنگدانه می‌باشد. a_{i2} شماره ستون پیکسلی از مرز یک سنگدانه در سمت چپ آن سنگدانه می‌باشد. a_{i3} شماره سطر پیکسلی از مرز یک سنگدانه که در سمت راست آن سنگدانه می‌باشد. و a_{i4} شماره ستون پیکسلی از مرز یک سنگدانه در سمت راست آن سنگدانه می‌باشد. برای مثال در تصویری مطابق

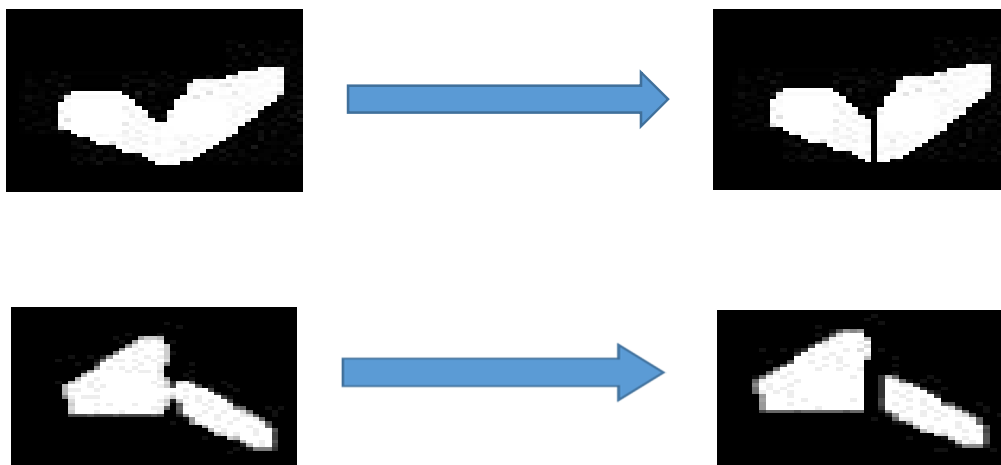


شکل ۳-۱۱ عکس باینری شده سنگدانه‌های در حال ریزش

شکل ۳-۱۱، مرزهای سنگدانه‌ای که با پیکان مشخص شده است سطرها و ستون‌هایی از عکس باینری شده را به خود اختصاص داده است و در ماتریس مرز مربوط به این سنگدانه، این سطر و ستون مشخص می‌شود.

تصحیح شکل سنگدانه

بعد از خروجی گرفتن از برنامه و مشخص کردن مرز و سنگدانه‌ها نسبت به هم، در بعضی تصاویر به دلیل کشیده شدن تصویر و همچنین افتادن سنگدانه‌ها بر روی هم اشکالی نامعقول و غیر منطقی بدست می‌آید که منجر به ایجاد خطاهای زیادی در محاسبات می‌شود (شکل ۳-۱۲).



شکل ۳-۱۲ نمایش تصحیح مرزبندی سنگدانه‌ها

به منظور اصلاح مرز سنگدانه، ابتدا مرز سنگدانه‌هایی در عکس که اندازه آن‌ها، بیشتر از بزرگترین سنگدانه موجود در مجموعه بوده استخراج می‌شوند، سپس خاصیت محدب بودن شکل آن سنگدانه بررسی می‌شود، یعنی برنامه‌ای نوشته شده که نقاط مرزی سنگدانه را به عنوان ورودی دریافت می‌کند و این نقاط باید به گونه‌ای باشند که برای ترسیم خطی بین هر دو نقطه از نقاط داخلی سنگدانه، خط نباید از مرز سنگدانه خارج شود، در غیر این صورت آن نواحی از شکل که منجر به عدم محدب بودن شکل می‌شود، توسط برنامه سیاه می‌شود (شکل ۳-۱۲). در صورتی که بعد از اصلاح مرز، بیشترین سایز

شکل از بیشترین سایز سنگدانه موجود بیشتر باشد، آن شکل از محاسبات خارج خواهد شد.

تعیین بزرگترین سایز سنگدانه و تعداد پیکسل‌های آن

جهت تعیین سایز سنگدانه لازم است، ابتدا مقیاس تصویر معرفی شود و بعد از آن سایز سنگدانه معرفی گردد. به منظور به دست آوردن مقیاس تصویر لازم است ابتدا تصویری با فاصله‌ای مشخص که دوربین قرار است از سنگدانه‌ها فیلم‌برداری کند از یک خط کش یا کاغذی با ابعاد مشخص گرفته شود. سپس تعداد پیکسل‌هایی در تصویر در راستای افقی که طول افقی کاغذ یا خط‌کش را مشخص می‌کنند شمرده شوند و همینطور تعداد پیکسل‌هایی که در تصویر در راستای عمودی که طول عمودی کاغذ یا خط‌کش را مشخص می‌کنند شمرده شوند تا بتوان مقیاس تصویر را بر اساس روابط (۲۰) محاسبه نمود (شکل ۳-۱۳).

$$Scale_x = \frac{\text{counted pixel at length of ruler}}{\text{real length of ruler}} \quad (20)$$

$$Scale_y = \frac{\text{counted pixel at width of ruler}}{\text{real width of ruler}}$$

با توجه به رابطه (۱۹) که آدرس مرز یک سنگدانه را مشخص کرده است، می‌توان به کمک روابط (۲۰) و (۲۱) بزرگترین بعد این سنگدانه را بدست آورد.

$$\mathbf{A} = [a_{i,t}] \quad t = 1, 2, 3, 4 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$b_{i,j} = \sqrt{\left(\frac{a_{i,1} - a_{j,3}}{scale_x}\right)^2 + \left(\frac{a_{i,2} - a_{j,4}}{scale_y}\right)^2} \quad (21)$$

$$B_A = [b_{i,j}]$$

$$D_A = \max(B)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, n$$

$n = \text{number of rows in a picture that assigned to an aggregate}$

در روابط (۲۱)، $b_{i,j}$ سایزی است که یک سنگدانه می‌تواند داشته باشد و B ماتریسی است که این

اندازه‌ها در آن ذخیره می‌شود و D بزرگترین سایز سنگدانه مد نظر می‌باشد.

برای شمارش تعداد پیکسل‌های یک سنگدانه از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$N_A = \sum_{i=1}^n (a(i, 4) - a(i, 2)) \quad (22)$$

$n = \text{number of rows in a picture that assigned to an aggregate}$

که در رابطه (۲۲)، N تعداد پیکسل‌هایی است مربوط به یک سنگدانه است.

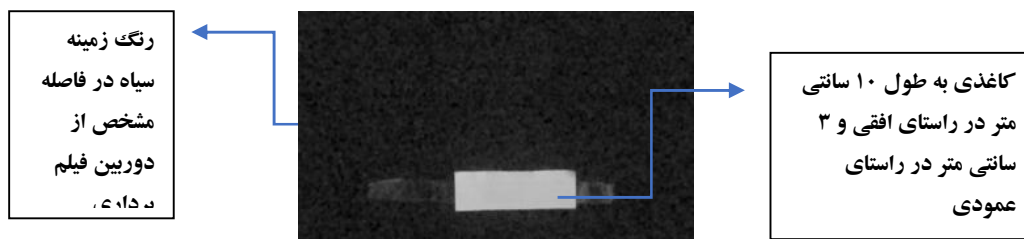
۷-۳- فرضیات و شرایط و وسایل آزمایشگاهی

فرضیات آزمایش

۱. سرعت اولیه سنگدانه‌ها هنگام ریزش از نوار نقاله صفر می‌باشد، به عبارتی سنگدانه‌ها رها می‌شوند.
۲. سنگدانه‌ها به صورت صفحه‌ای در حال ریزش هستند، یعنی سنگدانه‌ای به هنگام ریزش پشت سنگدانه دیگر قرار نمی‌گیرد.
۳. شدت پیکسل‌های عکس بین ۰ تا ۲۵۵ می‌باشد.

شرایط آزمایشگاهی

به منظور فیلم برداری از سنگ دانه های در حال ریزش باید زمینه‌ای با رنگ دلخواه (ترجیحا به منظور راحت تر شدن کار، سیاه) ایجاد شود. فاصله دوربین تنظیم شده، سپس سنگدانه ها ریخته شوند و فیلم برداری انجام شود. برای اینکه بتوان مقیاس تصویر را محاسبه نمود باید خط کش یا کاغذی با ابعاد مشخص را در فاصله تنظیم شده دوربین عکس برداری کرد و بعد از آن به شمارش تعداد پیکسل ها در طول و عرض خط کش پرداخت و تعداد شمارش شده را بر اندازه خط کش تقسیم کرد که حاصل، مقیاس تصویر خواهد بود.



شکل ۳-۱۳ تصویر پس زمینه فیلم برداری و کاغذ ۱۰×۳ سانتیمتری

وسایل

الف. دوربین: در این پژوهش از دوربینی با قابلیت فیلم برداری ۲۴۰ فریم بر ثانیه استفاده شده است که بتوان کشیده شدن تصویر را کم کرد. تعداد عکس بیشتری در واحد ثانیه از فیلم گرفت که وضعیت سنگ در حالت های مختلف بررسی شود. نمودارهای متفاوتی از یک فیلم به دست آورد و با هم مقایسه کرد.

ب. زمینه: چون برنامه براساس پیوستگی بین پیکسل ها کار می کند و ممکن است در پشت سنگدانه ها نواحی مختلفی وجود داشته باشد، در نتیجه ممکن است برنامه این ناحیه ها را به عنوان یک سنگدانه در نظر بگیرد که منجر به ایجاد خطا می شود. بنابراین از زمینه ای با رنگ مشخص باید استفاده شود تا شدت رنگ آن در تمام نقاط یکسان باشد تا با صفر کردن این پیکسل ها با شدت مشخص، ناحیه ای غیر از سنگدانه ها در تصویر موجود نباشد.

ج. خط کش یا کاغذ با ابعاد مشخص

کاربرد این وسیله قبلا در بحث مربوط به مقیاس شرح داده شده است.

۳-۸- نحوه تبدیل فیلم به عکس یا فریم

لازم به ذکر است که هنگام فیلم برداری از سنگدانه های در حال ریزش به دلیل حرکت سنگدانه ها در فیلم برداری بعد از تبدیل فیلم به عکس تصویر سنگدانه کشیده می شود که منجر به ایجاد خطا در بررسی سایز و ابعاد سنگدانه می شود. در نتیجه لازم است از دوربینی با قابلیت فیلم برداری با فریم بالا

در ثانیه استفاده شود، که منجر به کاهش خطا شود. بعد از فیلم برداری توسط دوربین و تبدیل فیلم به عکس توسط برنامه نوشته شده به نام TKF¹ که قابلیت تنظیم فاصله زمانی بین عکس ها را دارد، مشاهده شد که یک سنگ برای یک فیلم خاص در چندین عکس متوالی موجود است، که تعداد تکرار به فاصله زمانی عکس های تبدیل شده از فیلم بستگی دارد. برای مثال اگر با دوربینی که قابلیت فیلم برداری ۲۴۰ فریم در ثانیه را دارد، فیلمی از سنگدانه های در حال ریزش گرفته شود و مدت زمان فیلم ۵ ثانیه باشد، در نتیجه تعداد کل فریم های این فیلم ($5 \times 240 = 1200$) ۱۲۰۰ عدد خواهد بود. بعد از اینکه توسط برنامه نوشته شده، فریم ها با فاصله زمانی ($\frac{1}{240} = 0.004$)، ۰،۰۰۴ ثانیه از فیلم استخراج شدند، مشاهده شد که یک سنگدانه در ۷ فریم متوالی وجود دارد، به عبارتی ($7 \times 0.004 = 0.028$)، ۰،۰۲۸ ثانیه طول می کشد تا سنگدانه وارد کادر دوربین شده و از آن خارج شود. به همین دلیل اگر برای کل تصاویر یک نمودار دانه بندی ارائه شود، اندازه یک سنگدانه، ۷ دفعه محاسبه خواهد شد. ولی اگر مجموعه به این- صورت افراز شود که فریم های {۱۱۹۷...و۱۵۰۸و۱۸} در یک مجموعه قرار بگیرند و سایز سنگدانه های موجود در این فریم ها بر اساس مطالبی که گفته شد استخراج شود، آنگاه در منحنی دانه بندی مربوط به این مجموعه اندازه یک سنگ چندین مرتبه محاسبه نخواهد شد. لازم به ذکر است که به فیلمی با مشخصات فوق، ۷ مجموعه فریم به شرح زیر تعلق می گیرد که برای هر کدام از مجموعه ها یک نمودار دانه بندی ترسیم می شود. مجموعه ۱: {۱۱۹۷...و۱۵۰۸و۱۸}، مجموعه ۲: {۱۱۹۸...و۱۶۰۹و۱۹} مجموعه ۳: {۱۱۹۹...و۱۷۰۱۰و۱۳}، مجموعه ۴: {۱۲۰۰...و۱۸۰۱۱و۱۴}، مجموعه ۵: {۱۱۹۴...و۱۲۰۱۹و۱۵}، مجموعه ۶: {۱۱۹۵...و۱۳۰۲۰و۱۶} مجموعه ۷: {۱۱۹۶...و۱۴۰۲۱و۱۷}

۳-۹- روند ترسیم نمودار دانه‌بندی

روند ترسیم نمودار دانه‌بندی مدل

برای ترسیم منحنی دانه‌بندی لازم است که علاوه بر داشتن بزرگترین اندازه یک سنگدانه، تعداد پیکسل-هایی که در عکس متعلق به آن سنگدانه است ذخیره شود، یعنی برای یک سنگدانه دو مقدار ذخیره می‌شود که یکی بزرگترین سایز آن سنگدانه و دیگری تعداد پیکسل‌های متعلق به آن سنگدانه می‌باشد. برای مثال اگر بخواهیم برای یک مجموعه فریم منحنی دانه‌بندی ترسیم شود لازم است که برای هر کدام از عکس‌های مجموعه مورد نظر، ابتدا مرزبندی سنگدانه‌های موجود در عکس انجام شود، سپس برای هر مرزبندی در عکس دو مقدار اندازه سنگدانه و تعداد پیکسل‌های آن محاسبه و ذخیره شود. بعد از اینکه همه عکس‌های یک مجموعه مرزبندی شد و اندازه و تعداد پیکسل‌های مربوط به هر مرزبندی استخراج شد، آن گاه برای یک مجموعه نمودار دانه‌بندی به این صورت ترسیم می‌شود که محور افقی بیانگر درصد تجمعی تعداد پیکسل‌ها و محور عمودی بیانگر اندازه سنگدانه می‌باشد. به منظور بدست آوردن درصد تجمعی پیکسل‌ها برای هر اندازه، لازم است که دو مقدار اندازه سنگدانه و تعداد پیکسل‌های آن برای هر سنگدانه به صورت یک زوج دوتایی در یک سطر ذخیره شود (شکل ۳-۱۴ الف) و ستونی که مربوط به اندازه سنگدانه می‌باشد از کوچک به بزرگ مرتب شود سپس مقادیر ستون تعداد پیکسل‌ها به صورت تجمعی با یکدیگر جمع شوند (شکل ۳-۱۴ ب) و ستون تعداد پیکسل‌ها بر مجموع کل پیکسل-ها تقسیم شود. (شکل ۳-۱۴ ج). لازم به ذکر است سطرهایی از ستون تعداد پیکسل‌ها که در ستون سایز مقداری مساوی دارند با یکدیگر جمع شده و در یک سطر نوشته می‌شوند. در نهایت نمودار برای جدولی مطابق با شکل ۳-۱۴ د ترسیم می‌شود.

روند ترسیم نمودار دانه‌بندی واقعی

جهت رسم کردن نمودار دانه‌بندی واقعی مصالح از وسیله ابزار دقیق کولیس برای اندازه‌گیری سنگدانه‌ها

تعداد پیکسل	سایز (mm)
10	12
9	15
17	15
20	17
19	18
30	21
25	24
26	24
21	25
35	32
29	33

الف

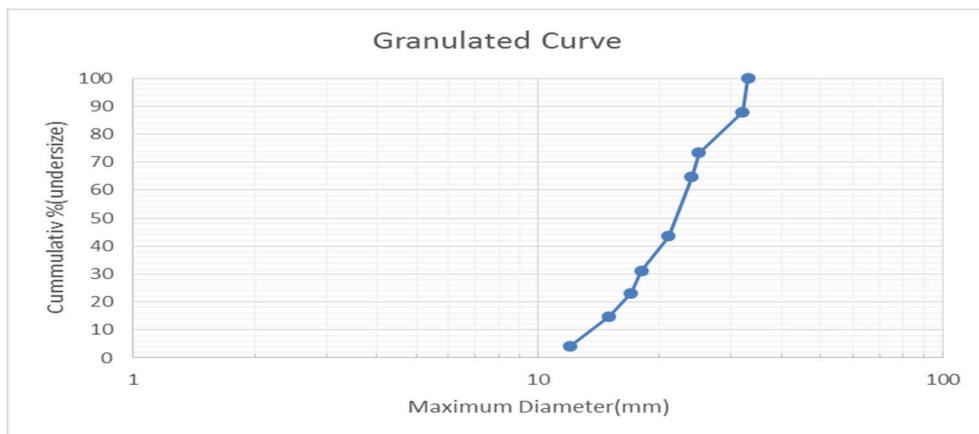
تعداد پیکسل	سایز (mm)
10	12
36	15
56	17
75	18
105	21
156	24
177	25
212	32
241	33

تعداد کل پیکسل‌ها

ب

سایز (mm)	درصد تجمعی پیکسل
12	4.1
15	14.9
17	23.2
18	31.1
21	43.6
24	64.7
25	73.4
32	88
33	100

ج



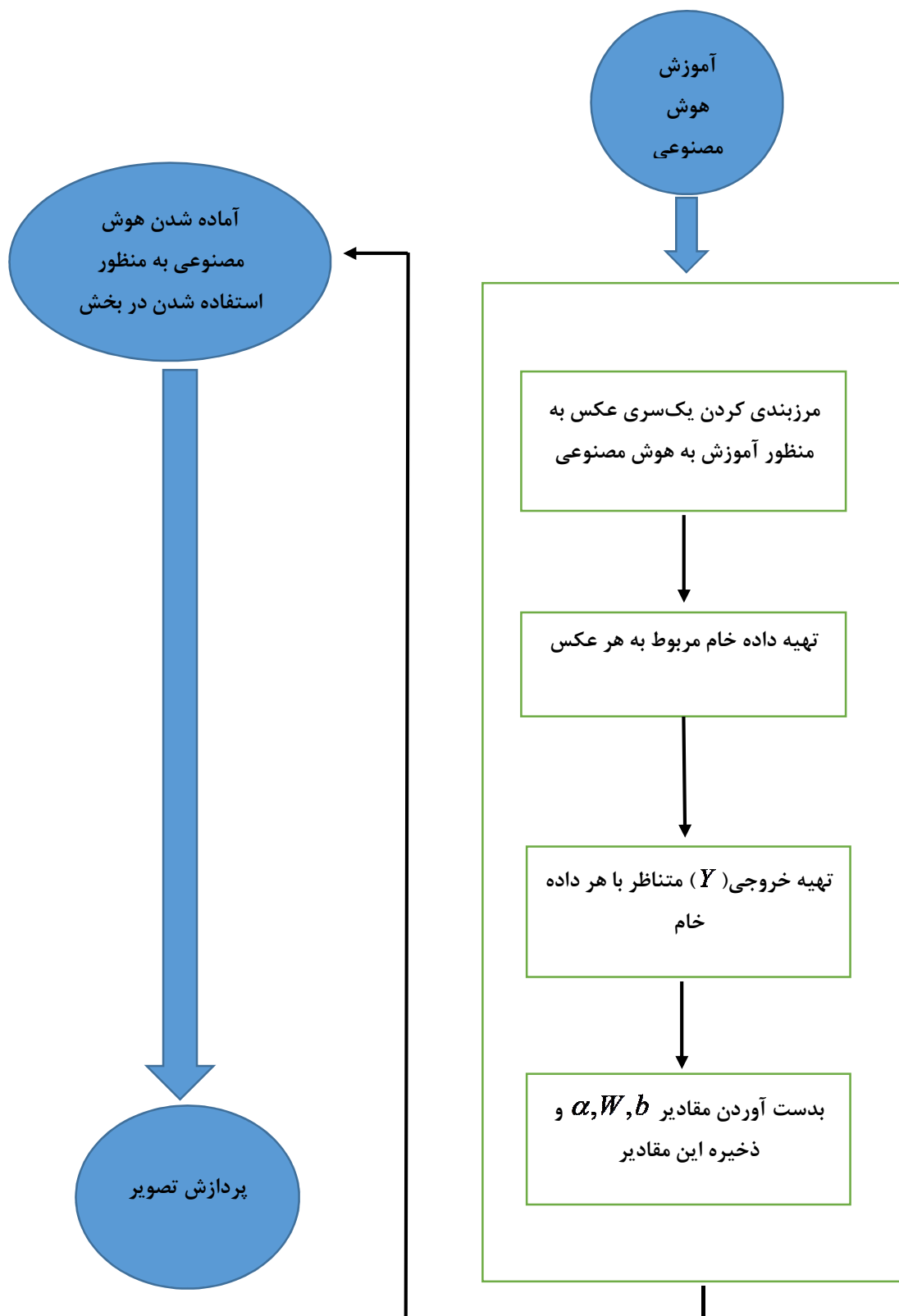
د

شکل ۳-۱۴ مراحل ترسیم نمودار دانه‌بندی مدل

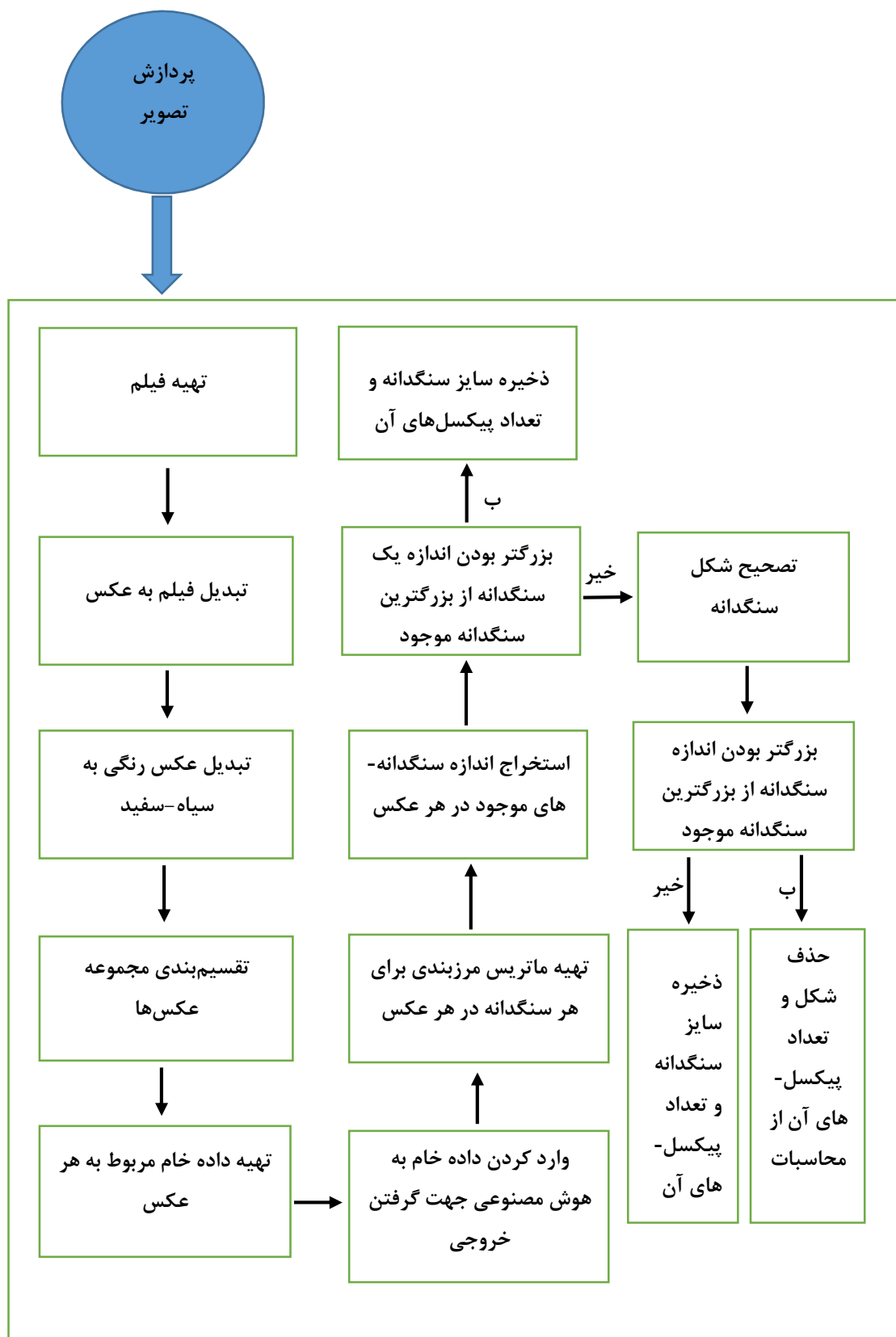
الف: نحوه ذخیره سازی زوج مرتب. ب: مرتب کردن جدول الف براساس اندازه و جمع کردن پیکسل‌ها به صورت تجمعی ج: تقسیم کردن ستون جدول ب بر تعداد کل پیکسل‌ها. د: نمودار ترسیم شده بر اساس جدول د که محور افقی بیانگر درصد تجمعی پیکسل‌ها و محور عمودی بیانگر سایز سنگدانه‌ها میباشد.

استفاده شده است و بحث ترسیم دقیقا مشابه ترسیم نمودار دانه‌بندی مدل انجام می‌شود، تنها با این تفاوت که در ستون اندازه برای هر سنگدانه، سایزی که توسط کولیس اندازه گرفته شده وارد می‌شود و در ستون دیگر وزن هر سنگدانه وارد می‌شود.

۳-۱۰-فلوچارت مراحل کار



شکل ۳-۱۵ فلوچارت آماده‌سازی هوش مصنوعی



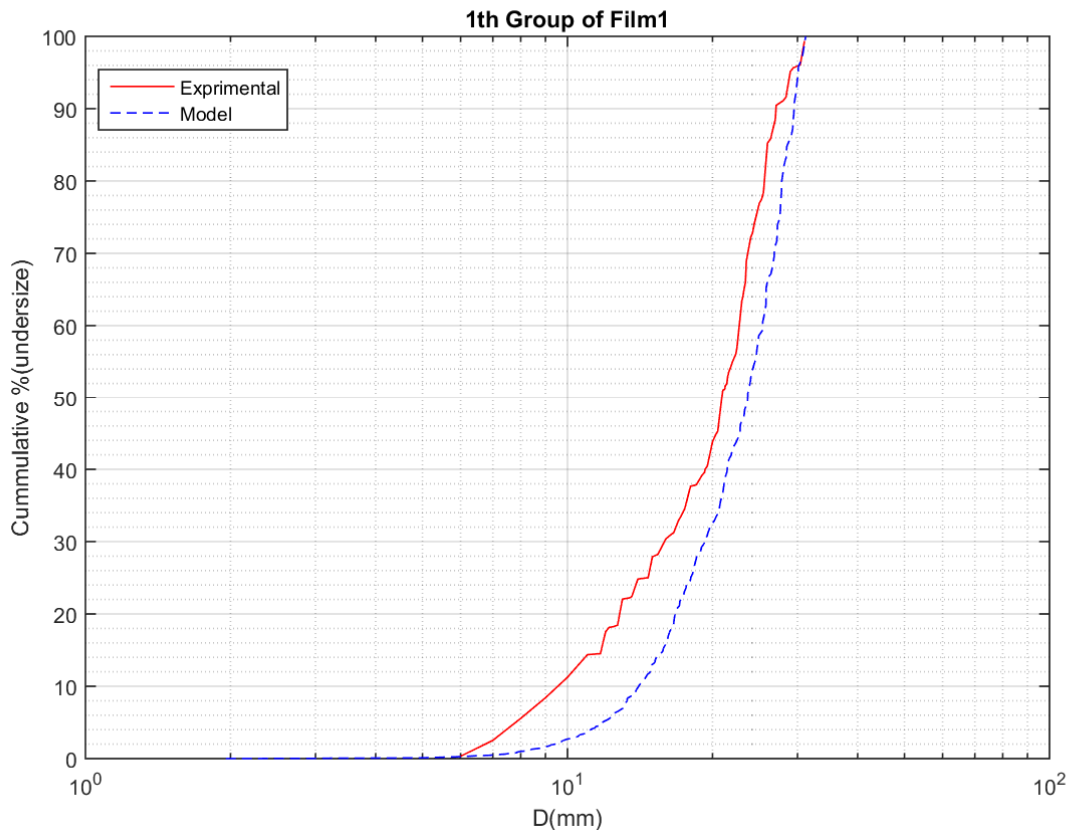
شکل ۳- ۱۶ فلوجارت مراحل پردازش تصویر در تحقیق

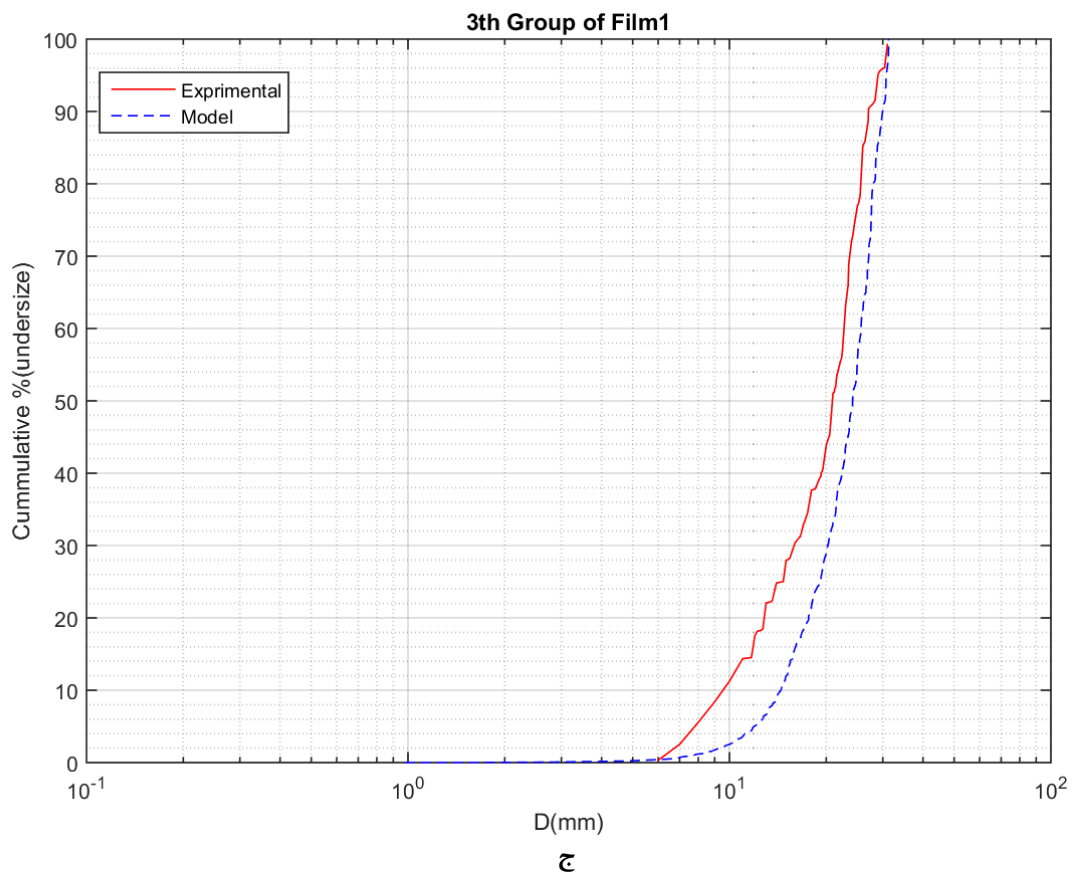
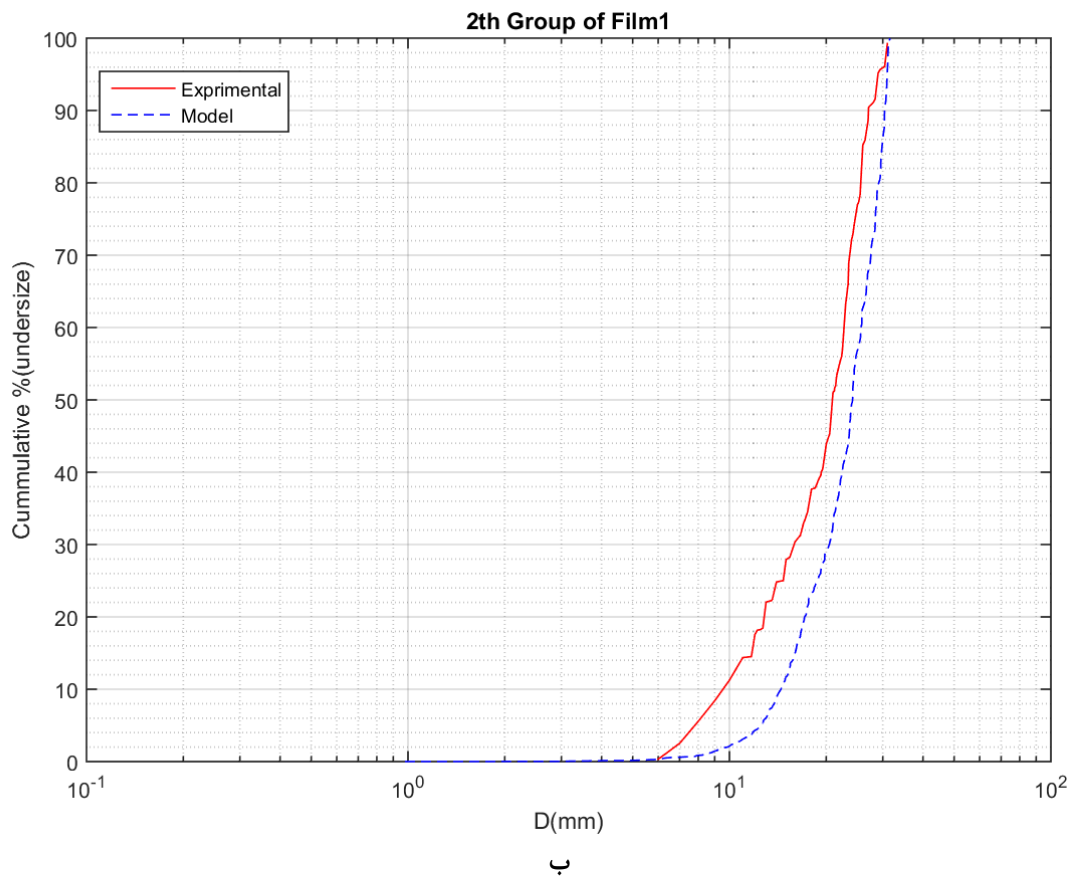
۴- فصل چہارم: صحت سنجی و

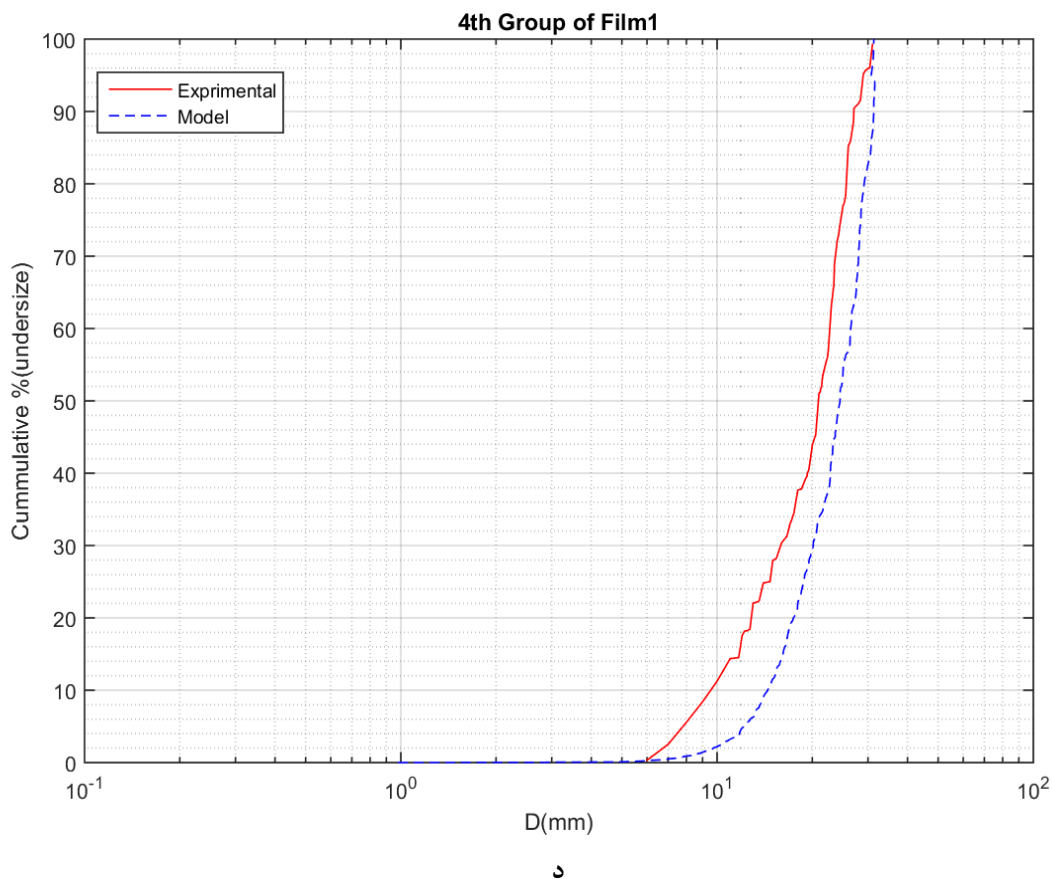
نتایج

۴-۱-صحت سنجی و نتایج

در این بخش به مشاهده نتایج و مقایسه آن با نمودار واقعی پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه برای هر فیلم تعدادی نمودار دانه‌بندی داریم، علاوه بر اینکه لازم است هر نمودار با نمودار دانه بندی واقعی مقایسه شود، لازم است نمودارهای مربوط به هر فیلم با هم مقایسه شوند تا از جهت درست کار کردن برنامه اطمینان حاصل شود و به همین صورت لازم است نمودارهای مربوط به هر کدام از فیلم‌ها با هم مقایسه شوند. در این آزمایش از یک نمونه به وزن ۷۰۰ گرم سنگدانه با سایز ابعادی بین ۰,۵ تا ۳,۱ سانتی متر که توسط کولیس اندازه گیری شده است، استفاده شده است. از این نمونه، در حال ریزش سه عدد فیلم تهیه شده و نمودارهای مربوط به هر فیلم توسط برنامه، دانه‌بندی شده و با سایز اندازه گیری شده توسط کولیس مقایسه شده است. فیلم اول به ۴ دسته و فیلم دوم به ۵ دسته و فیلم سوم به ۷ دسته با توجه به وقفه زمانی بین هر دو عکس، افزاز شده است.







شکل ۴-۱ مقایسه افرازهای فیلم اول با نمودار واقعی

الف. مقایسه افراز اول از فیلم اول با دانه‌بندی توسط کولیس ب. مقایسه افراز دوم از فیلم اول با دانه‌بندی توسط کولیس ج. مقایسه افراز سوم از فیلم اول با دانه‌بندی توسط کولیس د. مقایسه افراز چهارم از فیلم اول با دانه‌بندی توسط کولیس

در هریک از نمودارهای شکل ۴-۱ دو منحنی رسم شده است که نمودار با رنگ آبی دانه بندی توسط برنامه بوده و نمودار با رنگ قرمز، دانه بندی توسط کولیس (دانه بندی دقیق) می باشد. نمودارهای شکل ۴-۱ مربوط به فیلم اول است که به ۴ دسته افراز شده و هر کدام با دانه‌بندی واقعی مقایسه شده‌اند. همانطور که از نمودارهای شکل ۴-۱ پیداست، اندازه در دانه‌بندی توسط برنامه برای همه مقادیر بیشتر از مقدار واقعی بوده و ماکزیمم خطای موجود نزدیک به ۶ میلیمتر می باشد. این خطا ممکن است به دلایل زیر ایجاد شده باشد.

۱. وقتی از سنگدانه‌های در حال ریزش فیلم‌برداری می‌شود، به دلیل حرکت سنگدانه‌ها، اطراف

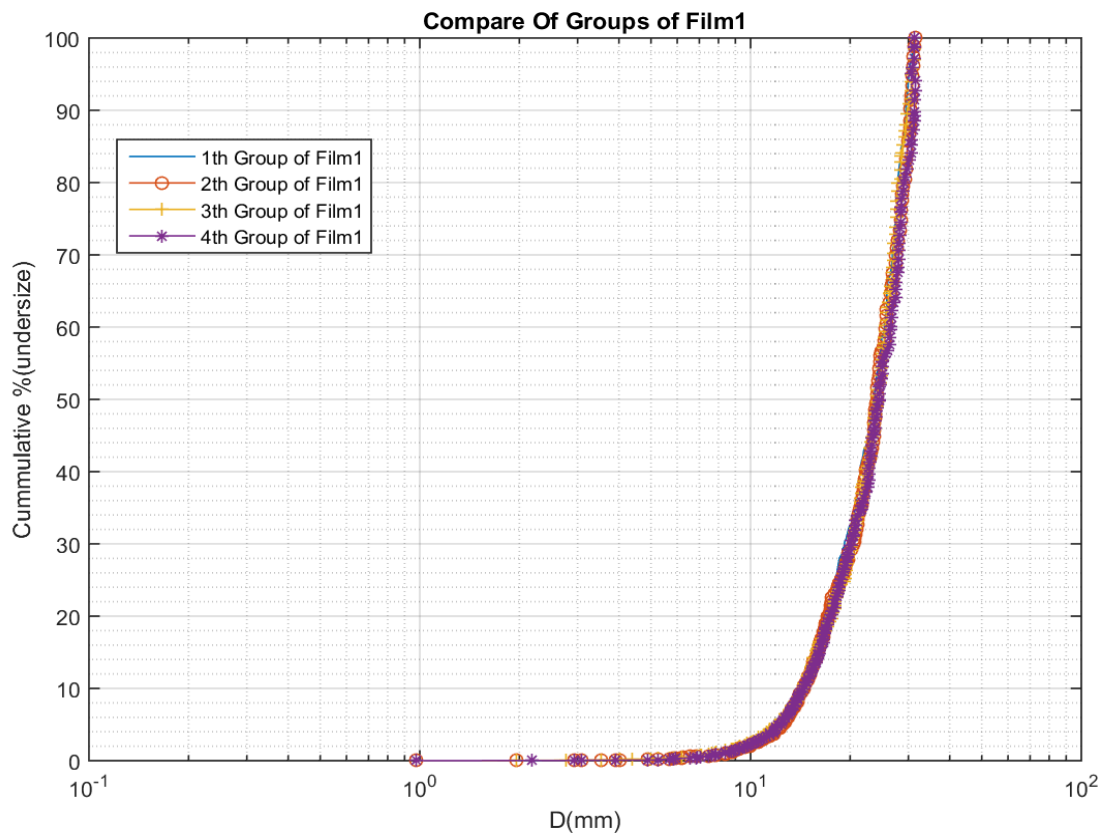
هرسنگدانه تا حدی تصویر کشیده شده و چون برنامه با پیوستگی بین پیکسل‌ها کار می‌کند در نتیجه نواحی کشیده شده اطراف سنگدانه، مقدار منطقی ۱ را به خود گرفته و سفید می‌شود که باعث بزرگتر شدن سنگدانه در تصویر می‌شود.

۲. هنگام ورودی دادن به برنامه، باید به طور تقریبی ماکزیمم سایز موجود در سنگدانه‌ها وارد شود. در صورتی که این مقدار از مقدار واقعی بیشتر وارد شود منجر به خطای محاسباتی می‌شود.

۳. با توجه به اینکه هنگام ریزش سنگدانه‌ها ممکن است دو یا چندین سنگدانه کنار همدیگر قرار گرفته و با احتساب پیوستگی بین پیکسل‌ها منجر به سفید شدن سنگدانه‌ها در کنار هم و بزرگتر دیده شدن توسط برنامه شود.

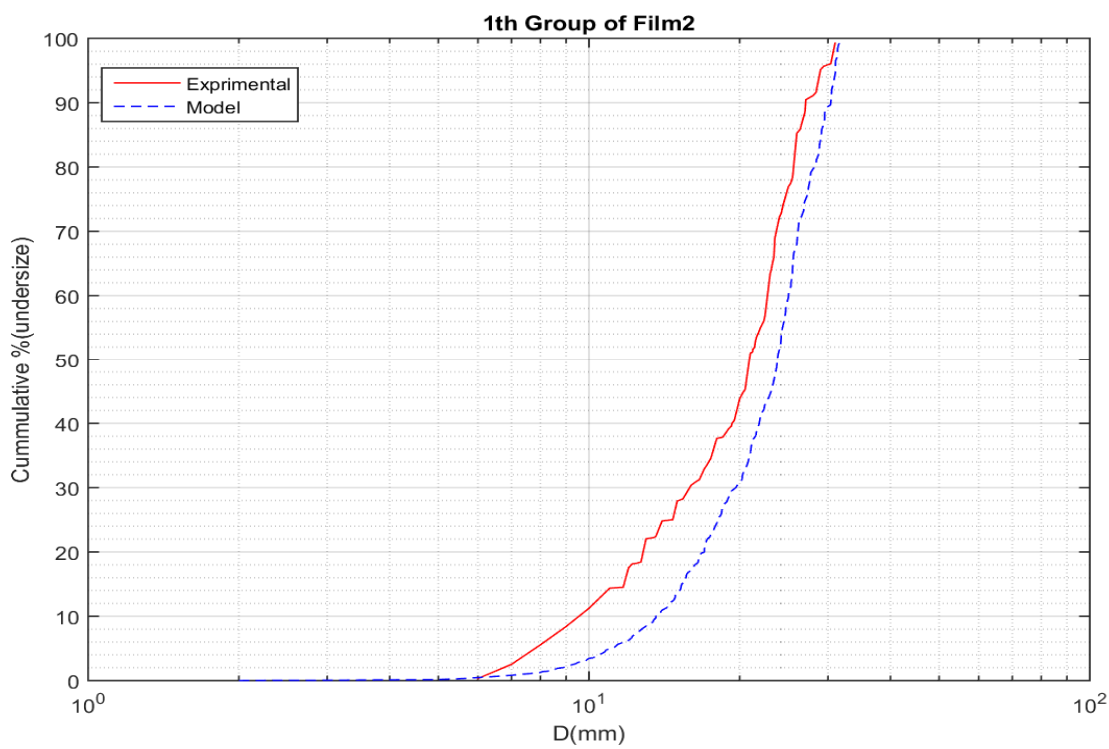
در رابطه با حذف خطای اول از دوربینی با قابلیت فیلم‌برداری با سرعت ۲۴۰ فریم بر ثانیه استفاده شده تا حتی‌الامکان خطای مربوط به کشیده شدن تصویر کمینه شود. خطای دوم اجتناب ناپذیر بوده و به منظور کاهش خطای سوم، برنامه‌ای توسعه یافته که بعد از پردازش تصویر به بررسی بزرگترین سایز موجود در تصویر پرداخته و برای اندازه‌های بزرگتر از مقدار مشخص پردازش‌هایی از قبیل بررسی محدب بودن شکل سنگدانه و حذف، در صورت اصلاح نشدن سایز، پس از بررسی محدب بودن انجام گرفته است.

در شکل ۴-۲ نمودارهای مربوط به فیلم اول که به ۴ دسته تقسیم شده است، با هم مقایسه شده اند. همانطور که از نمودار شکل ۴-۲ پیداست، میزان تفاوت هر نمودار با نمودار دیگر ناچیز بوده و قابل صرف نظر کردن است. به صورتی که می‌توان از هر کدام از نمودارها به عنوان نماینده چند نمودار دیگر استفاده کرد. یا به طور دقیق‌تر می‌توان میانگین نمودارهای مربوط به یک فیلم را به عنوان نماینده دانه‌بندی هر فیلم در نظر گرفت.

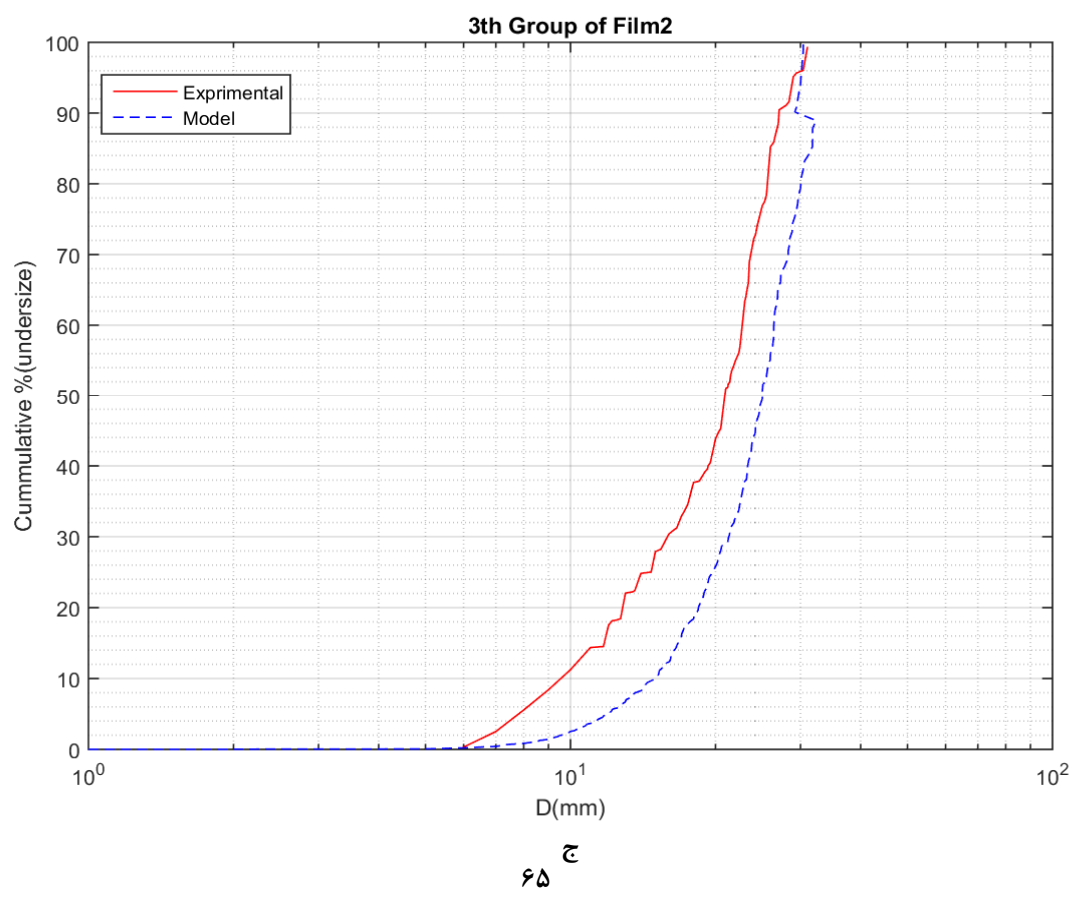
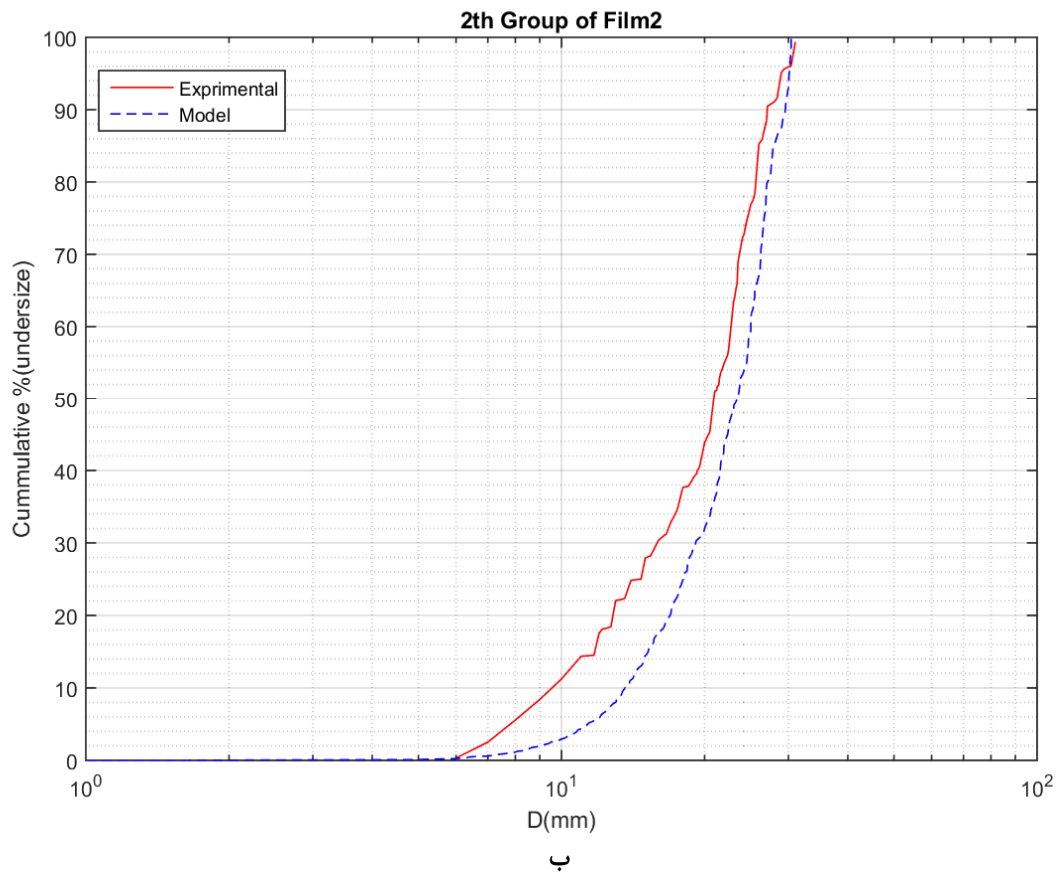


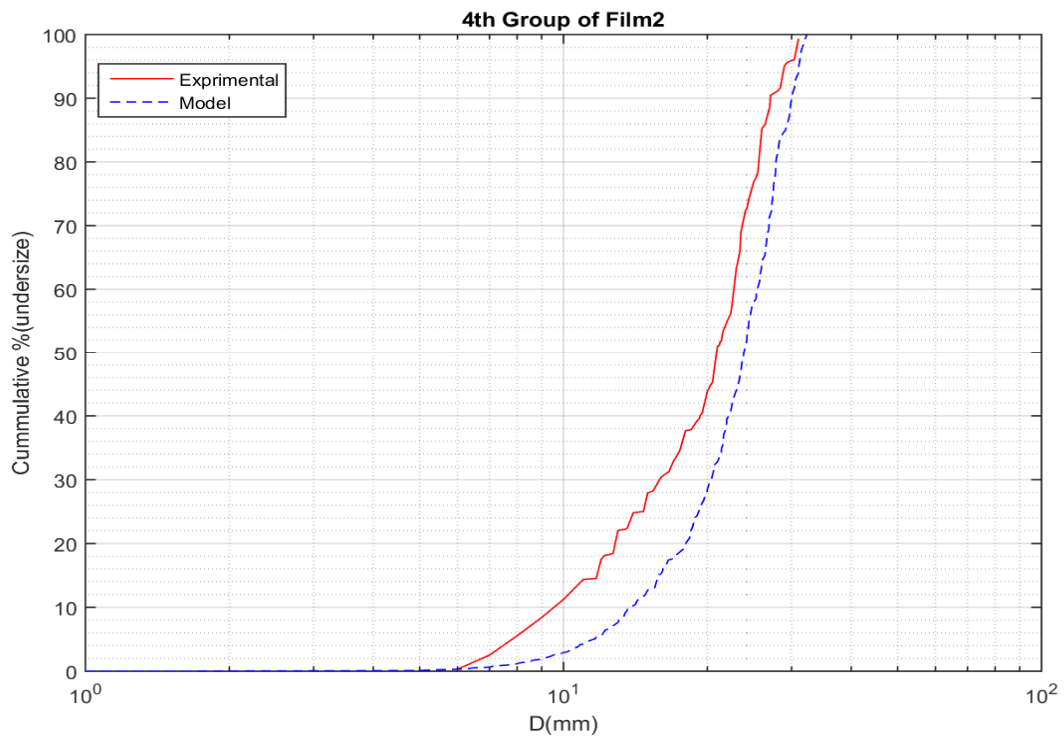
شکل ۴-۲ مقایسه دانه بندی چهار افراز فیلم اول

در ادامه نمودارهای مربوط به فیلم دوم و سوم ارائه می شود.

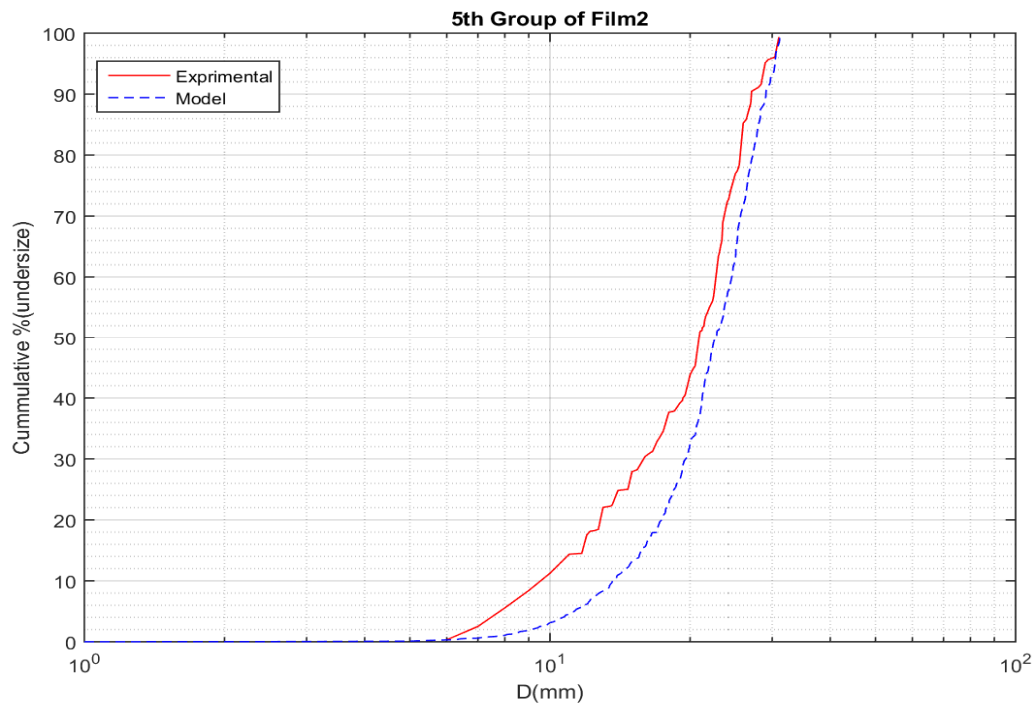


الف





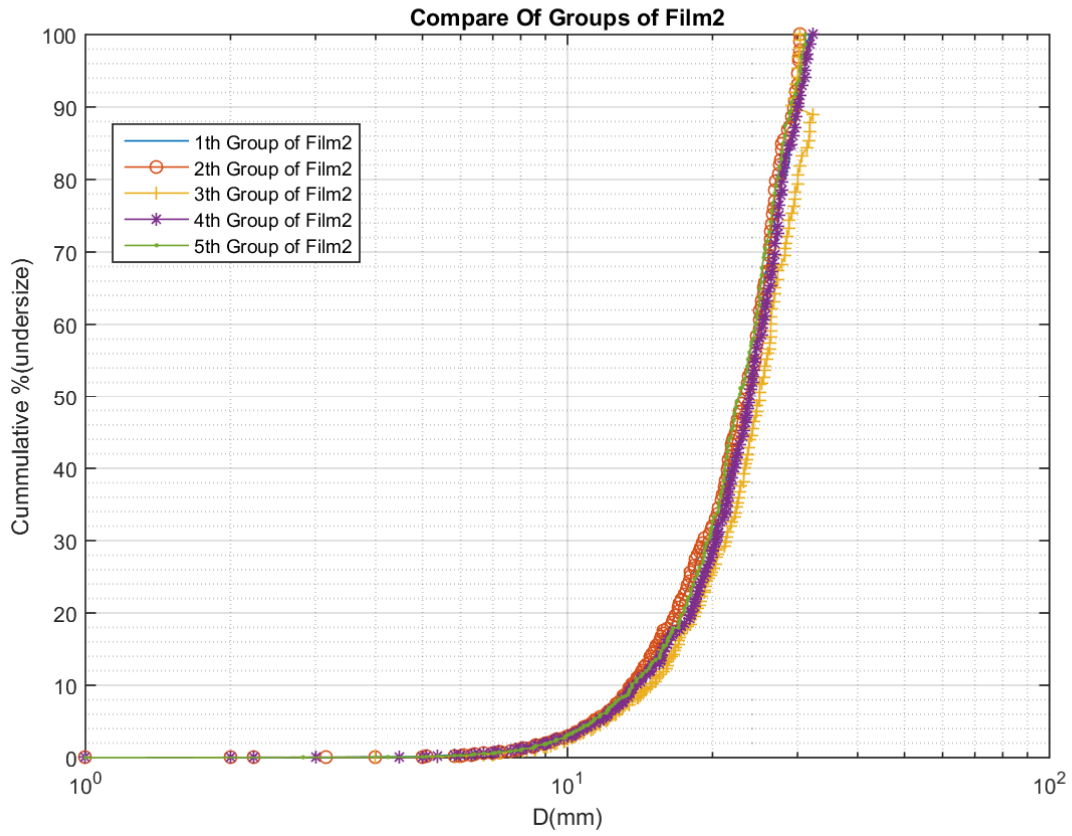
د



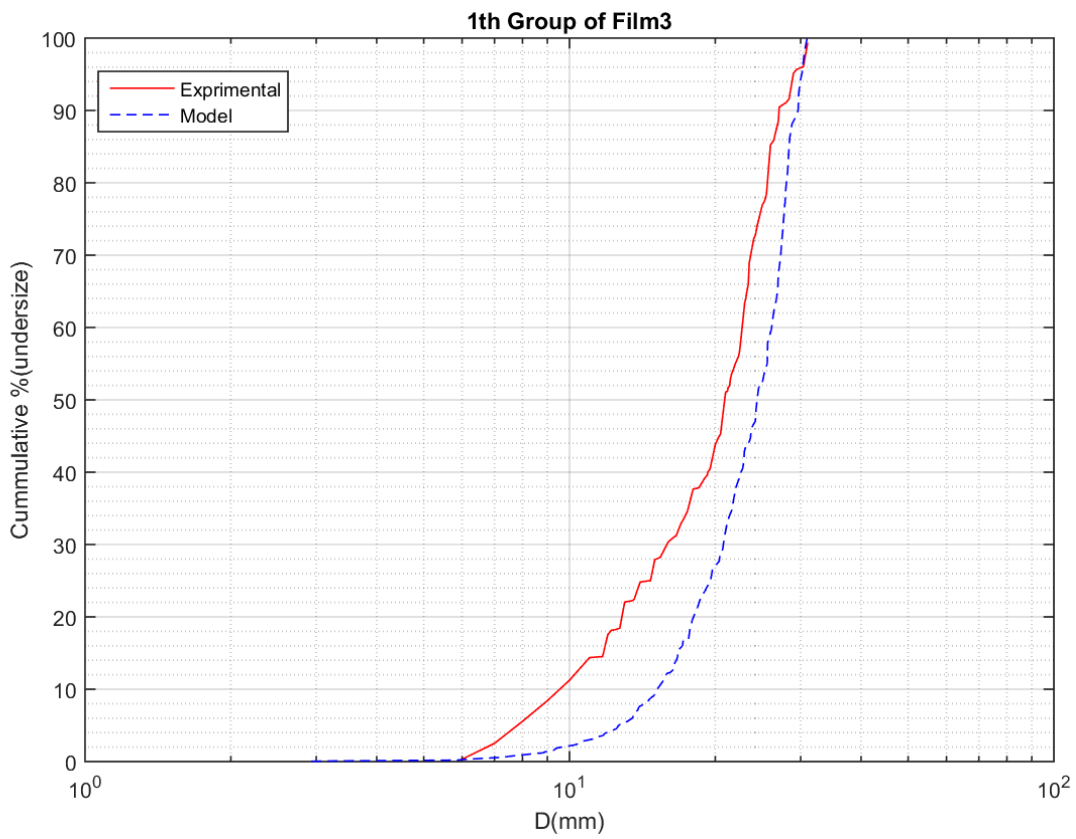
و

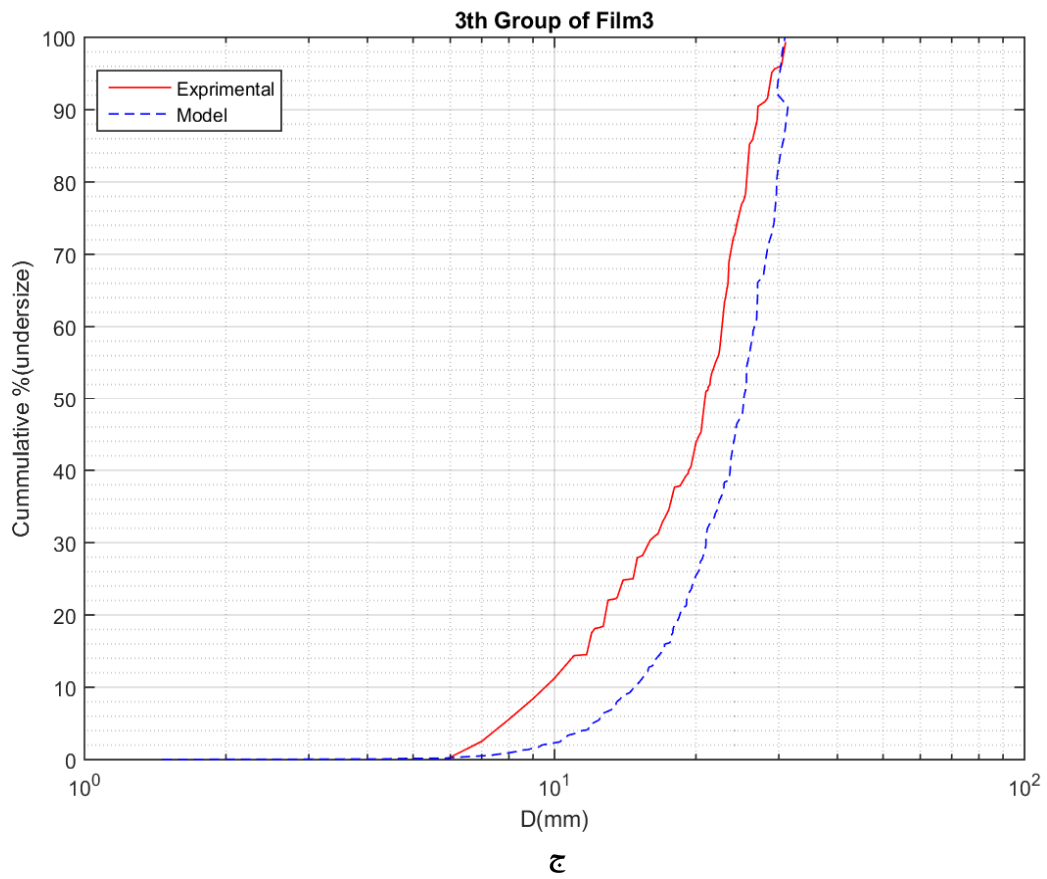
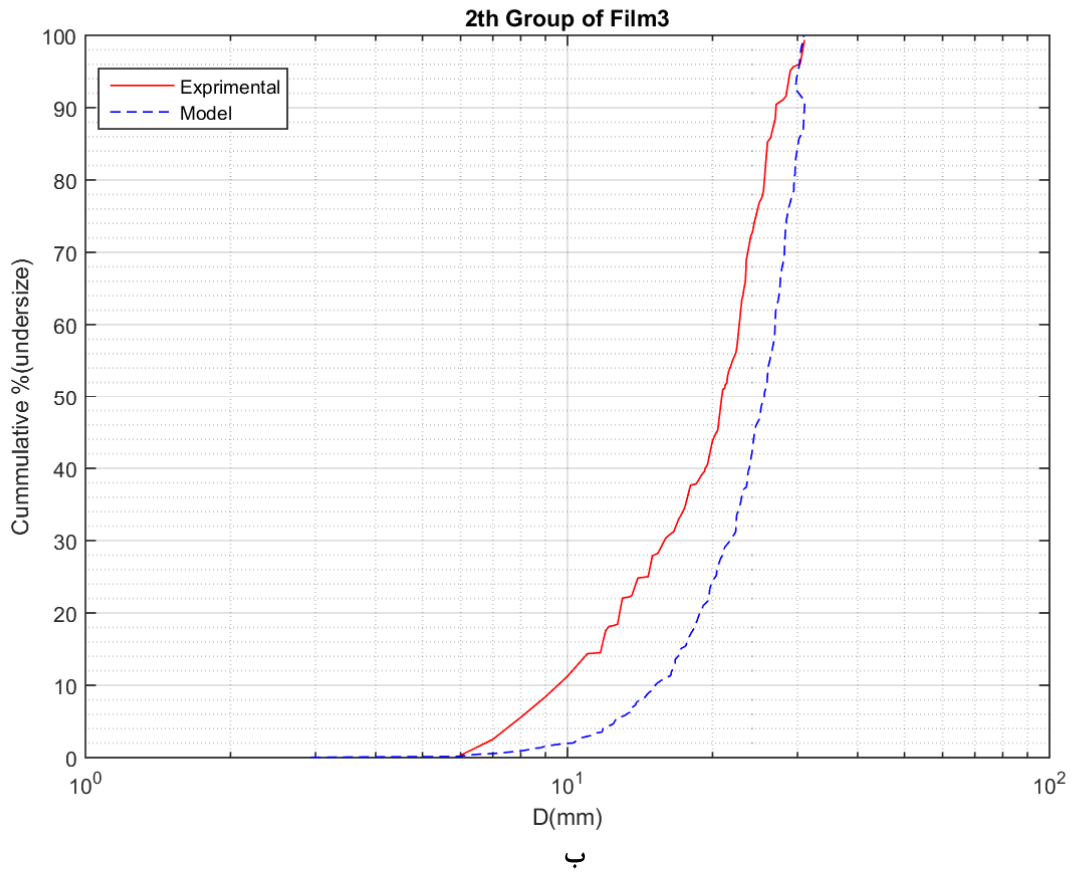
شکل ۴-۳ مقایسه افرازهای فیلم دوم با نمودار واقعی

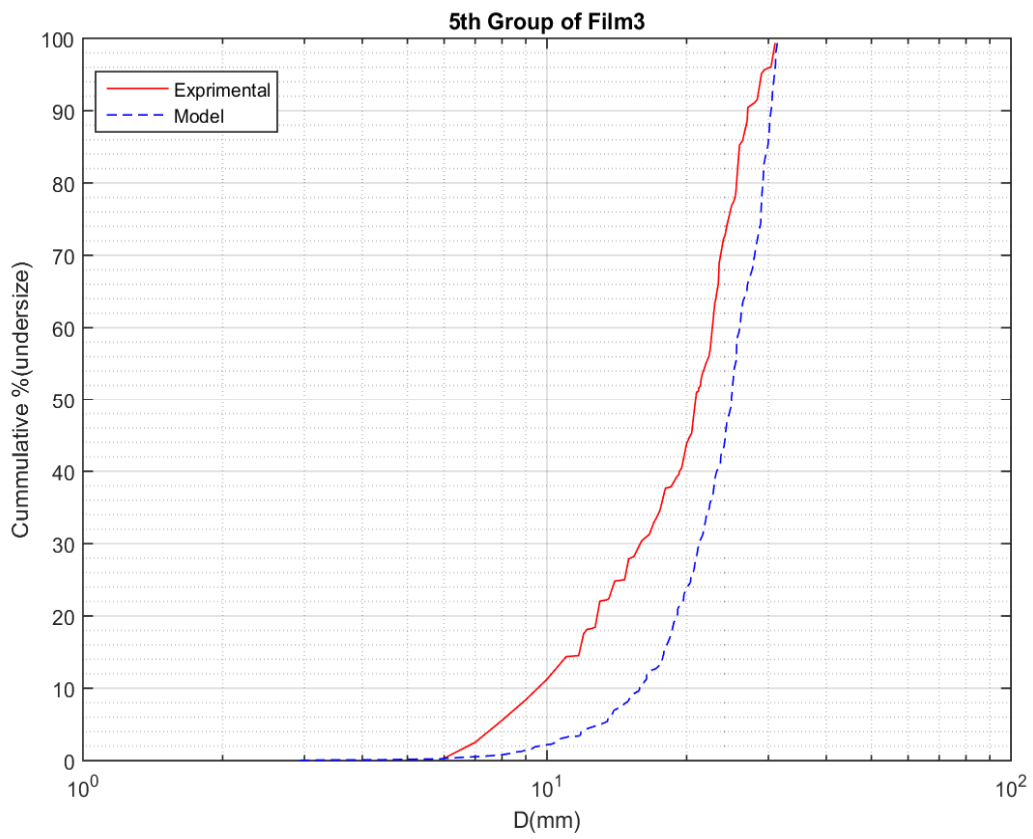
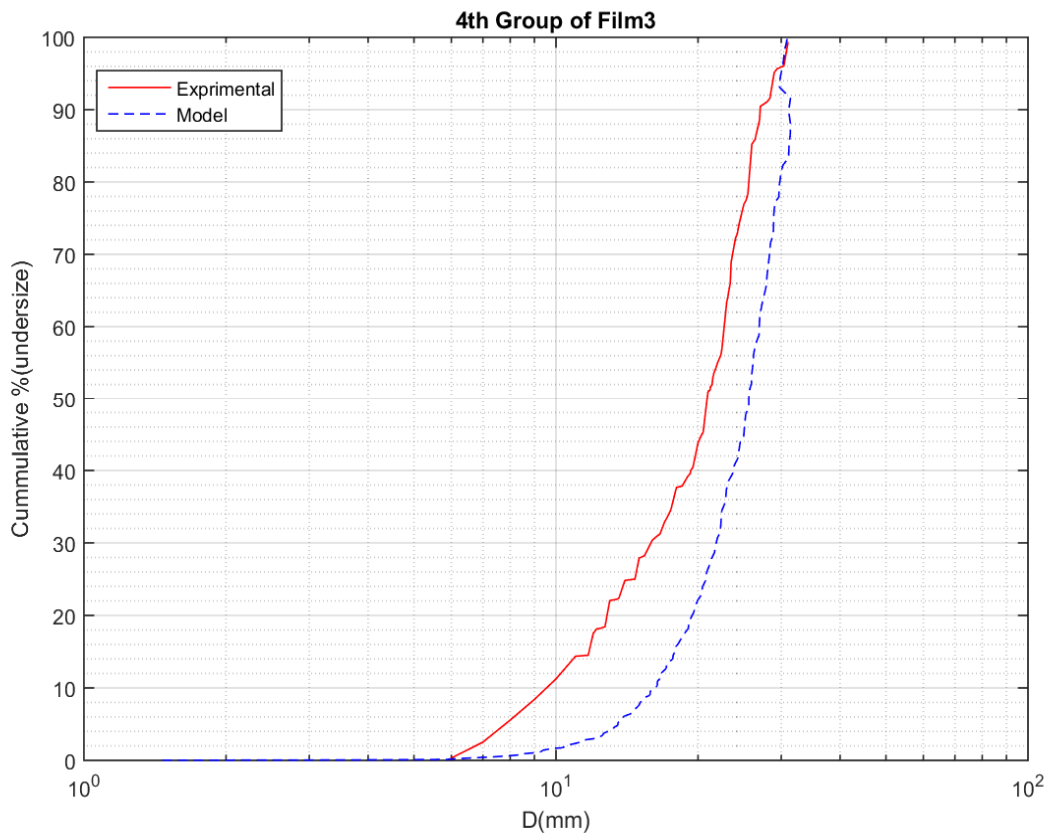
الف. مقایسه افراز اول از فیلم دوم با دانه‌بندی توسط کولیس ب. مقایسه افراز دوم از فیلم دوم با دانه‌بندی توسط کولیس ج. مقایسه افراز سوم از فیلم دوم با دانه‌بندی توسط کولیس د. مقایسه افراز چهارم از فیلم دوم با دانه‌بندی توسط کولیس و. مقایسه افراز پنجم از فیلم دوم با دانه‌بندی توسط کولیس

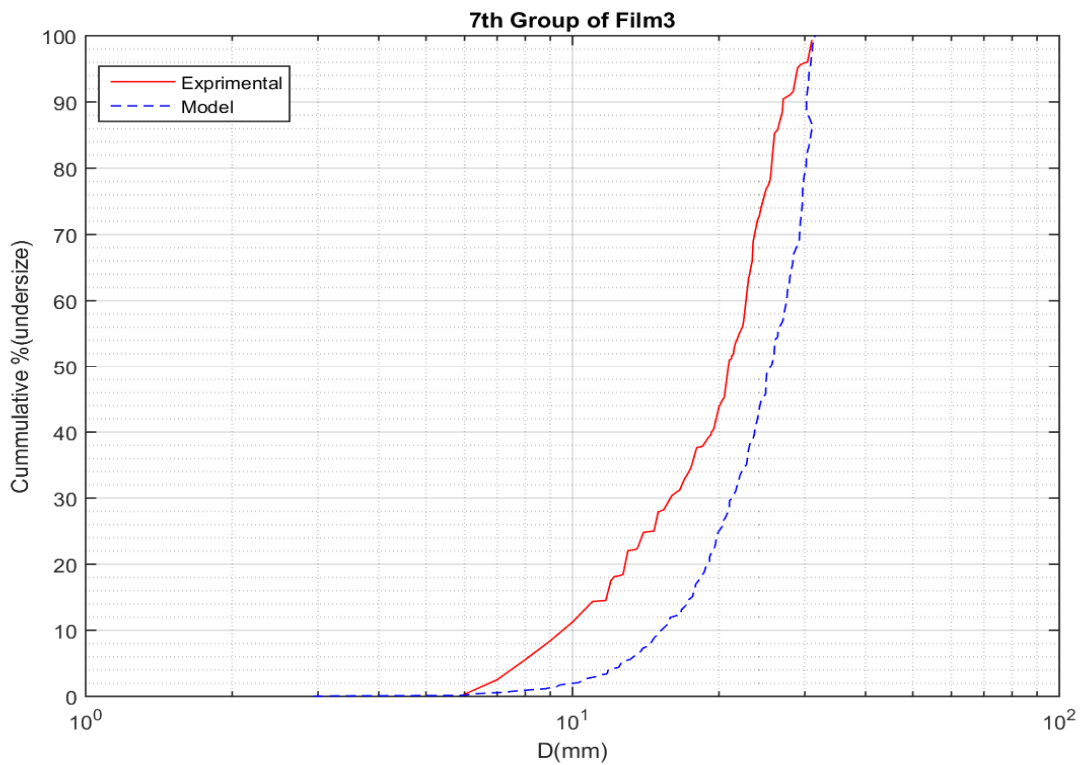
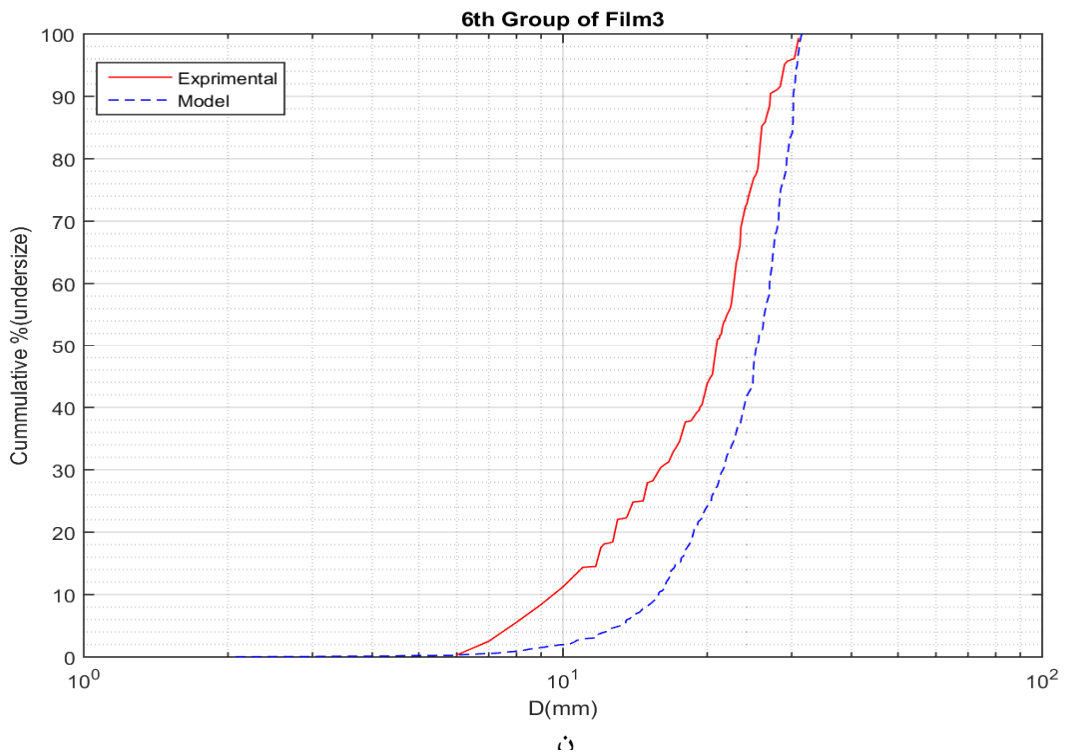


شکل ۴-۴ مقایسه دانه بندی پنج افراز فیلم دوم



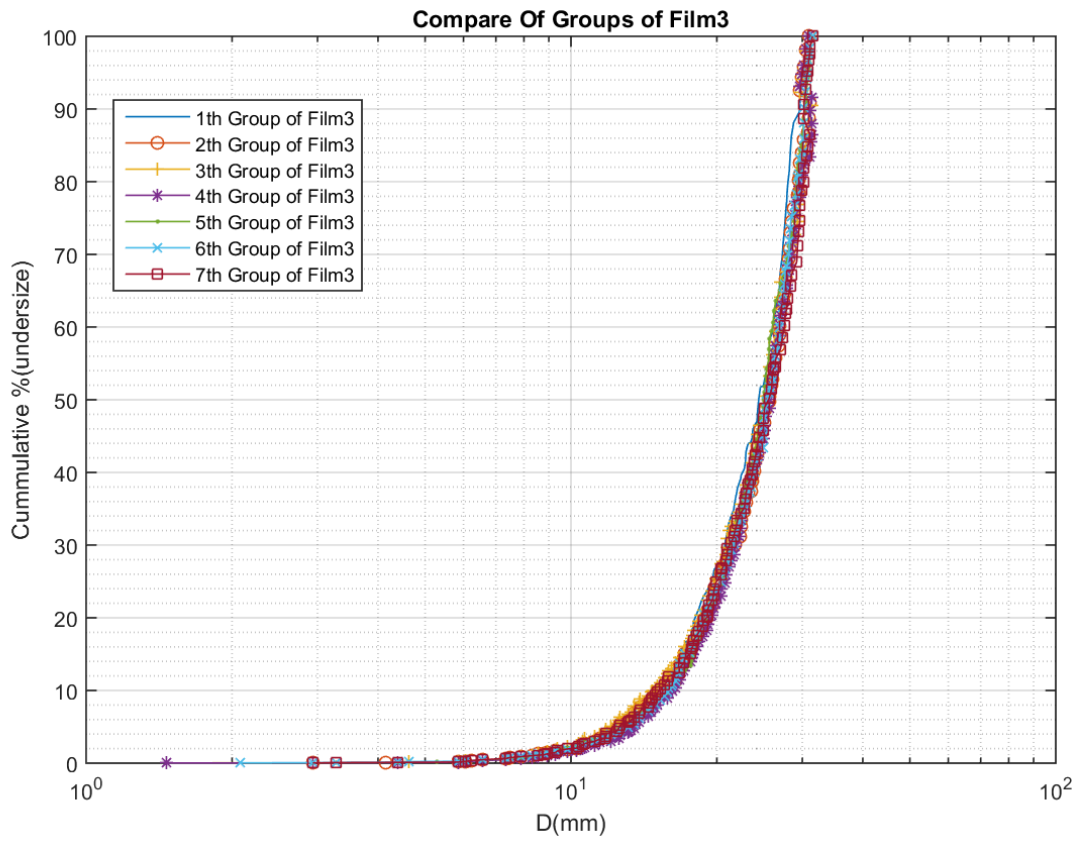




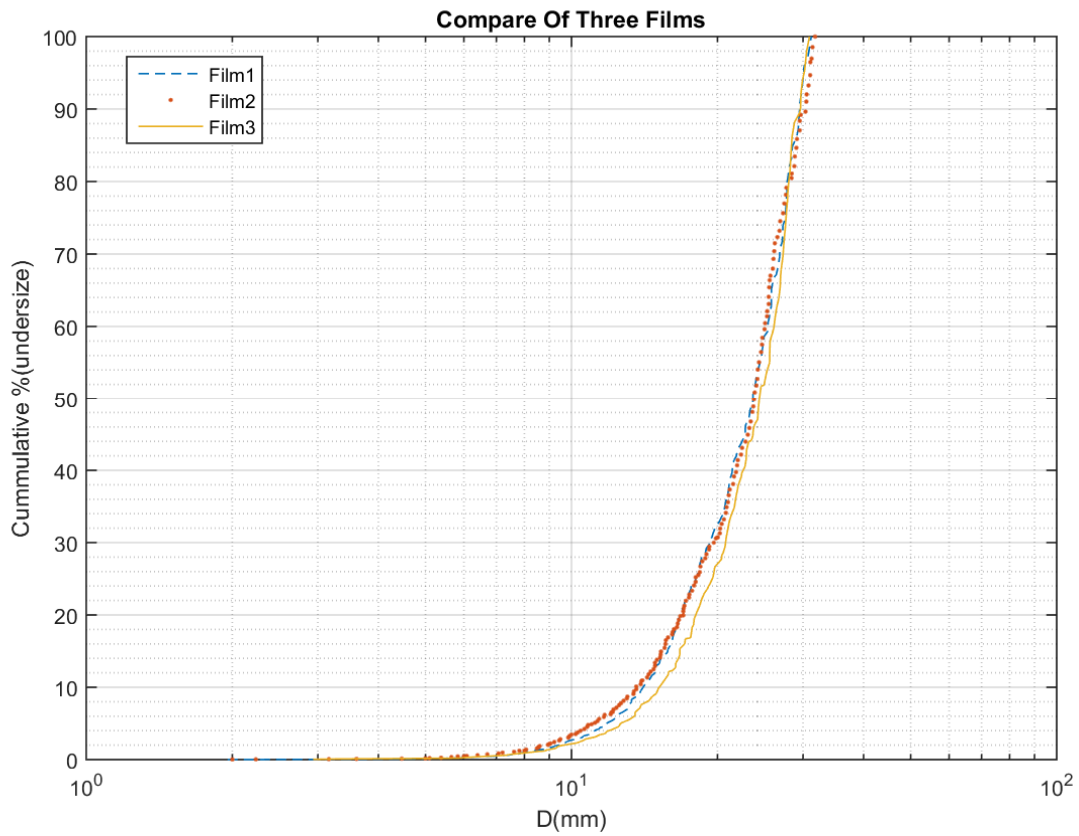


شکل ۴-۵ مقایسه افرازهای فیلم سوم با نمودار واقعی

الف. مقایسه افراز اول از فیلم سوم با دانه‌بندی توسط کولیس ب. مقایسه افراز دوم از فیلم سوم با دانه‌بندی توسط کولیس ج. مقایسه افراز سوم از فیلم سوم با دانه‌بندی توسط کولیس د. مقایسه افراز چهارم از فیلم سوم با دانه‌بندی توسط کولیس و. مقایسه افراز پنجم از فیلم سوم با دانه‌بندی توسط کولیس ن. مقایسه افراز ششم از فیلم سوم با دانه‌بندی توسط کولیس ه. مقایسه افراز هفتم از فیلم سوم با دانه‌بندی توسط کولیس



شکل ۴-۷ مقایسه هفت افراز فیلم سوم



شکل ۴-۶ مقایسه دانه بندی استخراج شده از فیلم ها

با توجه به مقایسه ۳ نمودار شکل ۴-۷ کاملاً مشخص است که دانه‌بندی برای یک مجموعه سنگدانه با فیلم‌برداری‌های مختلف، تفاوتی نمی‌کند. یعنی امکان دارد ماکزیمم تفاوت هر نمودار با نمودار دیگر کمتر از ۲ میلی‌متر باشد.

برای سنگدانه‌هایی با اندازه بین ۰,۵ تا ۳,۱ میلی‌متر که در این تحقیق اندازه‌گیری شده، میزان خطا مستقل از سایز سنگدانه بوده و دلیل این خطا به دلیل کشیده شدن تصویر است که کشیده شدن هم مستقل از سایز سنگدانه است. در رابطه با اینکه چرا در پروسه تحقیق، دانه‌بندی توسط الک برای مقایسه با روش ارائه شده در این تحقیق انجام نشده است، چند دلیل مورد بررسی قرار گرفته است. یک سنگدانه با جابه‌جایی‌های زیاد هنگام الک شدن می‌تواند از بعد کوچکتر خود از سوراخ الک رد شود، که خود منجر به ایجاد خطا می‌شود.

در جدول ۱ تفاوت سایز الک‌ها بر حسب میلی‌متر بیان شده است. در ستون تفاوت، تفاوت هر الک با الک بعدی محاسبه شده است. در این ناحیه مشخص نیست که شیب نمودار و تقعر نمودار چگونه تغییر می‌کند. به همین دلیل لازم است به منظور دقیق‌تر شدن کار حتی الامکان تفاوت قطر الک‌ها از یکدیگر کمتر شود، که در این صورت نیاز به ساخت الک‌های زیادی می‌باشد که مقرون به صرفه نیست. اما در

جدول ۴-۱ اندازه سایز الک‌ها بر حسب اینچ و میلی‌متر

شماره	قطر چشمه (inch)	قطر چشمه (mm)	تفاوت (mm)	شماره	قطر چشمه (inch)	قطر چشمه (mm)	تفاوت (mm)
1	4	101.6	-	12	0.875	22.225	-
2	3.5	88.9	12.7	13	0.75	19.05	3.175
3	3	76.2	12.7	14	0.625	15.875	3.175
4	2.5	63.5	12.7	15	0.53	13.462	2.413
5	2.12	53.848	9.652	16	0.5	12.7	0.762
6	2	50.8	3.048	17	0.4375	11.1125	1.5875
7	1.75	44.45	6.35	18	0.375	9.525	1.5875
8	1.5	38.1	6.35	19	0.3125	7.9375	1.5875
9	1.25	31.75	6.35	20	0.265	6.731	1.2065
10	1.06	26.924	4.826	21	0.25	6.35	0.381
11	1	25.4	1.524	22	0.2	5.08	1.27

روش ارائه شده در تحقیق، اندازه هر سنگدانه مشخص می‌شود و نموداری که ارائه می‌شود از نظر شیب و تقعر با نمودار واقعی که با کولیس اندازه‌گیری شده تقریباً یکی است. چون که در این روش، محدوده بین دو مقدار مشخص موجود نیست و اندازه هر سنگدانه به طور مجزا مشخص شده و نمودار بر این اساس ترسیم می‌شود. با توجه به نمودارهای دانه‌بندی و مقایسه آن‌ها با نمودار دانه‌بندی حقیقی سنگدانه‌ها، مشخص است که میزان خطا در اندازه‌گیری برای سنگدانه‌هایی با اندازه بین ۰,۵ تا ۳,۱ سانتی‌متر، مقداری ثابت بوده و میانگین خطا برای هر محدوده از سنگدانه‌ها برای درصد تجمعی یکسان در نمودار دانه‌بندی مدل و حقیقی برای شکل‌های ۴-۱ و ۳-۴ و ۵-۴، تقریباً ثابت است. از آنجایی که اندازه دانه‌ها متفاوت است درصد خطا برای اندازه‌های مختلف مطابق با ستون آخر از جدول ۲-۴ متفاوت خواهد بود.

جدول ۴-۲ مقایسه خطا برای درصد تجمعی یکسان

درصد تجمعی	اندازه مدل (۲) (میلی‌متر)	اندازه حقیقی (۳) (میلی‌متر)	خطا (۴) (میلی‌متر) ستون ۳-ستون ۲	درصد خطا در اندازه گیری=ستون ۲/ستون ۴
۱۵	۱۲	۱۷	۵	۴۱
۳۰	۱۷	۲۲	۵	۲۹
۴۵	۲۱	۲۶	۵	۲۵
۶۰	۲۳	۲۸	۵	۲۱

۷۵	۲۵	۳۰	۵	۲۰
۹۰	۲۷	۳۱	۴	۱۴

اکنون به بررسی خطا در درصد تجمعی سنگدانه‌ها برای اندازه یکسان پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است که در جدول ۳-۴، ستون ۲ میانگین درصد تجمعی دانه‌بندی مدل برای شکل‌های ۴-۱ و ۴-۳ و ۴-۵ در اندازه‌های ستون ۱ می‌باشد.

جدول ۳-۴ مقایسه خطا برای اندازه یکسان

اندازه سنگدانه‌ها (۱) (میلی-متر)	درصد تجمعی در نمودار دانه‌بندی مدل (۲)	درصد تجمعی در نمودار دانه‌بندی حقیقی (۳)	خطا = ستون ۲ - ستون ۳
۵ >	۰	۰	۰
۱۰ >	۲	۱۱	۹
۱۵ >	۸	۲۲	۱۴
۲۰ >	۲۸	۴۰	۱۲
۲۵ >	۴۰	۷۰	۳۰
۳۱ >	۸۰	۱۰۰	۲۰

۴-۲- بحث و نتیجه گیری

هدف در این تحقیق دانه‌بندی توسط پردازش تصویر می‌باشد. با هوش مصنوعی پیکسل‌ها به دو ناحیه مرز سنگدانه‌ها و نواحی داخلی سنگدانه‌ها تقسیم شدند و با مشخص کردن مرز هر سنگدانه به صورت منحصر به فرد و تعیین بزرگترین اندازه هر سنگدانه و شمارش تعداد پیکسل‌های داخل هر سنگدانه در تصویر، داده‌های لازم جهت ترسیم منحنی دانه‌بندی حاصل می‌شود. در طی تحقیق مشاهده شد که در این روش خطاها تا حدی نسبت به اندازه‌گیری با ابزار دقیق در کل نمودار دانه‌بندی برای اندازه بین ۰.۵ تا ۳.۱ سانتی‌متر مقداری ثابت است و مستقل از بزرگی و کوچکی سنگدانه‌ها می‌باشد. به عبارتی چون از سنگدانه‌های در حال ریزش فیلم تهیه شده و فیلم مورد نظر به عکس تبدیل شده است، تصویر تا حدی برای قسمت‌های متحرک کشیده می‌شود و این مقدار از کشیدگی برای تمامی سنگدانه‌ها مقدار ثابتی است، در نتیجه خطای اندازه‌گیری مقداری ثابت باقی می‌ماند. لازم به ذکر است که به منظور صحت‌سنجی تحقیق، از یک نمونه سنگدانه سه عدد فیلم با سرعت‌های مختلف فیلم‌برداری تهیه شد و منحنی دانه‌بندی هر کدام از این فیلم‌ها با نمودار دانه‌بندی که توسط کولیس اندازه‌گیری شده است، مقایسه شد. جهت بررسی اینکه برنامه برای یک نمونه سنگدانه، چندین نمودار دانه‌بندی متفاوت ارائه می‌کند، دانه‌بندی هر سه فیلم با یکدیگر مقایسه شد و با توجه به مقایسه نمودارهای دانه‌بندی، خطاها قابل صرف نظر کردن می‌باشد، به صورتی که می‌توان گفت برنامه برای یک نمونه سنگدانه با حالت‌های مختلف فیلم‌برداری یک دانه‌بندی را ارائه می‌کند. از آنجاییکه مقدار خطا در این روش نسبت به دانه بندی دقیق، قابل چشم‌پوشی است، می‌توان این روش را جایگزین الک کردن کرد. چون که در این روش به طور کامل نیروی انسانی حذف شده و تمام کارها به صورت اتوماتیک انجام می‌پذیرد. در ضمن این روش نسبت به الک کردن به دلیل اینکه محدوده‌ای برای سنگدانه‌ها مشخص نمی‌کند دقیق‌تر می‌باشد و در مواردی چون نظارت، می‌توان از آن استفاده کرد. بیشترین خطای موجود برای درصد جمعیتی یکسان در روند تحقیق، ۵ میلی‌متر می‌باشد. بدین منظور اگر قرار باشد از این روش جهت دانه‌بندی سنگدانه‌ها استفاده شود، لازم است که در شرایط موجود نمونه‌ای از سنگدانه‌هایی که قرار است اندازه

گیری شوند مورد آزمایش قرار گیرد و مقدار خطا برای درصد تجمعی‌های یکسان محاسبه شده و از آن پس، بعد از اندازه‌گیری به کمک این روش، خطای مربوط به هر درصد تجمعی از اندازه گرفته شده در آن درصد تجمعی کسر شود.

References

- [1] F. J. Benson, "Effects of Aggregate Size, Shape, and Surface Texture on the," Highway Research Board, Washington D.C, 1968.
- [2] I. V. Kalcheff and D. G. Tunnicliff, Effects of Crushed Stone Aggregate, Association of Asphalt Paving, 1982.
- [3] W. S. G. Britton, "Effects of Aggregate Size, Shape, and Surface Texture on," Highway Research Board, Washington D.C, 1968.
- [4] Jean-Louis, L. Chermant, M. Coster and A.-S. Dequiedt, "Some fields of applications of automatic image analysis in civil engineering," *Cement & Concrete Composites*, 2001.
- [5] X. QIAO, F. MURTAGH, P. WALSH, P. A. M. BASHEER, D. CROOKES and A. E. LONG, "Image processing of coarse and fine aggregate images," *AMAS Workshop* , p. 231–238, 2002.
- [6] L. Banta, K. Cheng and J. Zaniewski, "Estimation of limestone particle mass from 2D images," *Elsevier*, p. 184– 189, 2003.
- [7] N. Marinoni, A. Pavese, M. Foi and L. Trombino, "Characterisation of mortar morphology in thin sections by digital image processing," *Elsevier*, p. 1613– 1619, 2004.
- [8] J. M. R. Fernlund, "Image analysis method for determining 3-D," *Bull Eng Geol Environ*, p. 159–166, 2005.
- [9] G. A. SWIFT, CHARACTERIZATION OF COARSE AGGREGATE ANGULARITY, UNIVERSITY OF MISSOURI, 2007.
- [10] A.-T. S, M. N.J and K. T.S, "Estimation of the size distribution of particles moving on a conveyor belt," *ELSEVER*, pp. 72-83, 2007.
- [11] G. H. A. J. J, K. K. Hayano and K. Ogiwara, "Image Analysis Techniques on Evaluation of Particle Size Distribution of," *Int. J. of GEOMATE*, pp. 290-297, 2012.
- [12] I. S. Bessa, V. T. C. Branco and J. B. Soares, "Evaluation of different digital image processing software for aggregates and hot mix asphalt characterizations," *Elsevier*, pp. 370-378, 2012.
- [13] H. Kim, C. T. Haas and A. F. Rauch, "ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED QUALITY CONTROL".
- [14] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 2008.

- [15] Joseph P. Hornak, *Encyclopedia of Imaging Science and Technology*, 2002.
- [16] A. Rosenfeld, *Picture Processing by Computer*, New York: Academic Press, 1969.
- [17] R. F. C. S. L. Haines, "The effects of video compression on acceptability of images for monitoring life sciences experiments. ١٩٩٢",
- [18] J. Watkinson, *The MPEG Handbook*, 2004.
- [19] P. Harvnb, *Intelligent agents*, 1998.
- [20] S. J. Russell and P. Norvig, "Artificial Intelligence: A Modern Approach," New Jersey, 2009, p. 1.
- [21] in *Machines Who Think*, Natick, 2004, pp. 4-5.
- [22] P. McCorduck, "Machines Who Think," Natick, 2004, pp. 51-107.
- [23] D. Berlinski, *The Advent of the Algorithm*, 2000.
- [24] [A. I. L. H. R. G. MIT, "Kismet ٢٥", October 2014. [درون خطي]. Available: <http://www.ai.mit.edu>.
- [25] in *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, New Jersey, 2009, p. 16.
- [26] N. Aletras, D. Tsarapatsanis, D. Preotiuc-Pietro and V. Lampos, "Predicting judicial decisions of the European Court of Human Rights: a Natural Language Processing perspective," *PeerJ Computer Science*, 2016.
- [27] N. S. Foundation, Interviewee, *Programming safety into self-driving cars*. [Interview]. 24 October 2016.
- [28] *Google's artificial*. [Interview]. 24 October 2016.
- [29] W. McCulloch and W. Pitts, "A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity," *Bulletin of Mathematical Biophysics*, p. 115–133, 1943.
- [30] D. Hebb, *The Organization of Behavior*, New York, 1949.
- [31] N. Rochester, J. Holland, L. Habit and W. Duda, "tests on a cell assembly theory of the action of the brain, using a large digital computer," *IRE Transactions on Information Theory*, p. 80–93, 1956.
- [32] M. I. Jordan and C. M. Bishop, "Neural Networks". In Allen B. Tucker. *Computer Science Handbook*, CRC Press, 2004.
- [33] M. Mohri, A. Rostamizadeh and A. Talwalkar, *Foundations of Machine Learning*, The MIT Press, 2012.
- [34] M. van Otterlo و M. Wiering, *Reinforcement learning and markov decision processes*, Berlin: Springer, 2012 .

- [35] K. P. Bennett and C. Campbell, Excellent introduction to SVMs with helpful figures, SIGKDD Explorations, 1994, pp. 1-13.
- [36] J. S. Arora, Introduction to Optimum Design, Iowa: ELSEVER, 2004.
- [37] T. Hofmann, B. Scholkopf and A. J. Smola, "Kernel Methods in Machine Learning," 2008.

پیوست

کدهای کامپیوتری

کدهای نوشته شده در این تحقیق با برنامه Mathlab2015 نوشته شده است.

تابع اصلی برنامه تابع mainfun می باشد که فیلم را گرفته و سائز سنگدانه ها را استخراج می کند.

```
function [X]= mainfun(Vfilename,st,Int,et,Adress1,Adress2,Adress3,Adress4,format,n...,  
    thresh,scalex,scaley,maxsize)  
%%information about variables  
%Vfilename:'address of folder of video\name of video file.format of video file'  
%Adrees1: adress of folder of pictures  
%Adress2: adress of folder of SVM  
%Adress3: adress of folder that anylized picture will be saved  
%format: format of output pictures  
%n= size of neighbor matrix  
%tresh: intensity wich have to be zero  
%scale: number of pixel at one centimeter  
%intp: interval between pictures  
%%code of program  
%TKF(Vfilename,st,Int,et,format,Adress1);  
Properties1=dir(Adress1);  
Properties2=dir(Adress2);  
load(fullfile(Adress2,Properties2(3).name))  
Properties1=struct2table(Properties1);  
Properties1(1:2;[])=(:,  
Properties1=sortrows(Properties1,'date','ascend');  
Properties1=table2struct(Properties1);  
count=1;  
X;[]=
```

```

t=1;
for i=1:size(Properties1,1)
    Pic=imread(fullfile(Adress1,Properties1(i).name));
    ind= Pic>thresh;
    [r,c]=find(Pic>thresh);
    if (size(r,1)>=80)
        [h]=finspecdiff(Pic,n,r,c);
        Pic(Pic<=thresh)=0;
        l=predict(ST((n-1)/2).SVM,h');
        l(l==1)=255;
        Pic(ind)=1;
        T=logical(Pic);
        name=sprintf('%d. %s',count,format);
        count=count+1;
        Boundry=boundry(T);
        if isempty(Boundry)==0
            [MaxoB]=sizecal(Boundry,scalex,scaley);
        if (isempty(MaxoB(1,:)>=maxsize)==0)
            [T1,MaxoB]=CHAFIBO(T,scalex,scaley,maxsize);
            imwrite(T1,fullfile(Adress3,name))
        else
            imwrite(T,fullfile(Adress3,name))
        end
    end

    if isempty(MaxoB)==0
        X{t}=MaxoB;
        t=t+1;
    end
end
end
end
end
save(fullfile(Adress4,'result.mat'),'X');

```

end

برنامه‌ای که جهت آماده کردن داده‌های ورودی نوشته شده برنامه `finspecdiff` می‌باشد. البته دو برنامه دیگر به نام‌های `finddifnei` و `finddifnei2` هم به منظور آزمایش ماتریس‌های همسایگی دیگر نوشته شده است.

```
function [H]= finspecdiff(P,n,r,c)
    P=im2double(P);
    a=floor(n/2)+1;
    for i=1:size(r,1);
        l=P(r(i),c(i))*ones(n);
        if a>r(i);
            b(1:a-r(i),1:n)=P(r(i),c(i)) ;
            if a>c(i);
                b(1:n,1:a-c(i))=P(r(i),c(i));
                b(a-r(i)+1:n,a-c(i)+1:n)=P(1:r(i)+a-1,1:c(i)+a-1);
                elseif(c(i)>=a && c(i)<=size(P,2)-a);
                b(a-r(i)+1:n,1:n)=P(1:r(i)+a-1,c(i)-a+1:c(i)+a-1);
            else
                b(a-r(i)+1:n,1:size(P,2)-c(i)+a)=P(1:r(i)+a-1,c(i)-a+1:end);
                b(1:n,size(P,2)-c(i)+a+1:n)=P(r(i),c(i));
            end
        elseif(a<=r(i) && r(i)<=size(P,1)-a)
            if a>c(i)
                b(1:n,1:a-c(i))=P(r(i),c(i));
                b(1:n,a-c(i)+1:n)=P(r(i)-a+1:r(i)+a-1,1:c(i)+a-1) ;
                elseif(c(i)>=a && c(i)<=size(P,2)-a)
                b(1:n,1:n)=P(r(i)-a+1:r(i)+a-1,c(i)-a+1:c(i)+a-1);
            else
                b(1:n,1:size(P,2)-c(i)+a)=P(r(i)-a+1:r(i)+a-1,c(i)-a+1:end);
                b(1:n,size(P,2)-c(i)+a+1:n)=P(r(i),c(i));
            end
        end
    end
```

```

end
else
    b(size(P,1)-r(i)+a+1:n,1:n)=P(r(i),c(i));
    if a>c(i)
        b(1:size(P,1)-r(i)+a,1:a-c(i))=P(r(i),c(i));
        b(1:size(P,1)-r(i)+a,a-c(i)+1:n)=P(r(i)-a+1:end,1:c(i)+a-1) ;
    elseif (c(i))>=a && c(i)<=size(P,2)-a
        b(1:size(P,1)-r(i)+a,1:n)=P(r(i)-a+1:end,c(i)-a+1:c(i)+a-1);

    else
        b(1:size(P,1)-r(i)+a,1:size(P,2)-c(i)+a)=P(r(i)-a+1:end,c(i)-a+1:end);
        b(1:size(P,1)-r(i)+a,size(P,2)-c(i)+a+1:n)=P(r(i),c(i));
    end
end
R=l-b;
if a-1>=2
    for j=1:a-1
        d=a-j ;
        R(j,:)=R(j,+)/d;
        R(a,j)=R(a,j)/d;
        R(n-j+1,:)=R(n-j+1,+)/d;
        R(a,n-j+1)=R(a,n-j+1)/d;
    end
H(1:n^2,i)=R;(:)
end
end

```

```

function [H,D,m,I1,I2,AD,SD,SAD,MD,MAD,VD,VAD ]= finddifnei2(P,n)
if numel(size(P))>2
    m=rgb2gray(P) ;
    P=double(m);
else

```

```

    m=P;
    P=double(P);
end
D=cell(size(P,1),size(P,2));
a=floor(n/2);
X=zeros(4,size(P,1));
Y=zeros(4,size(P,2));
X(1,1:a)=a+1:-1:2;
X(1,a+1:size(P,1))=1;
X(2,1:size(P,1)-a)=n;
X(2,size(P,1)-a+1:size(P,1))=n-1:-1:a+1;
X(3,1:a)=1;
X(3,a+1:size(P,1))=1:size(P,1)-a;
X(4,1:size(P,1)-a-1)=a+1:size(P,1)-1;
X(4,size(P,1)-a:size(P,1))=size(P,1);
Y(1,1:a)=a+1:-1:2;
Y(1,a+1:size(P,2))=1;
Y(2,1:size(P,2)-a)=n;
Y(2,size(P,2)-a+1:size(P,2))=n-1:-1:a+1;
Y(3,1:a)=1;
Y(3,a+1:size(P,2))=1:size(P,2)-a;
Y(4,1:size(P,2)-a-1)=a+1:size(P,2)-1;
Y(4,size(P,2)-a:size(P,2))=size(P,2);
d=n-1-ceil(floor(n/2));
dd=floor(n/2)+1;
for i=1:size(P,1)
    for j=1:size(P,2)
        R=zeros(n);
        a=P(X(3,i):X(4,i),Y(3,j):Y(4,j));
        b=P(i,j)*ones(X(4,i)+1-X(3,i),Y(4,j)-Y(3,j)+1);
        R(X(1,i):X(2,i),Y(1,j):Y(2,j))=a-b;
        if floor(n/2)>=2

```



```

    for z=1:d
        R(z,:)=R(z,)/(dd-z);
        R(end-z+1,:)=R(end-z+1,)/(dd-z);
        R(dd,z)=R(dd,z)/(dd-z);
        R(dd,end-z+1)=R(dd,end-z+1)/(dd-z);
    end
end
D(i,j)={R};
end
end
H=zeros(n^2,size(P,1)*size(P,2));
a=size(P,1)*size(P,2);
for i=1:a
    H(:,i)=D{i}(1:end);
end
if nargin>3
AD=cellfun(@abs,D,'Uniformoutput',false);
SD=cellfun(@sum,cellfun(@sum,D,'Uniformoutput',false));
SAD=cellfun(@sum,cellfun(@sum,AD,'Uniformoutput',false));
MD=cellfun(@mean,cellfun(@mean,D,'Uniformoutput',false));
MAD=cellfun(@mean,cellfun(@mean,AD,'Uniformoutput',false));
VD=cellfun(@var,cellfun(@var,D,'Uniformoutput',false));
VAD=cellfun(@var,cellfun(@var,AD,'Uniformoutput',false));
I1=zeros(4,max(cumprod(size(P))));
I2=zeros(4,max(cumprod(size(P))));
I1(1,:)=P(1:end)';I1(2,:)=SD(1:end)';I1(3,:)=MD(1:end)';
I1(4,:)=VD(1:end)';I2(1,:)=P(1:end)';I2(2,:)=SAD(1:end)';
I2(3,:)=MAD(1:end)';I2(4,:)=VAD(1:end)';
end
end

```

```

function [H,D,m,I1,I2,AD,SD,SAD,MD,MAD,VD,VAD ]= finddifnei(P,n)
if numel(size(P))>2
    m=rgb2gray(P) ;
P=double(m);
else
    m=P;
    P=double(P);
end
D=cell(size(P,1),size(P,2));
a=floor(n/2);
X=zeros(4,size(P,1));
Y=zeros(4,size(P,2));
X(1,1:a)=a+1:-1:2;
X(1,a+1:size(P,1))=1;
X(2,1:size(P,1)-a)=n;
X(2,size(P,1)-a+1:size(P,1))=n-1:-1:a+1;
X(3,1:a)=1;
X(3,a+1:size(P,1))=1:size(P,1)-a;
X(4,1:size(P,1)-a-1)=a+1:size(P,1)-1;
X(4,size(P,1)-a:size(P,1))=size(P,1);
Y(1,1:a)=a+1:-1:2;
Y(1,a+1:size(P,2))=1;
Y(2,1:size(P,2)-a)=n;
Y(2,size(P,2)-a+1:size(P,2))=n-1:-1:a+1;
Y(3,1:a)=1;
Y(3,a+1:size(P,2))=1:size(P,2)-a;
Y(4,1:size(P,2)-a-1)=a+1:size(P,2)-1;
Y(4,size(P,2)-a:size(P,2))=size(P,2);
for i=1:size(P,1)
    for j=1:size(P,2)
        R=zeros(n);
        a=P(X(3,i):X(4,i),Y(3,j):Y(4,j));
    end
end

```

```

b=P(i,j)*ones(X(4,i)+1-X(3,i),Y(4,j)-Y(3,j)+1);
R(X(1,i):X(2,i),Y(1,j):Y(2,j))=a-b;
D(i,j)={R};

end

end

H=zeros(n^2,size(P,1)*size(P,2));
a=size(P,1)*size(P,2);
for i=1:a
    H(:,i)=D{i}(1:end);'
end

if nargin>3
AD=cellfun(@abs,D,'Uniformoutput',false);
SD=cellfun(@sum,cellfun(@sum,D,'Uniformoutput',false));
SAD=cellfun(@sum,cellfun(@sum,AD,'Uniformoutput',false));
MD=cellfun(@mean,cellfun(@mean,D,'Uniformoutput',false));
MAD=cellfun(@mean,cellfun(@mean,AD,'Uniformoutput',false));
VD=cellfun(@var,cellfun(@var,D,'Uniformoutput',false));
VAD=cellfun(@var,cellfun(@var,AD,'Uniformoutput',false));
I1=zeros(4,max(cumprod(size(P))));
I2=zeros(4,max(cumprod(size(P))));
I1(1,:)=P(1:end)';I1(2,:)=SD(1:end)';I1(3,:)=MD(1:end)';
I1(4,:)=VD(1:end)';I2(1,:)=P(1:end)';I2(2,:)=SAD(1:end)';
I2(3,:)=MAD(1:end)';I2(4,:)=VAD(1:end)';
end

end

```

برنامه‌ای که جهت آموزش هوش مصنوعی نوشته شده به اسم mackerSVM می‌باشد.

```

function [SVM,r,c,l]=mackerSVM(IM,T,N,kernelname,x)
for i=size(N,2);
%%Extract Data

```

```

IMd=im2double(IM);
IM16=im2int16(IM);
IMsingel=im2single(IM);
HIMD=finddifnei(IMd,N(i));
HIM16=finddifnei(IM16,N(i));
HIMsingel=finddifnei(IMsingel,N(i));
T=T(1:end);
%%
%%Bulding SVMS
if x==1
    x=true;
else
    x=false;
end

SVM{i}.modelHIMD=fitcsvm(HIMD,T,'KernelFunction',kernelname,'Standardize',x);
SVM{i}.modelHIM16=fitcsvm(HIM16,T,'KernelFunction',kernelname,'Standardize',x);
SVM{i}.modelHIMsingel=fitcsvm(HIMsingel,T,'KernelFunction',kernelname,'Standardize',x);
%%
%calculate output
l{i}.modelHIMD=predict(SVM{i}.modelHIMD,HIMD');
l{i}.modelHIM16=predict(SVM{i}.modelHIM16,HIM16');
l{i}.modelHIMsingel=predict(SVM{i}.modelHIMsingel,HIMsingel');
%%
%calculatr difference between output and target
dif=[l{i}.modelHIMD-T',l{i}.modelHIM16-T',l{i}.modelHIMsingel-T'];
%%
%calculate number of diff
D(i,1)=numel(find(dif(:,1)~=0));
D(i,2)=numel(find(dif(:,2)~=0));
D(i,3)=numel(find(dif(:,3)~=0));
end

```

```
%%
%find min diff
[r,c]=find(min(D(:)));
end
```

برنامه‌ای که به شناسایی مرزها پرداخته به اسم **boundry** بوده و برنامه‌ای که اشکال را تصحیح می‌کند به نام **CHAFIBO** می‌باشد.

```
function [Boundry]=boundry(T)
%%

%finding pixels=0
T=im2double(T);
W(:,:,1)=[1 1 1;1 0 1;0 0 0];W(:,:,2)=[0 0 0;1 0 1;1 1 1];W(:,:,3)=[1 1 0;1 0 1;1 1 0];W(:,:,4)=([1 1 0;1 0 1;1 1 0]);
for i=1:4;
TW=imfilter(T,W(:,:,i));
T(TW==5)=1;
end
T(1:end,1)=0;T(1:end,end)=0;
T(1,1:end)=0;T(end,1:end)=0;
%%
%organize pixels
wl=[1 1 0];wr=[1 1 0];
ind0=find(T==0);
Tl=imfilter(T,wl);Tr=imfilter(T,wr);
IND1=find(Tl==1);ind=intersect(ind0,IND1);[rl,cl]=ind2sub(size(T),ind);
IND2=find(Tr==1);ind=intersect(ind0,IND2);[rr,cr]=ind2sub(size(T),ind);
l=sortrows([rl cl]);r=sortrows([rr cr]);
t=1;rl=unique(rl);
indzpix=[];
for i=1:size(rl,1);
```

```

v=rl(i);
a=l(l(:,1)==v,2);
b=r(r(:,1)==v,2);
for j=1:size(a,1);
for z=1:size(b,1);
    d=a(j)-b(z);
    dd=sum(T(v,b(z):a(j)))+1;
    if(dd-1~=0 && d-dd==0)
        indzpix(t:t+1,1)=v;
        indzpix(t,2)=b(z);
        indzpix(t+1,2)=a(j);
        t=t+2;
    end
end
end
end
end
if isempty(indzpix)==0
indzpix=sortrows(indzpix);
indzpix=unique(indzpix,'rows');
%%
%creating first cellshap
for i=min(indzpix(:,1)):max(indzpix(:,1))
    a=indzpix(:,1)==i;
    b=indzpix(a,2);

    if (mod(size(b,1),2)~=0)
        b(end+1)=b(end);
    end

j=numel(find(a==1));
for z=1:ceil(j/2);
    bm{i,z}=[i,b(2*z-1),i,b(2*z)];

```

```

end
end
bm=sortrows(cell2mat(bm(~cellfun(@isempty,bm))));
%%
%creating connection matrix
    Boundry=cell(size(bm,1),1);
    j=1;
    while isempty(bm)==0
        [bm,BD]=findbound(bm);
        Boundry{j}=BD;
        j=j+1;
    end
    Boundry=Boundry(~cellfun(@isempty,Boundry));
else
    Boundry ;[]=
end

```

```

function [bm,BD]=findbound(bm)
%%
BD;[]=
a=bm(:,1)
if isempty(a)==0;
bm(1 ;[]=(;
k=1;
BD=[BD;a];
while k<=size(bm,1)
b=bm(k,:);
if (b(1,1)-a(1,1))==1
if(a(2)<b(4) && b(2)<a(4))
BD=[BD;b];
a=BD(end,:);
bm(k,:);[]=

```

```

else
k=k+1    ;
end
elseif (b(1,1)-a(1,1))==0
    k=k+1;
else
    return
end
end
end
end

```

```

function [T1,MaxoB]=CHAFIBO(T,scalex,scaley,maxsize)
%CHAFIBO=chek and fix bound
%%Make zero distances wich are less than 0.7 cm at T
for j=1:20
    Boundry=boundry(T);
    if isempty(Boundry)==0
        T1=T;
        [D]=disizecal(Boundry,scalex);
        for i=1:length(D)
            r=find(D{i}<=0.5);
            rr=Boundry{i}(r,1);
            c1=Boundry{i}(r,2);
            c2=Boundry{i}(r,4);
            T1(rr:rr+1,c1:c2)=0;
        end
        T=T1;
    else
        MaxoB;[]=
        break
    end
end
end

```



```

T=T1;'
%%Make zero distances wich are less than 0.7 cm at T'
for j=1:20
    Boundry=boundry(T);
    if isempty(Boundry)==0
        T1=T;
        [D]=disizecal(Boundry,scalex);
        for i=1:length(D)
            r=find(D{i}<=0.5);
            rr=Boundry{i}(r,1);
            c1=Boundry{i}(r,2);
            c2=Boundry{i}(r,4);
            T1(rr:rr+1,c1:c2)=0;
        end
        T=T1;
    else
        MaxoB;[]=
    break
    end
end
%%
T1=T1;'
%%based on nearest tip shape
Boundry=boundry(T1);
if isempty(Boundry)==0
    [MaxoB]=sizecal(Boundry,scalex,scaley);
    W_B=Boundry(MaxoB(1,:)>=maxsize);
    for i=1:length(W_B)
        d1=[W_B{i}(2:end,2);W_B{i}(end,2)]-W_B{i};(Y,:);
        d2=[W_B{i}(2:end,4);W_B{i}(end,4)]-W_B{i};(Y,:);
        d1=abs(d1);d2=abs(d2);
        id1=find(d1>3);
    end
end

```

```

id2=find(d2>3);
r1=W_B{i}(id1,1);
r2=W_B{i}(id2+1,3);
c1=W_B{i}(id1,2);
c2=W_B{i}(id2+1,4);
for ii=1:length(r1)
    for jj=1:length(r2)
        rr2=max(r2(jj),r1(ii));
        rr1=min(r2(jj),r1(ii));
        cc2=max(c2(jj),c1(ii));
        cc1=min(c2(jj),c1(ii));
        while(rr2>rr1 && cc2>cc1)
            T1(rr1,cc1:cc1+1)=0;
            rr1=rr1+1;cc1=cc1+1;
            if (rr2>rr1 && cc2==cc1)
                T1(rr1:rr2,cc1:cc1+1)=0;
            elseif (cc2>cc1 && rr2==rr1)
                T1(rr1,cc1:cc2)=0;
            end
        end
    end
end
end
id1=find(d1>5);
id2=find(d2>5);

if length(id1)==1
    r1=W_B{i}(id1,1);c1=W_B{i}(id1,2);
    r2=W_B{i}(end,1);
    T1(r1:r2,c1)=0;
elseif length(id1)>=2
    for ii=0:length(id1)-1
        r1=W_B{i}(id1(ii+1),1);c1=W_B{i}(id1(ii+1),2);

```

```

        if ii+2>numel(id1)
            r2=W_B{i}(end,1);
        else
            r2=W_B{i}(id1(ii+2),1);
        end

        T1(r1:r2,c1:c1+1)=0;
    end
end
if length(id2)==1
    r1=W_B{i}(id2,3);c1=W_B{i}(id2,4);
    r2=W_B{i}(end,3);
    T1(r1:r2,c1)=0;
elseif length(id2)>=2
    for ii=0:length(id2)-1
        r1=W_B{i}(id2(ii+1),3);c1=W_B{i}(id2(ii+1),4);
        if ii+2>numel(id2)
            r2=W_B{i}(end,3);
        else
            r2=W_B{i}(id2(ii+2),3);
        end
        T1(r1:r2,c1:c1+1)=0;
    end
end
end
end

else
    MaxoB;[]=
end
%%based on varity of direction size
ttt=1;

```

```

Boundry=boundry(T1);
if isempty(Boundry)==0
while ttt<=2
    if ttt==2
        T1=T1;'
    end
Boundry=boundry(T1);

[MaxoB]=sizecal(Boundry,scalex,scaley);
W_B=Boundry(MaxoB(1,:)>=maxsize);

%%
if all(size(W_B))~=0
[D]=disizecal(W_B,scalex);
a1=[-1;0;1];a2=[0;-1;1];a3,['\';'\-';'\-']=
for i=1:length(D)
    a=D{i};
    b=[a(2:end);a(end)];
    c=b-a;
    sc=sign(c);
    t=1;
    k=2;
    aa=[]=
aa(1,1)=sc(1);aa(1,2)=1;aa(1,3)=0;

while t<length(sc)
    if sc(t+1)~=sc(t)
        aa(k,1)=sc(t+1);
        aa(k,2)=t;
        aa(k,3)=aa(k-1,2)+1;
        t=t+1;

```

```

        k=k+1;
    else
        t=t+1 ;
    end
end

if size(aa,1)>=3

for j=3:size(aa,1)

if(all(aa(j-2:j,1)==a1) || all(aa(j-2:j,1)==a2) || all(aa(j-2:j,1)==a3))
    r=W_B{i}(aa(j,2),1);
    c1=W_B{i}(aa(j,2),2);
    c2=W_B{i}(aa(j,2),4);
    T1(r,c1:c2)=0;
end
end
end
end
%%
Boundary=boundary(T1);
[MaxoB]=sizecal(Boundary,scalex,scaley);
Boundary(MaxoB(1,:)>=maxsize);[]=
if isempty(Boundary)==0
[MaxoB]=sizecal(Boundary,scalex,scaley);
else
MaxoB    ;[]=
end
ttt=ttt+1;
else
ttt=ttt+1 ;
end
end

```

```

end
T1=T1;'
else
    MaxoB;[]=
end
end

```

برنامه‌ای که به محاسبه سائز سنگدانه بر اساس مرز آن می‌پردازد به نام `sizecal` بوده که در زیر آورده شده است.

```

function [MaxoB,D]=sizecal(Boundry,scalex,scaley)
%%
%
D=cell(length(Boundry),1);
for i=1:size(Boundry,1);
    a=Boundry{i};
    b=a(:,1:2);c=a(:,3:4);
    m=1+c(:,2)-b(:,2);
    M{i}=sum(m);
    for j=1:size(b,1);
        for z=1:size(c,1);
            DD=((b(j,1)-c(z,1))/scalex)^2+((b(j,2)-c(z,2))/scaley)^2;
            D{i}(j,z)=sqrt(DD);
        end
    end
end
MaxoB{1,i}=max(D{i}(:));
MaxoB{2,i}=M{i};
end
MaxoB=cell2mat(MaxoB);
end

```

Abstract

In this research, granulated curve of aggregates is derived by making use of image processing and neural network techniques when they are falling from a conveyer belt. To achieve this, the film, captured with high frame rate (240 frames per second) is converted into several frames and individual images are selected for further process. Boundaries of aggregates in each individual picture are distinguished by utilizing the Support Vector Machine (SVM) technique. Afterwards, size of aggregates is calculated and granulated curve is carried out. The results are compared with the experimental tests and the discrepancies are illustrated and discussed.

Keywords: aggregate, image processing, neural network, granulated curve



Faculty of Civil Engineering

M.Sc. Thesis in Structural Engineering

**Extraction of aggregate granularity curve by using image processing
and artificial intelligence method**

By: Masoud Aminzadeh

Supervisor:

Dr Seyed Mehdi Tavakoli

January 2018