چکیده

در حاشیه‌نویسی تصاویر پزشکی معمولاً تولید چهار بخش اطلاعاتی در مورد تصاویر لازم است. این بخش‌ها، شامل اطلاعاتی درباره‌ی تکنیک تهیه تصویر، اندام، جهت عکس‌برداری و سیستم بیولوژیکی است. حاشیه‌نویسی خودکار تصاویر با استفاده از سیستم یادگیری ماشین برای دسته‌بندی تصاویر به کلاس‌های مختلف انجام می‌شود به‌طوری‌که هر دسته معرف یک کلمه است. ورودی سیستم یادگیری ماشین ویژگی‌های مستخرج از تصویر است. در حاشیه‌نویسی تصاویر پزشکی اگر تنها از یک دسته‌بندی کننده برای تولید هر چهار بخش اطلاعاتی تصویر استفاده شود، برای رسیدن به کارایی مناسب باید از تعداد بیش‌تری ویژگی مستخرج از تصویر استفاده کرد. این موضوع منجر به بالا رفتن طول بردار ورودی دسته‌بندی کننده می‌شود. در این رساله از چهار سیستم یادگیری ماشین مجزا برای تولید چهار حاشیه (بخش) برای هر تصویر استفاده شده است. بردار ورودی هر سیستم تنها شامل ویژگی‌های مناسب برای یک بخش است. استخراج ویژگی‌ها از طریق عمل‌گر الگوی باینری محلی، روش‌های مبتنی‌بر شکل، فیلتر گابور، ماتریس وقوع وSIFT انجام شده است. به‌منظور تولید سیستم بهینه برای هر بخش ابتدا ویژگی‌های مناسب هر بخش انتخاب شده است. این انتخاب براساس تاثیر ویژگی یا مجموعه ویژگی‌ها در تشخیص بخش مربوطه با استفاده از دسته‌بندی کننده‌های SVM و Adaboost انجام می‌شود. در مرحله‌ی بعد به‌منظور بهبود نتایج از دسته‌بندی کننده‌های ترکیبی با معماری پیشنهادی و بردارهای ورودی انتخاب شده استفاده شده است. بنابراین برای هر بخش تنها ویژگی‌های مرتبط به‌کار رفته است. نتایج حاصل گویای تولید سیستمی کارا است که علاوه‌بر استفاده از بردارهای ویژگی با طول بسیار کم (حداکثر ۳۳۱) دقتی معادل ۹۲/۷۱۵ درصد دارد.

کلمات کلیدی: آدابوست، الگوی باینری محلی، حاشیه‌نویسی خودکار تصاویر پزشکی، دسته‌بندی کننده SVM، فیلتر گابور، هیستوگرام جهت لبه.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱ آشنایی ۱
۱-۲ چرا تصاویر را حاشیه‌نویسی می‌کنیم؟ ۱
۱-۳ چگونه تصاویر را حاشیه‌نویسی می‌کنیم؟ ۳
۱-۴ مولفه‌های تولید سیستم حاشیه‌نویسی خودکار ۴
۱-۵ اهداف و فرضیات ۵
۱-۶ ساختار رساله ۶

فصل دوم: مروری بر ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق

۲-۱ مقدمه ۸
۲-۲ معرفی روش‌های حاشیه‌نویسی تصاویر ۸
۲-۲-۱ روش دستی ۹
۲-۲-۲ روش‌های خودکار/نیمه‌خودکار ۹
۲-۳ پیشینه‌ی تحقیق ۱۳
۲-۳-۱ معرفی سیستم‌های حاشیه‌نویسی تصاویر پزشکی ۱۴
۲-۴ مقایسه سیستم پیشنهادی این رساله با سیستم‌های معرفی شده ۱۷
۲-۵ خلاصه ۱۸

فصل سوم: ابزارها و روش‌های مورد استفاده

۳-۱ مقدمه ۱۹

۳-۲ مجموعه‌ی آموزش ۲۰

۳-۲-۱ مجموعه‌ی IRMA ۲۰

۳-۲-۲ معنی حاشیه‌های هر تصویر براساس کد IRMA ۲۱

۳-۳ استخراج ویژگی‌ها ۲۴

۳-۳-۱ دسته‌بندی کلی ویژگی‌های قابل استخراج از تصاویر ۲۴

۳-۳-۲ پیش‌پردازش تصاویر قبل از اعمال عمل‌گرهای استخراج ویژگی ۲۵

۳-۳-۳ روش استخراج هیستوگرام بافت الگوی باینری محلی ۲۹

۳-۳-۴ استخراج ویژگی با استفاده از روش‌های مبتنی‌بر شکل ۳۲

۳-۳-۵ تشخیص ویژگی‌های SIFT ۳۸

۳-۳-۶ استخراج ویژگی با استفاده از ماتریس وقوع ۴۱

۳-۳-۷ استخراج ویژگی با استفاده از فیلتر گابور ۴۲

۳-۴ بررسی الگوریتم‌های یادگیری ماشین مورد استفاده ۴۴

۳-۴-۱ ماشین‌های بردار پشتیبان ۴۵

۳-۴-۲ شبکه‌های عصبی مصنوعی ۵۱

۳-۴-۳ درخت‌های تصمیم‌گیری ۵۳

۳-۴-۴ نزدیک‌ترین K همسایه ۵۴
۳-۴-۵ تکنیک‌های یادگیری ترکیبی ۵۵
۳-۵ معیارهای کارایی سیستم ۵۸
۳-۵-۱ دقت ۵۸
۳-۵-۲ معدل خطا در سیستم حاشیه‌نویسی خودکار پزشکی ۵۹
۳-۶ خلاصه ۶۱

فصل چهارم: روش انجام کار و ارزیابی نتایج

۴-۱ مقدمه ۶۲
۴-۲ بررسی تعداد حالتهای مختلف تصاویر مجموعه‌ی آموزش ۶۳
۴-۳ استخراج ویژگی از تصاویر ۶۴
۴-۳-۱ استخراج کنتراست ۶۵
۴-۳-۲ استخراج هیستوگرام بافت با استفاده از عمل‌گر الگوی باینری محلی ۶۷
۴-۳-۳ استخراج هیستوگرام جهت لبه ۶۹
۴-۳-۴ ویژگی‌های توصیف‌گر شکل ۷۱
۴-۳-۵ ویژگی‌های مستخرج با استفاده از فیلتر گابور ۷۶
۴-۳-۶ ویژگی‌های SIFT ۷۷
۴-۴ آموزش سیستم با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین تحت نظارت ۷۸

۴-۵ روند پیاده‌سازی ۷۹

۴-۵-۱ انتخاب ویژگی‌های مناسب برای هر بخش ۸۱

۴-۵-۲ معماری‌های پیشنهادی به‌منظور بهبود نتایج دسته‌بندی کننده‌ها ۸۸

۴-۶ مقایسه‌ی کارایی روش پیشنهادی با روش‌های مراجع ۹۵

فصل پنجم : نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱ نتیجه‌گیری ۹۷

۵-۲ پیشنهادها ۹۸

مراجع ۹۹

فهرست شکل‌ها

شکل۱-۱: مراحل آموزش سیستم حاشیه‌نویسی خودکار تصاویر ۴

شکل۲-۱: مراحل آموزش و آزمایش سیستم حاشیه‌نویسی خودکار مبتنی‌بر تصویر ۱۳

شکل ۳-۱: دسته‌ی مرتبط به هر تصویر در مجموعه‌های سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ و کد IRMA آن در سال ۲۰۰۷ ..... ۲۲

شکل۳-۲: کد مورد استفاده در حاشیه‌نویسی تصاویر پزشکی شامل ۱۳ کاراکتر در ۴ بخش ۲۳

شکل ۳-۳: تصویر نمونه و کد IRMA متناظر همراه با معنی هر کاراکتر در کد ۲۳

شکل ۳-۴: مراحل استخراج ویژگی از تصویر ۲۵

شکل۳-۵: همسایگی‌های متقارن به ازای مقادیر مختلف P و R در استفاده از عمل‌گر LBP ۳۰

شکل ۳-۶: مراحل محاسبه‌ی LBP در همسایگی نقاط ۳۰

شکل۳-۷: مرکز جرم ناحیه (نقطه قرمز)[۳۱] ۳۳

شکل۳-۸: طول مختصات اصلی و ثانوی یک ناحیه[۳۱] ۳۳

شکل۳-۹: زاویه نشان دهنده جهت ناحیه[۳۱] ۳۴

شکل۳-۱۰: چندضلعی محدب دربرگیرنده ناحیه ۳۴

شکل۳-۱۱: (الف): شکل اصلی ناحیه، (ب): سوراخ‌های ناحیه پرشده [۳۱] ۳۵

شکل۳-۱۲: تصاویر هموار شده در مقیاس‌های مختلف و محاسبه تفاضل گاوسین تصاویر ۳۹

شکل۳-۱۳: (الف): ضریب زاویه‌ای همسایگی‌های یک نقطه، (ب): برآیند آنها در ۸ جهت[۱۲] ۴۱

فهرست شکل‌ها

شکل۳-۱۴: جهت‌های مختلف و فاصله ۴ بین دو نقطه ۴۱

شکل۳-۱۵: نگاشت نمونه‌ها به فضایی با ابعاد بالاتر در فرآیند تولید مدل در روش SVM ۴۵

شکل۳-۱۶: مرزهای جداکننده‌ی دو کلاس با حاشیه‌های مختلف ۴۶

شکل۳-۱۷: تصویر کردن داده‌ها به یک فضای ویژگی با ابعاد بالاتر ۴۹

شکل۳-۱۸: دسته‌بندی کننده SVM سه کلاسی، (الف): یکی در مقابل همه، (ب): یکی در مقابل دیگری ۵۱

شکل۳-۱۹: نمونه‌ای از شبکه عصبی با یک لایه مخفی ۵۳

شکل۳-۲۰: درخت تصمیم‌گیری ۵۴

شکل۴-۱: مراحل طراحی سیستم حاشیه‌نویسی خودکار تصاویر ۶۳

شکل۴-۲: الگوی کلی استخراج ویژگی به‌منظور تولید سیستم حاشیه‌نویسی تصاویر پزشکی ۶۵

شکل۴-۳: میانگین بردار ۶ بُعدی کنتراست تصاویر کلاس‌های ۱ و ۳ بخش مدالیته ۶۶

شکل۴-۴: تقسیم تصویر نمونه به ۱۶ بلاک ۶۸

شکل۴-۵: بالا: نوع لبه‌ها، چپ: تصویر حاصل ازکاربرد عمل‌گرهای تشخیص لبه (مراحل ۱ تا ۴ الگوریتم)، راست: دو بلاک نمونه از تصویر و هیستوگرام لبه‌ی آنها ۷۰

شکل۴-۶: میانگین هیستوگرام لبه‌ی تصاویر مجموعه‌ی آموزش ۷۱

شکل۴-۷: نتیجه استخراج شیء بدون انجام مراحل پیش‌پردازشی، (الف): تصویر اولیه، (ب): تبدیل تصویر (الف) به باینری ۷۲

شکل۴-۸: (الف) : هموارسازی روی شکل۴-۷-الف، (ب) : اِعمال فیلتر تیزکننده‌ی تقویت بالا روی (الف)، (ج): اعمال همسان‌سازی هیستوگرام روی (ب)، (د): تبدیل تصویر (ج) به باینری ۷۴

فهرست شکل‌ها

شکل۴-۹: الگوی کلی تولید مدل حاشیه‌نویسی تصاویر پزشکی در این رساله ۷۹

شکل۴-۱۰ : نتایج استفاده از ویژگی‌های سراسری و محلی در دسته‌بندی بخش مدالیته ۸۲

شکل۴-۱۱: نتایج استفاده از ویژگی‌های سراسری و محلی در دسته‌بندی بخش سیستم بیولوژیکی..... ۸۳

شکل۴-۱۲: کارایی ویژگی‌های محلی و سراسری LBP در تشخیص بخش‌های مختلف کد..... ۸۴

شکل۴-۱۳: نتایج دسته‌بندی بخش آناتومی با استفاده از ویژگی‌های مختلف و ترکیب آنها ۸۵

شکل۴-۱۴: نتایج دسته‌بندی بخش جهت با استفاده از ویژگی‌های مختلف و ترکیب آنها.....۸۶

شکل۴-۱۵: معماری پیشنهادی در ترکیب دسته‌بندی کننده‌های SVM و Adaboost به صورت متوالی.. ۸۹

شکل۴-۱۶: معماری پیشنهادی در ترکیب دسته‌بندی کننده‌های SVM و Adaboost به صورت موازی... ۹۱

شکل۴-۱۷: مقایسه‌ی نتایج معماری‌های پیشنهادی و دسته‌بندی کننده‌های SVM و Adaboost در تشخیص بخش آناتومی..... ۹۳

شکل۴-۱۸: مقایسه‌ی نتایج معماری‌های پیشنهادی و دسته‌بندی کننده‌های SVM و Adaboost در تشخیص بخش جهت ۹۳

فهرست جدول‌ها

جدول۳-۱: توابع کرنل معروف ۵۰

جدول۳-۲: معدل خطای حالت‌های مختلف پیش‌بینی بخش آناتومی کد با مقدار صحیح ۴۶۳ ..... ۶۱

جدول۴-۱: تعداد کلاس‌های تصاویر با درنظر گرفتن بخش‌های مختلف کد ۶۴

جدول۴-۲: طول بردار ویژگی سراسری LBP در مقیاس‌های مختلف ۶۷

جدول۴-۳: طول بردار ویژگی محلی LBP در مقیاس‌های مختلف ۶۸

جدول۴-۴: طول بردار ویژگی هیستوگرام لبه در حالت‌های مختلف ۷۱

جدول۴-۵: طول بردار ویژگی توصیف‌گر شکل در حالت‌های مختلف ۷۵

جدول۴-۶: طول بردار ویژگی مستخرج با استفاده از فیلتر گابور ۷۶

جدول۴-۷: بهترین نتایج دسته‌بندی بخش مدالیته با استفاده از ویژگی‌های سراسری ۸۲

جدول۴-۸: بهترین نتایج دسته‌بندی بخش بیولوژیک با استفاده از ویژگی‌های سراسری ۸۳

جدول۴-۹: بهترین نتایج دسته‌بندی بخش آناتومی با استفاده از ویژگی‌های مختلف و ترکیبی و دسته‌بندی کننده‌های مختلف ۸۷

جدول۴-۱۰: بهترین نتایج دسته‌بندی بخش جهت با استفاده از ویژگی‌های منفرد و ترکیبی و دسته‌بندی کننده‌های مختلف ۸۸

جدول۴-۱۱: نتایج دسته‌بندی بخش آناتومی با استفاده از ویژگی‌های منتخب و معماری‌های ترکیبی دسته-بندی کننده‌ها ۹۲

فهرست جدول‌ها

جدول۴-۱۲: نتایج دسته‌بندی بخش جهت با استفاده از ویژگی‌های منتخب و معماری‌های ترکیبی دسته-بندی کننده‌ها ۹۲

جدول۴-۱۳: نتایج دسته‌بندی بخش آناتومی با استفاده از ویژگی‌های منتخب و معماری‌های ترکیبی دسته-بندی کننده‌ها ۹۴

جدول۴-۱۴: دقت سیستم و طول بردار ویژگی مورد استفاده در تشخیص بخش‌های مختلف کد ۹۵

جدول۴-۱۵: مقایسه روش پیشنهادی و مراجع ۹۶

مقدمه

۱-۱ آشنایی

حاشیه‌نویسی تصاویر به فرآیند تولید کلماتی که محتوای تصویر را توصیف کنند اطلاق می‌شود. هدف حاشیه‌نویسی تصاویر تولید کلماتی است که توصیف‌گرهای مناسبی برای تصاویر هستند. درواقع در حاشیه‌نویسی مجموعه‌ای از کلمه یا کلماتی که بیان‌گر معنا و مفهوم واقعی تصویر است با تصاویر همراه می‌شود. منظور از معنا و مفهوم واقعی مفاهیمی نزدیک به برداشت انسان‌ها از تصویر است.

۱-۲ چرا تصاویر را حاشیه‌نویسی می‌کنیم؟

دردنیای امروز با توسعه و گسترش سریع تصویرسازی دیجیتال و در دسترس بودن ابزار آن از جمله دوربین‌های دیجیتال، با حجم بالایی از اطلاعات در قالب تصویر مواجه هستیم. از طرفی به اشتراک گذاشتن تصویر در اینترنت امروزه بسیار رایج است. به‌طوری‌که تعداد تصاویر موجود در آرشیو وب‌سایتی[1] در سال

[1] www.flicker.com

۲۰۰۷، برابر با ۲۵۰ میلیون تصویر بوده که بین پنج میلیون کاربر به‌اشتراک گذاشته شده است. مدیریت و بازیابی کارا و موثر این تصاویر به‌ویژه توسط ماشین‌ها یکی از چالش‌های موجود در این زمینه است.

دو روش اصلی در بازیابی تصاویر وجود دارد. این روش‌ها عبارتند از: بازیابی تصاویر براساس محتوا[۱] و بازیابی تصاویر براساس مفهوم[۲].

در روش بازیابی براساس محتوا ورودی سیستم یعنی درخواست مورد بازیابی، می‌تواند تصویر نمونه یا ویژگی‌های بیان کننده‌ی محتوای تصویر (ویژگی‌های سطح پایین[۳]) باشد، درحالی‌که خروجی سیستم شامل تصاویر شبیه به تصویر ورودی یا حاوی ویژگی‌های مذکور است [۱]. ویژگی‌های سطح پایین تصاویر ویژگی‌هایی مانند رنگ، بافت، شکل و غیره است که با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر قابل استخراج است. این نوع درخواست در بیش‌تر موارد مشکل و پیچیده است زیرا در بسیاری مواقع آن‌چه کاربر جست‌وجو می‌کند با تصویر نمونه یا ویژگی‌های سطح پایین آن قابل توصیف نیست. این موضوع یکی از نقاط ضعف این روش‌ها محسوب می‌شود.

از نقطه‌نظر کاربر بیان درخواست مورد بازیابی با استفاده از کلمات به‌منظور توصیف محتوای تصویر به‌مراتب ساده‌تر و سریع‌الوصول‌تر از ارائه‌ی تصویر نمونه برای بازیابی اطلاعات است. عموماً کاربران هنگام پرس‌وجوی تصاویر به‌دنبال ویژگی‌های معنایی هستند و به ویژگی‌های سطح پایین تصویر فکر نمی‌کنند. هدف روش‌های بازیابی تصاویر براساس مفهوم تولید سیستم بازیابی تصویری است که قادر به پاسخ‌گویی درخواست‌های متنی باشد. این روش‌ها بازیابی تصاویر را بر اساس معنا و مفهوم واقعی انجام می‌دهند.

---

[1] Content Based Image Retrieval (CBIR)

[2] Semantic Based Image Retrieval (SBIR)

[3] Low-level features

برای بازیابی تصاویر با درخواست‌های متنی باید مجموعه‌ای از کلمات توصیف‌گر مفهوم تصویر با هر تصویر همراه شود یعنی باید تصاویر را حاشیه‌نویسی کنیم. تنها درصورتی‌که مجموعه‌های تصاویر حاشیه‌دار باشند امکان بازیابی براساس مفهوم و درخواست‌های متنی فراهم می‌شود. هنگام بازیابی، درخواست متنی با متن حاشیه‌های هر تصویر مقایسه شده و تصاویر منطبق با درخواست به‌عنوان پاسخ انتخاب می‌شوند.

۱-۳ چگونه تصاویر را حاشیه‌نویسی می‌کنیم؟

به‌منظور تولید کلمات توصیف‌گر تصویر در فرآیند حاشیه‌نویسی می‌توان از انسان یا ماشین استفاده کرد، اما از آن‌جاکه مجموعه‌های بزرگی از تصاویر نیازمند حاشیه‌نویسی است، حاشیه‌نویسی تصاویر توسط بشر پرهزینه، زمان‌بر و محدود به علم هر فرد در مورد تصاویر مربوطه است [۲]. لذا به‌نظر می‌رسد که حاشیه‌نویسی توسط ماشین‌ها عاقلانه‌تر باشد. این کار «حاشیه‌نویسی خودکار» نامیده می‌شود.

برای تولید سیستم حاشیه‌نویسی خودکار باید قوانینی را به ماشین یاد داد تا بتواند با استفاده از آن‌ها، پس از دریافت تصویر ورودی، حاشیه‌های تصویر را تولید کند.

یکی از روش‌های حاشیه‌نویسی خودکار تصاویر، روش مبتنی‌بر تصویر است. در این روش ماشین باید یاد بگیرد که برای هر تصویر کلمات توصیف‌گر مناسب آن‌را با استفاده از خود تصویر تولید کند. درحقیقت حاشیه‌نویسی خودکار مبتنی‌بر تصویر نوعی دسته‌بندی معنایی تصاویر است که دسته‌های مختلف آن بیان‌کننده‌ی کلمات مختلف هستند. لذا برای آموزش سیستم حاشیه‌نویسی تصاویر استفاده از تکنیک‌های پردازش تصاویر و الگوریتم‌های یادگیری ماشین لازم است. تصاویر بر اساس ویژگی‌های مستخرج از تصویر و با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین و داده‌های آموزش حاشیه‌نویسی دسته‌بندی می‌شوند [۳].

روش دیگر، حاشیه‌نویسی خودکار مبتنی‌بر متن است. در این حالت در مورد هر تصویر اطلاعات متنی نیز وجود دارد و فرآیند حاشیه‌نویسی براساس پردازش متن انجام می‌شود. برای این منظور می‌توان از

تکنیک‌های متن‌کاوی و وب‌کاوی (چنان‌چه تصویر در صفحات وب قرار داشته باشد) برای استخراج مفاهیم اصلی متن همراه با تصویر استفاده کرد [۴، ۵].

در این تحقیق هدف تولید سیستم حاشیه‌نویسی خودکار مبتنی‌بر تصویر است. این سیستم با استفاده از پردازش محتوای تصاویر و روش‌های یادگیری ماشین، مدلی تولید می‌کند که قادر به حاشیه‌نویسی خودکار تصاویر است. درادامه و در این رساله هرجا سیستم حاشیه‌نویسی خودکار ذکر می‌شود منظور همان سیستم حاشیه‌نویسی خودکار مبتنی‌بر تصویر است مگر آن‌که قید شود.

یکی از زمینه‌های کاربرد حاشیه‌نویسی خودکار تصاویر در علم پزشکی است. زیرا امروزه تولید تصاویر پزشکی مرتباً درحال افزایش است، به‌طوری‌که مراکز رادیولوژی سالیانه چندین ترابایت داده تولید می‌کنند. علاوه‌بر این‌که هزینه‌ی حاشیه‌نویسی دستی این تصاویر بسیار بالاست، گاهی حاشیه‌نویسی دستی منجر به ایجاد برچسب‌های اشتباه یا حتی نامعتبر برای این تصاویر می‌شود. لذا در این تحقیق حوزه‌ی تصاویری که بررسی می‌کنیم تصاویر پزشکی خواهد بود.

۱-۴ مولفه‌های تولید سیستم حاشیه‌نویسی خودکار

از آن‌جا که در انجام فرآیند یادگیری وجود مجموعه‌های آموزشی حاوی تصاویر حاشیه‌دار لازم است، لذا اولین گام در تولید سیستم حاشیه‌نویسی خودکار انتخاب مجموعه‌ی آموزش است. در مرحله‌ی بعد باید ویژگی‌های مناسب از تصاویر استخراج شوند. سپس الگوریتم‌های یادگیری ماشین به‌منظور آموزش سیستم و تولید مدل حاشیه‌نویسی به‌کار گرفته می‌شوند (شکل ۱-۱).

شکل۱-۱: مراحل آموزش سیستم حاشیه‌نویسی خودکار تصاویر

باید توجه داشت که در تولید سیستم حاشیه‌نویسی خودکار، دانش هر سیستم کاملاً وابسته به مجموعه‌ی آموزش آن سیستم و دامنه‌ی مفاهیم مورد یادگیری به کمک مجموعه‌ی آموزش است.

۱–۵ اهداف و فرضیات

هدف اصلی این تحقیق طراحی و پیاده‌سازی سیستمی خودکار برای حاشیه‌نویسی تصاویر پزشکی است که در مقایسه با انواع مشابه خود کارایی بهتری را فراهم و ارائه کند. برای این منظور مولفه‌های مختلف تولید سیستم حاشیه‌نویسی خودکار در این تحقیق به قرار زیر استفاده شده‌اند:

- **مجموعه‌ی آموزش**: مجموعه‌ی IRMA شامل ۱۲۰۰۰ تصویر رادیوگراف از ارگان‌های مختلف بدن است، و یکی از مجموعه تصاویری است که برای آموزش و آزمایش سیستم‌های حاشیه‌نویسی تصاویر پزشکی استفاده می‌شود [۶]. در حاشیه‌نویسی خودکار تصاویر پزشکی معمولاً تولید چهار بخش اطلاعاتی راجع‌به هر تصویر لازم است. این بخش‌ها شامل اطلاعاتی راجع‌به تکنیک یا ابزار تهیه‌ی تصویر، اندام بدن موجود در تصویر، جهت عکس‌برداری از اندام و سیستم بیولوژیکی است.
- **استخراج ویژگی:** ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر عبارتند از: ویژگی‌های محلی و سراسری بافت تصاویر با استفاده از عمل‌گر الگوی باینری محلی، ماتریس وقوع و فیلتر گابور، ویژگی‌های شکل با استفاده از هیستوگرام جهت لبه و ویژگی‌های توصیف‌گر شکل و همچنین ویژگی‌های SIFT. یکی از خصوصیات مهم روش ارائه شده در رساله آن است که از ترکیب تمام ویژگی‌های مستخرج از تصویر و در نتیجه بالا رفتن طول بردار ویژگی پیش‌گیری می‌کند. برای نیل به این هدف در تولید هر بخش حاشیه‌نویسی بهترین ویژگی یا مجموعه ویژگی‌ها انتخاب شده است. این انتخاب‌ها مبتنی‌بر بررسی بصری تصاویر و تجربه است. البته بررسی صحت انتخاب‌ها با استفاده از اندازه‌گیری میزان کارایی سیستم نیز ارزیابی شده است.

- **الگوریتم‌های یادگیری ماشین:** در این مرحله متناسب با حوزه‌ی کار، الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین از جمله SVM، شبکه عصبی، درخت تصمیم‌گیری، نزدیکترین k همسایه و الگوریتم ترکیبی Adaboost بررسی شده است. به‌منظور بهبود نتایج از ترکیب دو دسته‌بندی کننده‌ی SVM و Adaboost طبق دو معماری پیشنهادی در این رساله نیز استفاده شده است.
- **مدل حاشیه‌نویسی:** بالاخره مدل حاشیه‌نویسی تولید و با استفاده از ۱۰۰۰ نمونه تست و آزمایش می‌شود. نتایج حاصل از آزمایش، میزان رسیدن به هدف این تحقیق را نشان می‌دهد.

۱-۶ ساختار رساله

در این رساله مراحل تولید و بهینه‌سازی سیستم حاشیه‌نویسی خودکار تصاویر پزشکی به‌طور کامل بررسی شده است. ساختار و محتوای رساله شامل پنج فصل است که مختصری از هرکدام در ادامه آورده شده است.

فصل دوم : مروری بر ادبیات موضوع و پیشینه‌ی تحقیق

این فصل به معرفی روش‌های مختلف حاشیه‌نویسی و بیان مزایا و نقایص هر کدام می‌پردازد. در ادامه برخی از جدیدترین سیستم‌های حاشیه‌نویسی تصاویر مورد بررسی قرار می‌گیرد و در انتهای فصل، ساختار کلی روش پیشنهادی ارائه و با سیستم‌های موجود مقایسه می‌شود.

فصل سوم : معرفی ابزارها و روش‌های مورد استفاده در فرآیند تولید سیستم

در این فصل ابتدا مجموعه‌ی آموزش مورد استفاده در این تحقیق معرفی می‌شود. سپس روش‌های استخراج ویژگی‌های موردنظر از تصاویر و دلایل انتخاب هر ویژگی بررسی می‌شود. درادامه الگوریتم‌های یادگیری ماشین مورد کاربرد این رساله بحث و بررسی می‌شوند. در خاتمه معیارهای رایج در اندازه‌گیری کارایی سیستم حاشیه‌نویسی معرفی می‌شوند.