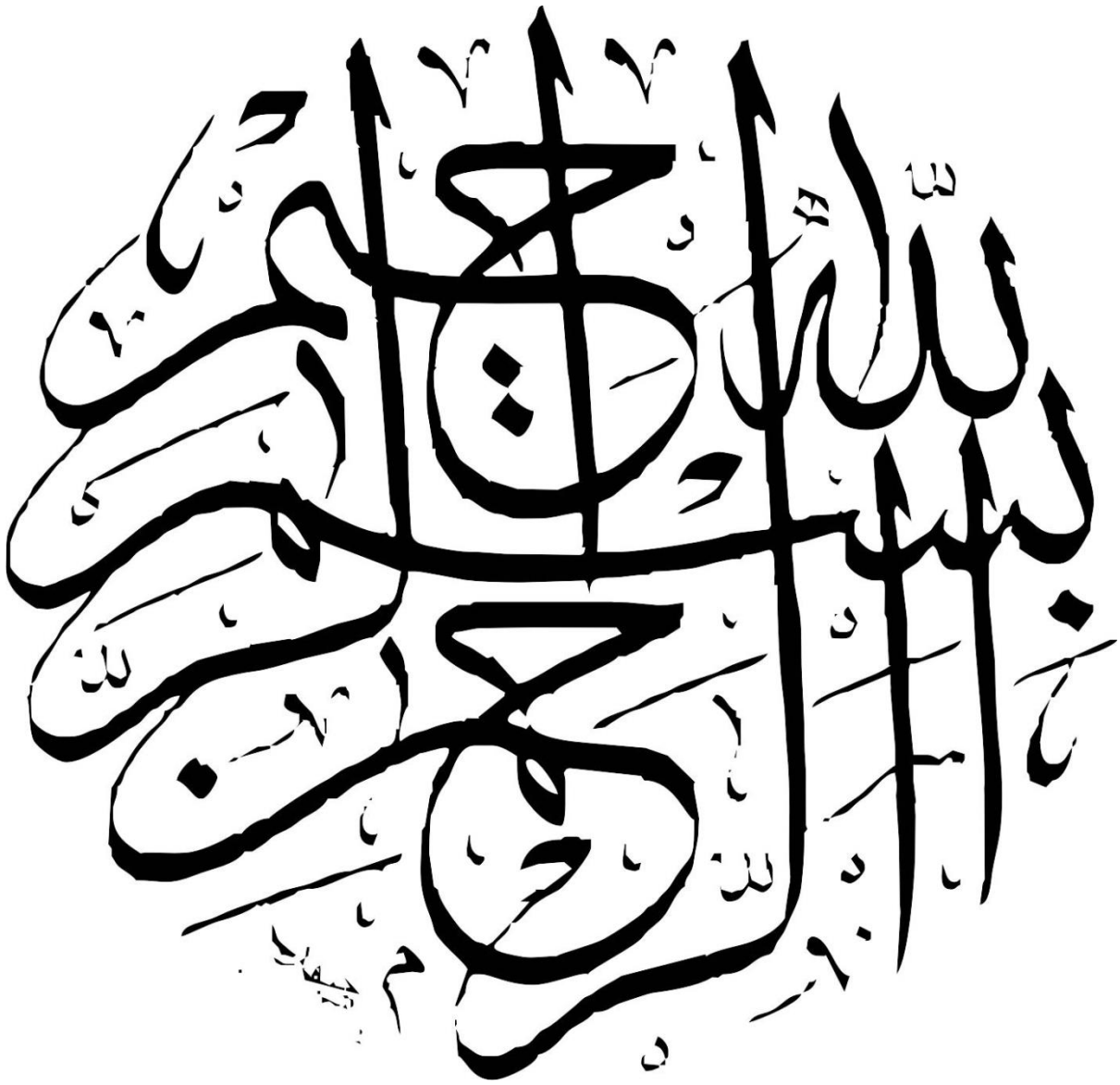


دانشکده ی برق و رباتیک

گروه الکترونیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته

برق، الکترونیک، دیجیتال

عنوان

جداسازی عروق در تصاویر شبکیه چشم به کمک تبدیل کانتورلت و روش آشکارساز خطی

استاد راهنما

دکتر علیرضا احمدی فرد

دانشجو

راضیه معصومی

۱۳۹۲

تقدیم به:

اولین آموزگارن علم و دین، پدر و مادرم

به همسرم که مسیح وار با صبرش در تمامی لحظات رفیق راه بود.

و به تمام کسانی که از تار وجودشان آهنگ عدالت برمی خیزد.

تقدیر و تشکر

«در پس هر تاریکی روشنایی صبح می‌دمد و این حقیقتی است که از یادها رفته است»

سپاس و ستایش خداوند یکتایی که ذات بی‌کرانش سرشار از دانش است و به درگاه آن یگانه معبود ازلی که در تمام مراحل زندگی بر من سایه لطف و رحمت گسترده و مرا از عنایت‌های خود بی‌بهره نگذاشته و توفیق تعقل و تأمل را به من عطا فرموده است، بی‌نهایت سپاسگزار و شاکر هستم.

اجرا و تدوین این پایان نامه مدیون راهنمایی، مساعدت و حمایت بزرگوارانی است که بی‌شک بدون یاری آنها طی نمودن این مسیر، دشوارتر می‌شد. لذا بر خود لازم می‌دانم تا مراتب سپاسگزاری خود را نسبت به کلیه عزیزانی که مرا در مراحل مختلف پایان نامه یاری نمودند، ابراز دارم.

از استاد راهنمای ارجمندم، استاد فرزانه جناب آقای دکتر علیرضا احمدی فرد که از صفات بارز اخلاقی و علمی ایشان بسیار بهره بردم و همواره با رهنمودهای ارزشمند خویش روشنگر مسیر تحقیق بودند بی‌نهایت سپاسگزارم.

از خانواده عزیزم که در تمام مراحل زندگی همواره مشوق، همراه و پشتیبانم بودند بسیار سپاسگزارم.

از همسر مهربانم که در طول این مسر با صبوری و بردباری و همچنین راهنمایی ها و پیشنهاد های مفید خویش پشتیبان من بود کمال تشکر و قدردانی را عرضه می دارم.

از کلیه کارشناسان و کارمندان محترم دانشکده برق و رباتیک که در این مدت با مساعدت‌های خویش باعث تسریع در انجام پایان نامه شدند تشکر می‌نمایم.

از تمامی دوستانی که در این دوره بنده را یاری نمودند سپاسگزاری می‌نمایم.

در نهایت سلامتی و توفیق یکایک عزیزان را در تمامی مراحل زندگی از ایزد متعال مسئلت دارم.

رافیه معصومی

بهمن ماه ۹۲

تعهدنامه

اینجانب راضیه معصومی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته برق،الکترونیک،دیجیتال دانشکده برق و رباتیک دانشگاه شاهرود، نویسنده پایان نامه با عنوان جداسازی عروق در تصاویر شبکیه چشم به کمک تبدیل کانتورلت و روش آشکار ساز خطی تحت راهنمایی های استاد راهنمای اول متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط این جانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخورداراست.
- در استفاده از نتایج پژوهش های دیگر پژوهش گران، به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب پایان امه، تاکنون توسط خود، یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارایه نشده است.
- حقوق معنوی این اثر، به دانشگاه شاهرود متعلق دارد، و مقالات مستخراج با نام "دانشگاه شاهرود" یا "Shahrood University" به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در بدست آوردن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند، در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در تمام مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آن) استفاده شده است، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در تمام مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته (یا استفاده) شده است، اصل رازداری و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

راضیه معصومی

۱۳۹۲

مالکیت نتایج و حق نشر

- تمام حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی، در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در این پایان‌نامه بدون ذکر منبع مجاز نمی‌باشد.

چکیده:

با پیشرفت سریع فناوری محاسبات و صنعت رایانه علاقه محققان به طراحی و توسعه دستگاه‌های تشخیص خودکار برای بهبود خدمات پزشکی افزایش یافته است. دو ویژگی اصلی این‌گونه دستگاه‌ها قابلیت اطمینان بالا و دقت زیاد آنهاست..

بدلیل مشکلات متعدد در تصاویر شبکیه‌ی چشم استخراج عروق از این تصاویر دشوار می باشد. محققان این نقاط ضعف را مورد بررسی قرار داده با الگوریتم های پیشنهادی تلاش در بهبود روش های استخراج عروق نموده اند.

آنچه در این تحقیق مورد توجه قرار گرفته است، جداسازی رگ های شبکیه ی چشم از تصاویر مربوط به آن است. اگر به این تصاویر به صورت یک رویه در فضای ۳ بعدی نگاه کنیم به طوری که بعد سوم میزان روشنایی تصویر را نشان می دهد ، متوجه می شویم که رگ ها به شکل رویه های ناودانی با مقطع گوسی با ارتفاع و عرض های متفاوت هستند. با استفاده از این مدل الگوریتمی برای استخراج عروق پیشنهاد نموده ایم.

الگوریتم پیشنهاد شده در این تحقیق شامل ۳ بخش اساسی است. بخش اول مربوط به حذف نویزو عدم یکنواختی روشنایی در تصاویر شبکیه است که مرحله ی پیش پردازش نام دارد. این مرحله خود شامل سه بخش است که در بخش اول تبدیل کانتورلت غیر زیر نمونه بردار را به تصویر اعمال کرده و در بخش دوم ضرایب آن توسط الگوریتم پرندگان (PSO) اصلاح می شود؛ بخش نهایی باز سازی تصویر بهبود یافته با استفاده از ضرایب اصلاح شده می باشد. در این بخش تصویر بدست آمده وارد مرحله ی دوم می شود؛ در این مرحله، از روش آشکار ساز خطی در مقیاس ها و جهت های متفاوت استفاده کرده ایم. از نتایج این بخش ویژگی هایی مربوط به رگ ها جهت استخراج آنها بدست

آورده ایم.

با استفاده از ویژگی های بدست آمده و قرار دادن آستانه ای مناسب برای هرکدام به طور جداگانه، رگ ها همراه با کمی نویز استخراج می شوند. به منظور ارتقاء کیفیت رگ های استخراج شده یک مرحله ی پس پردازش نیز روی تصویر اعمال شده است.

در این پژوهش از پایگاه داده ی DRIVE استفاده شد. الگوریتم پیشنهادی بر روی ۲۰ تصویر مجموعه ی Test این پایگاده داده اعمال شد. میانگین نتایج بدست آمده برای سه تابع ارزیابی ACC، TPRو FPR به ترتیب برابر است با ۰.۹۴۰۱، ۰.۶۸۱۵ و ۰.۰۲۱۸ همچنین برای نمایش بهتر نتایج، مقایسه ای بین نتایج بدست آمده توسط الگوریتم پیشنهادی و چندین الگوریتم دیگر صورت گرفته است.

کلمات کلیدی

استخراج عروق شبکیه چشم، تبدیل کانتورلت، الگوریتم پرندگان، روش آشکار ساز خطی

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- بهبود کیفیت تصاویر شبکیه چشم با استفاده از تبدیل کانتورلت زیر نمونه‌برداری نشده

۲- استخراج الگوی درختی عروق شبکیه چشم با استفاده از تبدیل کانتورلـت و فیلترهـای تشخیص خط

3- Retinal Vessel Segmentation Using Non-Subsampled Contourlet Transform and Multi-Scale Line Detection

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱ فصل اول ۲

۱- ۱ مقدمه ۲

۱-۲ ضرورت انجام تحقیق ۲

۱- ۳ روشهای عکس برداری از چشم ۳

۱- ۳- ۱ دوربین ته‌چشمی (The Fundus Camera) ۴

۱- ۳- ۲ تصویربرداری دیجیتالی (Digital Imaging) ۴

۱-۳-۳ ارزیابی کلینیکی AMD توسط عکس‌های ته‌چشمی (Clinical Evaluation of AMD in Fundus Photos) ۵

۱-۳-۴ افتالموسکوپ اسکن کننده لیزری ۵

(SCANNING LASER OPHTHALMOSCOPE) ۵

۱- ۳- ۵ تصویربرداری و استفاده از پزشکی از راه دور (TELEMEDICINE) ۶

۱- ۳- ۶ دوربین‌های دیجیتالی (Digital Cameras) ۷

۱- ۴ کاربردها ۸

۱- ۵ مسائل و مشکل ها ۹

۱- ۶ ساختار کلی پایان نامه ۱۱

۲ فصل دوم ۱۴

۲- ۱ مقدمه ۱۴

۲- ۲ انواع پژوهش های انجام شده بر روی تصاویر شبکیه ۱۴

۲- ۲- ۱ پژوهش به منظور بهبود و ارتقاء تصویر ۱۴

۲- ۲- ۲ پژوهش به منظور استخراج عروق ۲۲

۲- ۲- ۳ دیگر پژوهش ها ۳۰
۲- ۳ مقایسه بین روش ها ۳۵
۳ فصل سوم ۳۹
۳- ۱ مقدمه ۳۹
۳- ۲ تبدیل کانتورلت ۳۹
۳- ۲- ۱ هرم لاپلاسین ۴۱
۳- ۲- ۲ بانک فیلتر جهتی(DFB) ۴۲
۳- ۲- ۳ تبدیل کانتورلت ۴۳
۳- ۲- ۴ تبدیل کانتورلت زیر نمونه برداری نشده ۴۷
۳- ۳ الگوریتم پرندگان (PSO) ۴۸
۳- ۴ آشکار ساز خطی ۵۳
۳- ۴- ۱ مقیاس ثابت، جهت ها متغیر ۵۴
۳- ۴- ۲ مقیاس و جهت هردو متغیر ۵۵
۳- ۴- ۳ تبدیل فوریه سریع ۵۷
۴ فصل چهارم ۶۱
۴- ۱ مقدمه ۶۱
۴- ۲ پایگاه داده ۶۱
۴- ۳ ارائه ی روشی جدید جهت بهبود کیفیت تصویر ۶۲
۴- ۴ پیش پردازش ۶۳
۴- ۴- ۱ ضرایب آستانه گذاری ۶۵
۴- ۴- ۲ اصلاح ضرایب و بهبود کیفیت تصویر ۷۰
۴- ۵ استخراج ویژگی و جداسازی عروق ۷۳
۴- ۶ پس پردازش ۸۰
۵ فصل پنجم ۸۶

۵- ۱ مقدمه ۸۶
۵- ۲ مقایسه ی کیفی ۸۶
۵- ۳ مقایسه کمی ۹۱
۶ فصل ششم ۹۶
۶- ۱ مقدمه ۹۶
۶- ۲ نتیجه گیری ۹۶
۶- ۳ پیشنهاد برای کارهای آتی ۹۸
منابع ۱۰۱
پیوست الف_ واژه نامه انگلیسی به فارسی ۱۰۵

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱: الف) تصویر شبکیه ی چشم، ب) رگ های استخراج شده ی آن توسط متخصصین ۳
شکل ۱-۲: دستگاه مخصوص، جهت تهیه ی عکس از شبکیه چشم افراد ۷
شکل ۱-۳:علائم بیماری ها در عروق شبکیه. ۹
شکل ۱-۴: محدودیت های موجود در تشخیص عروق شبکیه [۱] ۱۱
شکل ۱-۵: مشکل های موجود در حین استخراج عروق شبکیه چشم. ۱۱
شکل ۲-۱: تصویر شبکیه ی چشم قبل و بعداز پردازش جهت بهبود کیفیت تصویر[۱۲] ۱۵
شکل ۲-۲: بلوک دیاگرام تبدیل موجک دو بعدی ۱۶
شکل ۲-۳: ساختار هرمی تبدیل موجک ۲ بعدی ۱۸
شکل ۲-۴: الف) تصویر ورودی و هیستوگرام آن. ۱۹
شکل ۲-۵: تبدیل رادون محلی ۲۵
شکل ۲-۶: تقسیم بندی نقاط مهم استخراجی از تصویر شبکیه چشم ۳۰
شکل ۲-۷: فیلتر گوسی برای استخراج ناحیه ی دیسک نوری[۸] ۳۲
شکل ۲-۸:مدل کانتور فعال برای استخراج ناحیه ی دیسک نوری ۳۲
شکل ۲-۹: گراف ۳ بعدی به همراه نتایج کار برای استخراج عرض رگ ۳۴
شکل ۲-۱۰: تشخیص عرض رگ با تقسیم بندی پکسل رگ به دو بخش داخلی و خارجی ۳۵
شکل ۳-۱: ساختار هرم لاپلاسین ۴۲
شکل ۳-۲: یک مثال ازاعمال هرم لاپلاسین در چندین مرحله ۴۲
شکل ۳-۳: پشتیبان فرکانسی از فلتر بان جهتی در ۳ سطح ۴۳
شکل ۳-۴: اساس کار فیلتر بانک ها در تبدیل کانتورلت ۴۴
شکل ۳-۵: زیرفضای چند مقیاسه تولید شده توسط هرم لاپلایسن ۴۶
شکل ۳-۶: مقایسه ای بین تبدیل کرولت و تبدیل کانتورلت ۴۷
شکل ۳-۷: ساختار کانتورلت زیر نمونه برداری نشده ۴۸
شکل ۳-۸: تبدیل اعمال کانتورلت زیر نمونه برداری نشده در ۳ سطح ۴۹
شکل ۳-۹: بروز رسانی سرعت دو نمونه از جمعیت ۵۲
شکل ۳-۱۰ : ۱۲ جهت مختلف برای اعمال آشکار ساز خطی در مقیاس ۱۵ ..... ۵۴
شکل ۳-۱۱: مراحل روش آشکار ساز خط در ۴ جهت ۵۵

شکل ۳-۱۲: ایرادهای آشکار ساز خطی با مقیاس ثابت[۱] ۵۶
شکل ۳-۱۳: نمونه ای از ماسک در آشکار ساز خطی در ۳ مقیاس و ۳ جهت مختلف ۵۷
شکل ۴-۱: تصویر رنگی شبکیه چشم به همراه مولفه هایش از هر کانال. [۱۲] ۶۴
شکل ۴-۲: الگوریتم پیش پردازش. بخش اول (خط چین قهوه ای) و بخش دوم (خط چین قرمز) .. ۶۶
شکل ۴-۳: گسترش ناحیه ی لبه، الف) معکوس کانال سبز، ب) تصویر گسترش یافته[۴۸] ۶۷
شکل ۴-۴: دسته بندی تصاویر در پاسخ به یک آستانه ی ثابت. ۶۸
شکل ۴-۵: نمونه ای از اصلاح ضرایب سطوح ۲و۳و۴ توسط الگوریتم PSO. ۷۲
شکل ۴-۶: بهبود کیفیت ۳ تصویر۱ ،۱۰و ۶ از مجموعه پایگاه داده یGT.DRIVE ۷۳
شکل ۴-۷: الگوریتم استخراج عروق. ۷۴
شکل ۴-۸: نمایش دو و سه بعدی از نمونه ی ماتریس مربوط به پیکسل رگ و غیر رگ ۷۵
شکل ۴-۹: تصویر ۳ بعدی از ضرایب بدست آمده بعد از اعمال تبدیل FFT. ۷۷
شکل ۴-۱۰: برجسته شدن ضایعات بیمارگونه در تصویر واستخراج نشدن آن در تصاویرGT.GT ۷۸
شکل ۴-۱۱:جابجایی عروق شناخته شده از مکان اصلی خود ۷۹
شکل ۴-۱۲: عروق استخراج شده توسط کلاسه بند ۸۰
شکل ۴-۱۳: اطلاعات استخراج شده از آشکار ساز خطی در سر رگ بریده ۸۱
شکل ۴-۱۴: اتصال عروق بریده به بدنه ی اصلی ۸۳
شکل ۴-۱۵: نتیجه ی نهایی از استخراج عروق در ۳ قالب متفاوت ۸۴
شکل ۵-۱: مقایسه‌ای بین روش پیشنهادی و سایر روش ها، ۸۷
شکل ۵-۲: مقایسه‌ای بین روش پیشنهادی و چندین روش دیگر. ۸۷
شکل ۵-۳: مقایسه ی نتایج ۸۹
شکل ۵-۴:مقایسه ی چندین الگوریتم دیگر روی تصویر ۱۹ ..... ۹۰

فهرست جداول

جدول ۵-۱: توضیح برخی اختصار های استفاده شده در توابع ۹۱
جدول ۵-۲: نتایج حاصل از تمامی تصاویر ۹۳
جدول ۵-۳: مقایسه ی الگوریتم پیشنهادی با چند الگوریتم دیگر ۹۴

فصل اول

مقدمه

۱ فصل اول

۱- ۱ مقدمه

این فصل در جهت آشنایی با موضوع کلی تحقیق می باشد. در ابتدا هدف و انگیزه های انجام این تحقیق مطرح می شود و سپس مشکلاتی که بر سر راه جداسازی رگ ها وجود دارد بیان می گردد. جهت آشنایی بیشتر با موضوع کاربردهای تحقیق نیز مطرح می شود.

۱- ۲ ضرورت انجام تحقیق

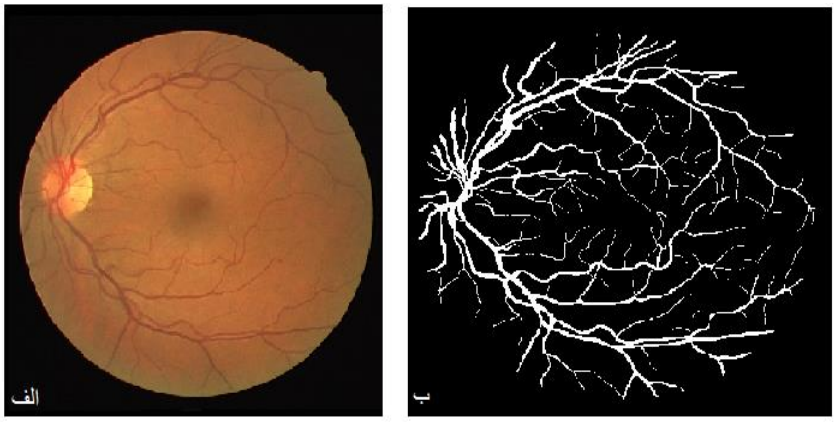
با پیشرفت سریع فناوری محاسبات و صنعت کامپیوتر علاقه محققان به طراحی و توسعه سیستم‌های تشخیص خودکار برای بهبود خدمات پزشکی افزایش یافته است. دو ویژگی اصلی این‌گونه سیستم‌ها قابلیت اطمینان بالا و دقت زیاد آنهاست، همچنین به دلیل وقت گیر بودن استخراج عروق از تصاویر شبکیه توسط متخصصین، این کار با هزینه ی زیادی انجام می گیرد. ابزار اصلی سیستمی که در این تحقیق مطرح می شود، الگوریتم های پردازش تصویر است. این الگوریتم ها از طریق استخراج ویژگی‌هایی از عروق شبکیه ی چشم نظیر میزان روشنایی رگ‌ها، انحنای رگ‌ها و نیز دانسیته رگ‌های قابل رؤیت، قادر به تشخیص عارضه و بیماری های مختلف می باشند.

برای آشکارسازی عروق موجود در شبکیه تاکنون روش‌ها و رویکردهای متعددی معرفی شده است که هر یک ویژگی‌ها و نقایصی دارند و هیچ یک نتوانسته اند به صورت کامل نتیجه ی مطلوب را فراهم آورند.

تمامی این روش ها و رویکردها در عرصه پردازش تصاویر شبکیه چشم، به منظور ارائه ی سیستم اتوماتیک برای استخراج عروق صورت گرفته است. استخراج عروق شبکیه به صورت دستی، بسیار زمانبر و نیاز به مهارت خاص دارد هچنین سیستم های خودکار علاوه بر این که امکان پردازش

تصاویر شبکیه را در حجم زیاد و با حداقل زمان و هزینه فراهم می کنند، از خستگی و ضعف های دیگری که شخص تشخیص دهنده می تواند دچار شود مبرا می باشند[۱]. در شکل ۱-۱ نمونه ای از تصویر شبکیه و رگ های استخراج شده از آن توسط پزشک متخصص نشان داده شده است. هدف از این پژوهش استخراج عروق از تصویر شبکیه (مانند شکل ۱-۱) می باشد که عروق استخراج شده در شکل۱-۱-ب) نشان داده شده است.

به دلیل بالا بودن اهمیت این کار که در بخش های بعد شرح داده خواهد شد، کار بر روی این تصاویر در جهت معرفی الگوریتم های جدید با قابلیت اعمال بر روی تصاویر با کیفیت و روشنایی مختلف و رسیدن به حداقل خطا همچنان ادامه دارد. همچنین امروزه با استفاده از تکنیک های پردازش تصویر و اندازه گیری کمی برجسته نگاری[1] رگ های خونی شبکیه ، ارتباط بین رگ های ریز ایجاد شده بر روی سطح شبکیه در راستای کشف و میزان رشد برخی از بیماری ها مورد مطالعه قرار می گیرد.



شکل ۱-۱: الف) تصویر شبکیه ی چشم، ب) رگ های استخراج شده ی آن توسط متخصصین

۱- ۳ روش‌های عکس برداری از چشم

در بسیاری ازحوزه‌های پزشکی، عکس‌برداری به عنوان روشی برای تشخیص و درمان بیماری‌ها

[1] Topography

استفاده می‌شود. عکس‌برداری به وسیله تسخیر نور برگشتی از اشیاء بر روی یک وسیله حساس، تصاویر را ایجاد می‌کند. به علاوه، عکس‌برداری به عنوان یک ابزار تشخیص مهم عمل می‌کند.

شبکیه انسان بیشتر از آنکه نور را منعکس کند، به منظور تسخیر کردن نور طراحی شده‌است. عکس‌های شبکیه ممکن است در یک کنتراست ضعیف نتیجه شوند و ممکن است بر روی عملکرد تشخیصی اثر بگذارند. تحقیقات نشان داده که خیلی از بیماری‌های تهدیدکننده ی بینایی به شبکیه مربوط می‌شوند. خوشبختانه برای به دست آوردن عکس‌های بهتر، عکس‌برداری های پیشرفته و ابزار تخصصی، توسعه یافته‌اند[۲].

۱- ۳- ۱ دوربین ته‌چشمی (The Fundus Camera)

ابزاری که به طور عمده توسط چشم پزشکان برای دیدن بخش عقبی چشم مورد استفاده قرار می‌گیرد، دوربین ته‌چشمی است. ته چشم به وسیله یک منبع نور سفید با وضوح بالا (در محدوده میکرون) عکس‌برداری می‌شود. همچنین این تصاویر می‌توانند به صورت سه‌بعدی نیز ایجاد شوند. این ویژگی‌ها باعث می‌شود عکس برداری ته‌چشمی برای مطالعات بالینی بیماری‌های خاص مورد استفاده قرارگیرد. مدل های متنوعی از دوربین ته‌چشمی The German Zeiss, Topcon, Olympus, Nikon مورد استفاده قرار می‌گیرند[۳]:

۱- ۳- ۲ تصویربرداری دیجیتالی (Digital Imaging)

چندی قبل عکس‌های ته چشمی در فیلم عکاسی ثبت می‌شد و عکاس باید ساعت‌ها و روزها برای دیدن نتایج منتظر می‌ماند. امروزه دوربین‌های ته‌چشمی عکس‌های دیجیتالی را می‌گیرند که در همان لحظه می‌توان آن‌ها را بررسی‌کرد و به صورت دیجیتالی ذخیره‌کرد. یک عکس نمونه که از رنگ‌های قرمز، سبز و آبی(RGB) تشکیل شده و دارای کیفیت ۲۰۰۰ ×۲۰۰۰ پیکسل است.

یک سیستم دیجیتالی عکس‌برداری در عین حال که کیفیت بالایی دارد، تکثیر بدون نقصی را

ایجاد می‌کند. عکس‌ها می‌توانند به وسیله فایل‌های دیجیتالی در فرمت‌های مختلف ذخیره شوند. در فشرده‌سازی عکس، عکس‌ها توسط یک الگوریتم فشرده‌سازی به یکدیگرمتصل می‌شوند که این موضوع به عکس‌ها اجازه می‌دهد تا بر اساس همان اطلاعات جزئی احیا شوند. این نتیجه یک تجدید کامل از آن عکس نیست اما برای مقاصد تشخیصی کافی است[۴].

۱- ۳- ۳ ارزیابی کلینیکی AMD توسط عکس‌های ته‌چشمی (Clinical (Evaluation of AMD in Fundus Photos

دوربین ته‌چشمی معمولا برای مقاصد تشخیصی مورد استفاده قرار می‌گیرد (مطالعات کلینیکی بیماران AMD که علت بسیار مهم نابینایی در جهان توسعه یافته است) در روش دیجیتالی با آنالیز تصاویر به کمک کامپیوتر به نتیجه‌ای با دقت بالاتر، به واقعیتی نزدیک تر و تکرار پذیرتر می‌رسیم. اما طراحی کردن الگوریتم برای این هدف بسیار دشوار است. در ۲۰ سال گذشته روی روش‌های بسیاری تلاش شده‌است اما نتایج رضایت بخش نبوده‌است.

در این روش تصویر به قطعاتی با اندازه‌های مختلف تقسیم می‌شود و در درون هر قطعه، یک هیستوگرام مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرد تا عدم تقارن در آن بررسی و تعیین شود که آیا پوشش خلفی قرنیه در آن موجود است یا خیر. به هر حال در یک آستانه نادرست، این روش اغلب گمراه کننده خواهد بود. بنابراین نظارت اپراتور و گام های پردازشی به این روش اضافه شده است[۵].

۱- ۳- ۴ افتالموسکوپ اسکن کننده لیزری (SCANNING LASER OPHTHALMOSCOPE)

عکس برداری اغلب به همراه یک منبع نور سفید صورت می‌گیرد. به هر حال، منابع نور تک

رنـگ در یک طول موج خاص در افتالموسکوپ اسکن کننده لیزری، قابل استفاده هستند. این روش در اصل به عنوان یک ابزار پژوهشی مورد استفاده قرار می‌گرفت، اما اکنون به طور فزاینده‌ای مورد تایید دیگر استانداردهای عکس‌برداری کلینیکی قرار گرفته است. از طرف دیگر در این روش اتساع مردمک غیرضروری است و در طـی عملیات سطوح نوری تاریک هستند. این روش برای تصویربرداری از لایه‌های مشیمیه مناسب است. در عکس برداری‌های خودکار فلوئورسانس (AF) از یک منبع لیزر ۴۸۸ میلیمتری به همراه یک فیلتر مرزی ۵۰۰ میلیمتری استفاده می‌شود. ایـن مـنـبـع نـورانـی، ساختارهایی را که ذاتا فلوئورسانس (اصولا به علت لیپوفاسین و فلئوروفور، E2A) هستند، آشکار می‌کند[۲].

۱- ۳- ۵ تصویربرداری و استفاده از پزشکی از راه دور (TELEMEDICINE)

با توجه به افزایش میانگین سنی افراد در کشورهای توسعه‌یافته، تعداد افراد کهنسالی که نیاز به معاینات چشم دارند بسیار زیاد شده است. به علت کمبود پزشک در این زمینه (در ایالات متحده)، کمتر از نصف جمعیت دیابتی معاینه سالیانه چشم را دریافت می‌کنند.

یکی از اهداف پزشکی از راه دور، این است که فاصله بین مکان‌هایی که بیماران می‌توانند ارزیابی شوند و مکان‌هایی که به بیماران ارائه خدمات می‌دهند کوتاه شود. با ظهور پزشکی از راه دور و عکس‌برداری دیجیتالی، دیگر لزومی ندارد که بیمار و پزشک در یک مطب باشند. در یک دوربین ته‌چشمی پزشکی از راه دور (مثل اسکوپ دیجیتالی)، هدف ایجاد یک شیوه مناسب به منظور فراهم کردن معاینات چشمی برای مرکز مراقبت‌های اولیه است. با توجه به هزینه پایین برای ساخت این ابزار، جذب آن برای مطب پزشکان مراقبت‌های اولیه افزایش یافته‌است.

اپراتور با لمس صفحه نمایش با سیستم ارتباط برقرار می‌کند. وظایف اپراتور به کارهای ابتدائی محدود می‌شود (مثل توضیح دادن روش کار، تشویق کردن بیمار برای مقاوم بودن برای پلک زدن در