بسم الله الرحمن الرحيم

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی پزشکی است که در سال ۱۳۸۸ در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر علی محلوجی‌فر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب محمد صالح میری دانشجوی رشته مهندسی پزشکی مقطع کارشناسی ارشد

تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

محمد صالح میری

تاریخ و امضا:

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی
دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب و یا نرم افزار و یا آثار ویژه حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

دانشگاه تربیت مدرّس

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی

آشکارسازی رگهای خونی در تصاویر شبکیه توسط تبدیل کرولت و عملگرهای مورفولوژی با المان‌های چند-ساختاری

نگارنده:

محمد صالح میری

استاد راهنما:

دکتر علی محلوجی‌فر

اسفندماه ۱۳۸۸

تقدیم به:

پدر و مادرم که دعایشان همیشه بدرقه راهم بود

و

برادرم که وجودش بارقه امیدم بود

تشکر و قدردانی

شکر و سپاس خداوندی را که به من فکر داد تا بیندیشم، سلامتی داد تا زندگی کنم، هدایتم نمود تا در مسیر درست گام بردارم و ایمان داد تا در مشکلات راه به او تکیه کنم.

این پایان نامه با راهنمایی جناب آقای دکتر علی محلوجی‌فر به انجام رسیده‌است که جا دارد از زحمات دلسوزانه و راهنمایی‌های صبورانه ایشان کمال سپاسگذاری را داشته باشم.

همچنین از پدر و مادر مهربان و عزیزم که همیشه و در تمامی مراحل زندگی‌ام حامی من بودند و برای موفقیت من از هیچ کوششی فروگذاری نکردند و زمینه تحصیل و فراگیری دانش را برای من فراهم نمودند بی‌نهایت سپاسگذارم. جا دارد از زحمات برادر بزرگوارم که همواره مشوق و پشتوانه محکمی در رویارویی با مشکلات زندگی برای من بوده است قدردانی نمایم.

از تمامی دوستانم که مرا در انجام این پایان نامه یاری نمودند نیز کمال تشکر را دارم.

با سپاس بیکران
محمد صالح میری
اسفندماه ۱۳۸۸

چکیده

تصاویر شبکیه در کاربردهای مختلفی قابل استفاده هستند مانند عمل‌های جراحی قعر چشمی[1] و یا حتی در بازشناسی افراد. همچنین، این تصاویر نقش مؤثری در تشخیص مراحل اولیه برخی بیماری‌ها نظیر دیابت بازی می‌کنند؛ این عمل با مقایسه حالت و شرایط رگ‌های خونی در طول زمان انجام می‌شود. مشخصات ذاتی تصاویر شبکیه به نوعی است که عمل تشخیص رگ‌های خونی را با دشواری همراه می-سازد. در این پایان نامه شیوه جدیدی برای تشخیص مؤثر رگ‌های خونی بصورت خودکار ارائه شده است. روش پیشنهادی بدین صورت است که بر اساس قابلیت بالای تبدیل کرولت[2] در نمایش لبه‌ها، اعمال این تبدیل و اصلاح ضرایب آن با هدف بهبود لبه‌های تصاویر ، سبب می‌شود که تصاویر شبکیه ا برای مرحله بخش‌بندی تصویر بهتر آماده شوند. جهتدار بودن المانهای چند-ساختاری آنها را به ابزاری مناسب برای تشخیص لبه تبدیل می‌سازد. لذا، عملگرهای مورفولوژی با استفاده از المان‌های چند-ساختاری با هدف تشخیص لبه‌های تصاویر شبکیه به تصاویر بهبود یافته اعمال می‌شود. سپس، عملگرهای مورفولوژی با بازسازی با حفظ ویژگی های لبه در رگهای نازک، زوائد تصویر لبه را حذف می‌کنند. برای بهبود عملکرد این عملگرها آن ها را با استفاده از المان های چند-ساختاری پیاده سازی می‌کنیم. در نهایت، یک شیوه آستانه گذاری ساده روی تصویر خروجی مرحله قبل بهمراه آنالیز اجزای بهم‌پیوسته[3](CCA) و فیلتر طول مشخص می‌کنند که کدامیک از لبه‌های باقی مانده مربوط به رگ‌های خونی است. برای استفاده مؤثرتر از آنالیز اجزای بهم پیوسته، CCA و فیلتر طول را بجای اعمال بر روی کل تصویر بصورت محلی انجام می‌دهیم. نتایج عملی بر روی یک بانک داده معروف، DRIVE، نشان داد که رگ‌های خونی تصاویر شبکیه با اعمال شیوه پیشنهادی بخوبی از پس‌زمینه قابل تشخیص هستند.

کلید واژه: تشخیص رگ‌های خونی، تبدیل کرولت سریع گسسته، مورفولوژی با المان چند-ساختاری، عملگرهای مورفولوژی با بازسازی، تصاویر شبکیه.

---

[1]- Ocular fundus
[2]- Curvelet
[3]- Connected Component Analysis (CCA)

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... د

فهرست شکل‌ها ..... ه

فصل ۱- مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۱

۱-۲- آناتومی شبکیه ۳

۱-۳- بیان مسئله ۵

۱-۴- شیوه‌هایی که تا کنون پیشنهاد شده ۶

۱-۴-۱- استفاده از فیلترهای وفقی ۷

۱-۴-۲- استفاده از فیلترمکانی تشخیص دهندهٔ خط ۸

۱-۴-۳- استفاده از ویژگی‌های رگهای خونی و طبقه بندی کننده ۹

۱-۴-۴- استفاده از مفهوم پنجره گذاری ۱۱

۱-۵- جمع‌بندی ۱۲

فصل ۲- تبدیل کرولت ۱۳

۲-۱- مقدمه ۱۳

۲-۱-۱- آنالیزهای چند-مقیاسی کلاسیک ۱۳

۲-۱-۲- تبدیل کرولت گسسته جدید ۱۴

۲-۲- تبدیل‌های کرولت زمان-پیوسته ۱۵

۲-۳- تبدیل‌های کرولت رقومی ۱۸

۲-۳-۱- هاله‌سازی رقومی ۱۹

۲-۳-۲- تبدیل کرولت رقومی توسط FFTهای با فواصل نابرابر ۲۲

۲-۳-۳- تبدیل کرولت رقومی توسط شیوه لفافی ۲۴

۲-۳-۴- ساختار FDCT ۲۷

۲-۴- FDCT بوسیله لفافی فرکانسی ۲۹

۲-۴-۱- نمایندگان ریسز ۲۹

۲-۴-۲- ایزومتری و معکوس ۳۱

۲-۵- مثال‌های عددی ۳۲
۲-۶- جمع‌بندی ۳۴

فصل ۳- پردازش توسط عملگرهای مورفولوژی ۳۷

۳-۱- مقدمه ۳۷
۳-۲- عملگرهای مورفولوژی پایه ۳۸
۳-۳- مورفولوژی با المان‌های چند-ساختی ۳۸
۳-۴- تبدیلات هندسی ۴۰
۳-۴-۱- اتساع هندسی ۴۰
۳-۴-۲- سایش هندسی ۴۳
۳-۵- بازسازی مورفولوژی ۴۴
۳-۵-۱- تعاریف ۴۴
۳-۵-۲- پیاده سازی ۴۶
۳-۶- عملگرهای مورفولوژی با بازسازی ۴۷
۳-۶-۱- گشایش با بازسازی ۴۷
۳-۶-۲- بستن با بازسازی ۴۹
۳-۷- جمع‌بندی ۴۹

فصل ۴- الگوریتم پیشنهادی جهت تشخیص رگهای خونی ۵۱

۴-۱- مقدمه ۵۱
۴-۲- پیش پردازش ۵۱
۴-۲-۱- انتخاب نمایش تصویر ۵۲
۴-۲-۲- پیدا کردن ناحیه فاندس ۵۳
۴-۲-۳- یکنواخت کردن روشنایی تصویر ۵۴
۴-۳- بهبود کنتراست ۵۵
۴-۳-۱- بهبود کنتراست توسط نسل دوم تبدیل کرولت ۵۶
۴-۳-۲- تخمین انحراف معیار نویز ۵۸
۴-۳-۳- الگوریتم بهبود کنتراست توسط کرولت و اثر انتخاب پارامترها ۵۹
۴-۴- تشخیص لبه با استفاده از عملگرهای مورفولوژی چند-ساختی با بازسازی ۶۱
۴-۴-۱- تشخیص دهنده‌های لبه مورفولوژی ۶۱
۴-۴-۲- تشخیص لبه با عملگرهای مورفولوژی چند-ساختی ۶۳

۴-۴-۳- حذف زوائد توسط عملگرهای مورفولوژی با بازسازی ۶۴
۴-۵- آنالیز اجزای بهم پیوسته و فیلتر طول ۶۵
۴-۵-۱- آنالیز اجزای بهم پیوسته ۶۵
۴-۵-۲- فیلتر طول با استفاده از مفهوم پردازش اجزای بهم پیوسته ۶۶
۴-۶- الگوریتم کلی آنالیز تصاویر شبکیه ۶۹
۴-۷- جمع‌بندی ۶۹

فصل ۵- نتایج عملی ۷۱

۵-۱- مقدمه ۷۱
۵-۲- بانک داده DRIVE ۷۱
۵-۳- پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی ۷۲
۵-۴- ارزیابی الگوریتم پیشنهادی ۷۵
۵-۴-۱- ارزیابی الگوریتم بهبود کنتراست ۷۵
۵-۴-۲- ارزیابی بخش‌بندی تصویر ۸۰
۵-۵- جمع‌بندی ۸۲

فصل ۶- جمع بندی، نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۳

۶-۱- جمع بندی ۸۳
۶-۲- بحث و نتیجه‌گیری ۸۵
۶-۳- پیشنهادات ۸۶

فهرست مراجع ۸۷

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۲-۱: مدت زمان اجرا و خطا برای پیاده‌سازی بر مبنای شیوه لفافی ۳۴
جدول۲-۲: مدت زمان اجرا و خطا برای پیاده‌سازی بر مبنای شیوه USFFT ۳۴
جدول۵-۱: ارزیابی کمی الگوریتم بهبود کنتراست تصاویر شبکیه ۷۹
جدول۵-۲: ارزیابی کمی الگوریتم بخش بندی تصاویر شبکیه و مقایسه با برخی روش‌های موجود ۸۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: تصویر شبکیه دیده شده از طریق دستگاه مشاهدهٔ قعر چشم ۳
شکل ۱-۲: طرح مقطعی از چشم انسان با بزرگنمایی شماتیک شبکیه. ۴
شکل ۱-۳: زیر-تصویر شبکیه بهمراه ویژگی‌های استخراج شده. ۱۰
شکل ۲-۱: کف‌پوش کرولت در مکان و فرکانس. ۱۷
شکل ۲-۲: کف‌پوش رقومی پایه. ۲۰
شکل ۲-۳: لفافی داده به داخل یک مستطیل با متناوب سازی. ۲۶
شکل ۲-۴: مراحل پیاده‌سازی FDCT توسط شیوه پیاده‌سازی لفافی. ۲۸
شکل ۲-۵: کرولت‌ها در درشت‌ترین مقیاس. ۳۳
شکل ۲-۶: کرولت‌ها در مقیاس‌های ریز بزرگ‌شونده. ۳۵
شکل ۲-۷: موجک‌ها و کرولتها در ریزترین مقیاس. ۳۶
شکل ۳-۱: المان‌های ساخت B_i برای $N=3$ و دقت زاویه‌ای $\alpha=15°$. ۳۹
شکل ۳-۲: المان ساخت B ۷×۷. ..... ۴۰
شکل ۳-۳: اتساع هندسی یک تصویر ورودی باینری یا مجموعه Y در حدود الگوی هندسی X. ۴۱
شکل ۳-۴: اتساع یک سیگنال یک-بعدی f با توجه به سیگنال الگو g. ۴۲
شکل ۳-۵: اتساع هندسی در مقابل اتساع شرطی. ۴۳
شکل ۳-۶: سایش هندسی یک سیگنال یک-بعدی علامت f با توجه به سیگنال الگو g. ۴۳
شکل ۳-۷: بازسازی مورفولوژی توسط اتساع یک سیگنال یک-بعدی g از یک سیگنال علامت f. ۴۵
شکل ۳-۸: بازسازی مورفولوژی توسط سایش یک سیگنال یک-بعدی g از یک سیگنال بزرگتر f. ۴۶
شکل ۳-۹: بازسازی مورفولوژی توسط اتساع روی گراف. ۴۶
شکل ۳-۱۰: گشایش با بازسازی یک تصویر باینری. ۴۸
شکل ۳-۱۱: مقایسه گشایش مورفولوژی اولیه با شیوه گشایش با بازسازی. ۴۸
شکل ۳-۱۲: اعمال بستن مورفولوژی و بستن با بازسازی روی تصویر پلاک ماشین. ۴۹
شکل ۴-۱: تصاویر سه باند قرمز، سبز و آبی از تصویر شماره ۲ بانک داده و هیستوگرام مربوطه. ۵۲
شکل ۴-۲: نتایج الگوریتم پیدا کردن ناحیه فاندس. ۵۳
شکل ۴-۳: ضرایب کرولت اصلاح شده در برابر ضرایب اولیه. ۵۹
شکل ۴-۴: نتایج اعمال الگوریتم بهبود کنتراست بر روی تصویر شماره ۲ بانک داده. ۶۰

شکل ۴-۵: پیاده سازی الگوریتم آنالیز اجزای بهم پیوسته روی تصویر نمونه خاکستری مقیاس. ۶۶
شکل ۵-۱: نتایج پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی. ۷۴
شکل ۵-۲: مقایسه نتایج شیوه‌های مختلف بهبود کنتراست روی تصویر شماره ۲ بانک داده. ۷۷

فصل ۱– مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

پردازش تصاویر پزشکی از دیرباز یکی از زمینه‌های فعالیت مهندسین در عرصه پزشکی بوده است؛ بطوریکه با پیاده سازی دانش مهندسی در این زمینه کمک شایانی به پزشکان می‌شود. مهندسین با اعمال روش‌ها و الگوریتم‌های موجود در حوزه مهندسی بر روی تصاویر پزشکی این امکان را برای پزشکان فراهم می‌آورند تا با نگاه کردن به تصاویر با کیفیت بهتر، تشخیص‌های دقیق‌تر و مناسب‌تری از وجود، عدم وجود و یا نوع بیماری بدهند. همچنین، مهندسین در صورت در اختیار داشتن اطلاعات پزشکی در مورد برخی بیماری‌ها، قادر به پردازش هدفمند تصاویر پزشکی با هدف تشخیص بیماری می‌باشند. البته این تشخیص‌ها نوعاً در مقایسه با تشخیص پزشکان از اطمینان کافی برخوردار نیستند چراکه دانش و تجربه پزشکان امکان تشخیص دقیق‌تری را به آن‌ها می‌دهد؛ لذا از این تشخیص‌های انجام شده توسط ماشین بعضاً بعنوان یک تشخیص اولیه استفاده می‌شود.

یکی از شیوه‌های تصویر برداری پزشکی، تصویر برداری اپتیکی می‌باشد. برای بررسی شبکیهٔ انسان از این نوع تصویر برداری استفاده می‌شود. نوع خاصی از تصویر برداری اپتیکی که به فاندس[۱] معروف است در این نوع تصویر برداری استفاده می‌شود. یکی از بخش‌های اصلی موجود در تصویر، رگ‌های خونی موجود در شبکیه می‌باشد که شامل سرخرگ‌ها، سیاهرگ‌ها و برخی مویرگ‌ها می‌شود. تشخیص این رگ‌های خونی کاربردهای مختلفی دارد که برخی از اهداف کلینیکی گزارش شده برای تشخیص رگ‌های شبکیه شامل پیاده سازی برنامه‌هایی برای نمایش[۲] نارسایی شبکیهٔ دیابتی، ارزیابی میزان پیشرفت نارسایی شبکیه، تشخیص ناحیه بدون رگ ماکولا[۳]، باریک شدگی سرخرگ‌ها، تشخیص انحنای رگ‌ها با هدف توصیف نارسایی شبکیه فشار بالا[۴]، بیماری‌های قلبی-عروقی، و جراحی لیزر با کمک کامپیوتر می‌باشد. کاربردهای غیر مستقیم دیگر نیز برای بخش بندی تصویر شبکیه ذکر شده است که شامل تولید خودکار نقشه شبکیه برای درمان فساد ماکولای سنی[۵]، استخراج نقاط توصیفی سیستم رگ‌های شبکیه

---

[1]- Fundus
[2]- Screening
[3]- Macula
[4]- Hypertensive retinopathy
[5]- Age-related

برای تثبیت تصویر بصورت زمانی یا در تصویربرداری چند-وجهی[1]، سنتز تصویر موزاییکی شبکیه، تشخیص مکان دیسک نوری، و مکان‌یابی فوآ[2] می‌باشد. بعلاوه شبکهٔ رگ‌های شبکیه باندازه کافی متمایز کننده و منحصر بفرد می‌باشد که بتوان از آن در کاربردهای تشخیص بیومتریک[3] استفاده نمود، البته این امر بطور کامل بررسی نشده است [۱].

همانطور که اشاره شد، تشخیص رگهای خونی شبکیه کاربردهای فراونی دارد اما آشکار سازی این رگها بصورت دستی کاری دشوار، زمان‌بر و وابسته به میزان مهارت کاربر است. علاوه بر این، شرایط تصاویر شبکیه بگونه ایست که کار تشخیص رگها در تصاویر شبکیه را با مشکل همراه می‌سازد. عدم کنتراست مناسب رگهای خونی با پس‌زمینه و همچنین وجود روشنایی غیر یکنواخت تصویر دو مورد از مهمترین معضلات این تصاویر می‌باشند. کارهایی که تا کنون انجام شده است سعی بر آن داشته اند تا با استفاده از ابزارهای مناسب در شیوه های پیشنهادی خود بر این مشکلات فائق آمده و رگهای خونی را با دقت مناسبی از پس زمینه جدا سازند. فیلترهای وفقی، فیلترهای مکانی چرخشی، شیوه های جدید در آستانه گذاری، پردازش‌های محلی و استفاده از پنجره، و همچنین استفاده از طبقه بندی کننده ها از جمله مهمترین ابزاریست که در شیوه های پیشنهادیی که تا کنون ارائه شده دیده می‌شود. در ادامه به بررسی این شیوه های پیشنهادی خواهیم پرداخت.

در این پایان نامه سعی بر این است تا به آنالیز تصاویر شبکیه در دو حوزه پرداخته شود: اول بهبود کنتراست تصاویر شبکیه با هدف کمک به بخش دوم که بخش بندی تصاویر شبکیه و تشخیص رگ‌های خونی می‌باشد. بخش اول را با استفاده از اصلاح ضرایب تبدیل سریع کرولت گسسته توسط یک تابع غیر خطی انجام می‌دهیم. برای انجام قسمت دوم از چندین الگوریتم استفاده می‌شود که مهمترین بخش آن عملگرهای مورفولوژی با استفاده از المان‌های چند-ساختی[4] و عملگرهای مورفولوژی با بازسازی[5] می-باشند.

بخش‌های پایان نامه بدین صورت سازمان‌دهی شده‌اند: در ادامهٔ این فصل با آناتومی مختصر شبکیه و روش‌های ارائه شده موجود برای تشخیص رگ‌های خونی شبکیه آشنا می‌شویم. سپس تبدیل کرولت

---

[1]- Multi-modal

[2]- Fovea

[3]- Biometric identification

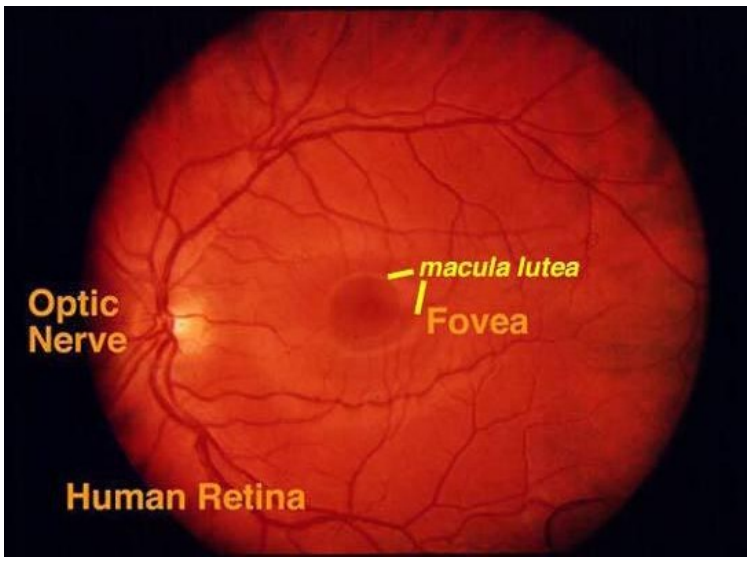
[4]– Multi-structure elements mophology

[5]- Morphological operators by reconstruction

بعنوان یکی از جدیدترین تبدیلات چند-دقتی و مهمترین بخش‌های پایان نامه توضیح داده خواهد شد. فصل سوم مربوط می‌شود به عملگرهای مورفولوژی و معرفی المان‌های چندساختی و همچنین عملگرهای مورفولوژی با بازسازی. در فصل چهارم الگوریتم پیشنهادی به تفصیل شرح داده خواهد شد و تمامی مراحل با جزئیات کامل مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فصل پنجم نتایج بدست آمده از پیاده سازی الگوریتم را مورد ارزیابی کیفی و کمّی قرار داده خواهد شد. فصل پایانی متعلق به جمع بندی، نتیجه گیری و پیشنهادات موجود می‌باشد.

۱-۲- آناتومی شبکیه

زمانیکه یک چشم پزشک با دستگاه مشاهده قعر چشم[1] بداخل چشم شما نگاه می‌کند تصویر شکل ۱-۱ را مشاهده می‌کند. مرکز شبکیه یک عصب نوری است، ناحیه دایروی و تا حدی بیضوی به ابعاد ۱/۵×۲ میلیمتر که به این ناحیه دیسک نوری نیز گفته می‌شود. از مرکز عصب نوری رگ‌های اصلی شبکیه مانند نور به بیرون متشعشع می‌شوند. تقریباً ۱۷ درجه (۵-۴/۵ میلیمتر)، یا باندازهٔ دو و نیم برابر قطر دیسک به سمت چپ دیسک، می‌توان ناحیه بیضوی شکل، بدون رگ خونی و مایل به قرمز فوآ را مشاهده نمود. فوآ در مرکز ناحیه‌ای که در پیش چشم پزشکان به ماکولا معروف است، واقع شده است [۲].

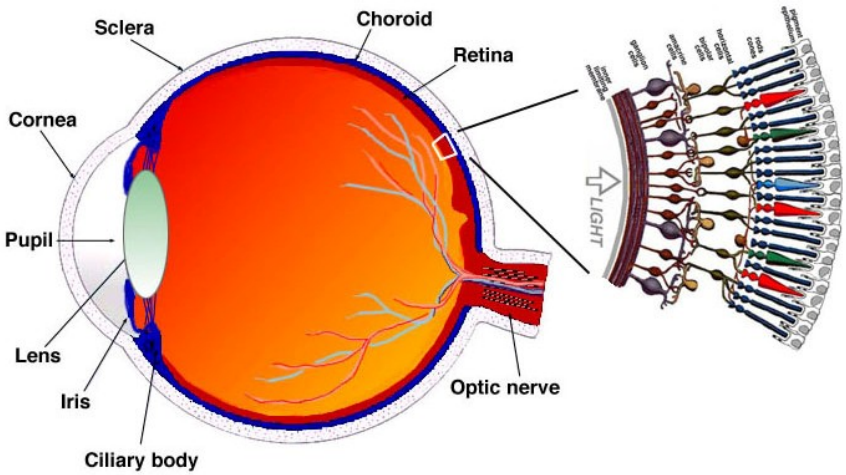


شکل ۱-۱ تصویر شبکیه دیده شده از طریق دستگاه مشاهدهٔ قعر چشم.

[1]- Ophthalmoscope

میدان دایروی تقریباً ۶ میلیمتری اطراف فوآ شبکیه مرکزی را تشکیل می‌دهد و در ورای آن شبکیهٔ محیطی که تا مرزهای سراتا[1] گسترش یافته است و ابعاد آن در حدود ۲۱ میلیمتر از مرکز دیسک نوری می‌باشد. شبکیه کامل بصورت دیسک دایروی با قطر تقریبی ۴۲ میلیمتر می‌باشد.

شبکیه تقریباً دارای ضخامتی در حدود ۰/۵ میلیمتر می‌باشد و در قسمت پشت چشم قرار گرفته است. عصب نوری شامل آکسون‌های سلول گنگلیون[2] می‌باشد که به مغز راه می‌یابند. بعلاوه، شامل رگ-های خونی است که به شبکیه باز می‌شوند تا لایه‌های شبکیه و نرون‌ها را خون‌رسانی کنند. (شکل ۱-۲) یک بخش شعاعی از مقطعی از شبکیه را نشان می‌دهد که سلول‌های گانگلیون (نرون‌های خارجی شبکیه) در داخلی‌ترین بخش شبکیه نزدیک به لنز جلوی چشم قرار دارد، و سنسورهای نوری (میله‌ای و مخروطی) در خارجی‌ترین بخش شبکیه بین رنگدانه‌های برون‌پوش[3] و مشیمیه[4] قرار دارد. بنابراین، نور باید قبل از اصابت و فعال‌سازی سنسورهای نوری مخروطی و میله‌ای از ضخامت شبکیه عبور کند. لذا جذب فوتون‌ها با رنگدانه‌های بصری گیرنده‌های نور، اولین پیغام بیوشیمیایی می‌باشد و سپس نوبت به یک پیغام الکتریکی می‌رسد که می‌تواند تمامی نرون‌های بعدی شبکیه را تحریک کند. پیغام شبکیه با توجه به ورودی نوری می‌باشد و تعدادی تصاویر بصری اولیه با چندین نوع حس مختلف از طرف الگوی اسپایک دشارژ سلول‌های گانگلیون به مغز ارسال می‌شود [2].



شکل ۱-۲ طرح مقطعی از چشم انسان با بزرگنمایی شماتیک شبکیه.

[1]- Serrata
[2]- Ganglion cell axons
[3]- Pigment epithelium
[4]- Choroid

۱-۳-بیان مسئله

رگ‌ها، فوآ و دیسک نوری ۳ مشخصه مهم شبکیه انسان می‌باشد و از آن‌ها در کاربردهای مختلفی مانند تثبیت تصویر، اصلاح روشنایی تصویر و عیب‌یابی درون شبکیه استفاده می‌شود. بدلیل شرایط بخصوصی که تصاویر شبکیه دارند عمل بخش‌بندی تصاویر و تشخیص رگ‌های خونی دشوار است. برخی از این شرایط بخصوص مربوط به پروسه تصویربرداری و شیوهٔ تصویربرداری استفاده شده می‌شود و برخی دیگر بدلیل خصوصیات ذاتی تصاویر شبکیه می‌باشد. دو مورد از مهمترین موارد مؤثر در مشکل کردن بخش‌بندی تصویر عدم کنتراست مناسب تصاویر شبکیه و روشنایی نامناسب پس‌زمینه در این تصاویر می‌باشد. روشنایی نامناسب پس‌زمینه تصویر مربوط به پروسه تصویر برداری می‌شود درحالیکه دلیل عدم کنتراست مناسب تصویر به مربوط به پروسه تصویربرداری و وجود رگ‌های مختلف موجود در تصویر می‌باشد (از سرخرگ‌های بزرگ تا سیاهرگ‌های نازک موجود در شبکیه) که هر کدام کنتراست متفاوتی با پس‌زمینه دارند. بعلاوه، وجود نویز تصویر، فوآ و دیسک نوری و همچنین وجود رگ‌های با اندازه و عرض متفاوت در تصویر و وجود برخی آسیب‌ها و جراحات احتمالی شبکیه دیگر نکاتی هستند که تأثیر گذار بوده و باید در بحث آنالیز تصاویر شبکیه مورد توجه قرار گیرند.

بخش بندی دستی تصاویر شبکیه بمنظور آشکارسازی رگهای خونی شبکیه امری زمان‌بر و وابسته به میزان مهارت کاربر است. بنابراین با توجه به کاربردهای متعدد آشکارسازی رگهای خونی که به آنها اشاره شد، وجود شیوه‌ای که بتواند بطور خودکار رگهای خونی را از پس‌زمینه جدا سازد بسیار مورد نیاز است.

همانطور که اشاره شد در این پایان نامه دو هدف کلی در آنالیز تصاویر شبکیه را دنبال می‌کنیم. قدم اول مواجهه با مشکل عدم کنتراست مناسب رگهای خونی با پس‌زمینه و همچنین عدم یکنواختی روشنایی تصاویر شبکیه می‌باشد. باتوجه به قابلیتهای تبدیل کرولت، برای نخستین بار این تبدیل بر روی تصاویر شبکیه با هدف بهبود کنتراست تصاویر شبکیه اعمال می‌شود. لذا، ابتدا با اعمال نسل جدید تبدیل کرولت، که خود در گروه تبدیلات جدید چند-مقیاسی قرار می‌گیرند، بر روی تصاویر شبکیه قصد داریم روشنایی تصویر را اصلاح و بخصوص کنتراست تصویر را بهبود ببخشیم. بعلاوه در حین انجام بهبود کنتراست از تقویت نویز تصویر نیز جلوگیری کنیم. این ایده در شیوه‌های پیشنهادی قبلی استفاده نشده است و ما سعی داریم با استفاده از پردازش تصاویر در حوزه کرولت بعنوان یک پردازش اولیه، تصاویر را با کیفیت بهتری برای مرحله بخش‌بندی آماده سازیم.

هدف دوم که از اهمیت بیشتری برخوردار است بخش بندی تصاویر شبکیه و استخراج رگ‌های خونی آن می‌باشد. برای دستیابی به این منظور از پردازش مورفولوژی با المانهای چند-ساختاری استفاده می-نماییم. ویژگی جهتدار بودن المان‌های چند-ساختاری آنها را برای تشخیص لبه‌های تصویر بسیار مناسب

می‌سازد زیرا سبب می‌شود تا این المان‌ها قادر به تشخیص لبه‌های تصویر درتمام جهات باشند. بنابراین سعی بر این است تا با جایگزینی المان‌های ساخت رایج با المان‌های چند-ساختاری به تشخیص موثر لبه‌های رگهای خونی در تصاویر شبکیه پرداخته می‌شود.

سومین مورد نوآوری این تحقیق حذف لبه‌های زائد تصویر لبه توسط عملگرهای مورفولوژی با بازسازی با استفاده از المان‌های چند-ساختاری می‌باشد. تلفیق شیوه پردازش مورفولوژی با بازسازی و المان‌های چند-ساختاری ایدهٔ تازه‌ای است که در اینجا معرفی می‌شود که بطور موفقیت آمیزی لبه‌های زائد تصویر را بدون آسیب به سایر بخش‌های تصویر و حفظ لبهٔ رگ‌های نازک، حذف می‌کند.

بنابراین در این پایان‌نامه هدف آن است که با استفاده از نسل دوم تبدیل سریع کرولت گسسته مشکلات موجود در تصاویر شبکیه را برطرف کرده و تصاویر شبکیه را برای مرحلهٔ بخش‌بندی تصویر بهتر آماده کنیم. در مرحله بخش‌بندی با استفاده از پردازش مورفولوژی و عملگرهای مورفولوژی با بازسازی که از المان‌های چند ساختی استفاده می‌کنند رگ‌های خونی را از پس‌زمینه جدا کنیم.

۱-۴-شیوه‌هایی که تا کنون پیشنهاد شده

در این بخش بطور خلاصه برخی از روش‌های پیشنهادی که تا کنون در زمینه آنالیز تصاویر شبکیه ارائه شده‌است را بررسی می‌کنیم. تلاش‌های بسیار زیادی در این زمینه صورت گرفته و الگوریتم‌ها وشیوه‌های متنوعی پیشنهاد شده‌است؛ تمامی این شیوه‌ها را می‌توان در سه گروه کلی جای داد: ۱- روش‌های مبتنی بر پنجره[1]، ۲- روش‌های مبتنی بر طبقه بندی کننده و ۳- روش‌های مبتنی بر دنبال کردن[2].

روش‌های مبتنی بر پنجره [۳] مانند تشخیص لبه، یک تطابق را در هر پیکسل بر حسب مدل داده شده، در پنجره مورد نظر تخمین می‌زند. در [۴] سطح مقطع یک رگ در تصویر شبکیه توسط یک منحنی گوسی شکل مدل شد و سپس با استفاده از فیلترهای وفقی این منحنی تشخیص داده می‌شود که منجر به تشخیص رگ‌های خونی می‌شود.

روش‌های مبتنی بر طبقه بندی در حقیقت در دو مرحله انجام می‌شوند: ۱- ابتدا یک الگوریتم سطح پایین، بخش‌بندی از نواحی که بصورت مکانی پیوسته هستند را فراهم می‌آورد؛ ۲- این نواحی مشخص

[1]- Window-based
[2]- Tracking-based

شده سپس در دو کلاس بدین صورت طبقه بندی می‌شوند که یا متعلق به رگ‌های خونی هستند یا متعلق به رگ‌های خونی نبوده و متعلق به پس زمینه تصویر می‌باشد. شیوه‌ای که در [۵] پیشنهاد شده-است بر اساس طبقه بندی کننده K- میانه فازی[1] می‌باشد. بدین صورت که نواحی پیوسته با اعمال ۱۲ فیلتر وفقی چرخشی با ابعاد ۱۵×۱۶ تشخیص داده می‌شوند و نتیجه کار به عنوان ورودی طبقه بندی کننده در نظر گرفته می‌شود. در انتها، بر روی خروجی طبقه بندی کننده فیلتر طول اعمال می‌شود.

شیوه‌های مبتنی بر ردیابی کردن از یک پروفیل مدل استفاده می‌کنند تا بصورت تدریجی و مرحله به مرحله به هدف که همان بخش بندی تصاویر است نزدیک شوند. برای شروع پروسه دنبال کردن به یک سری دانه (نقاط شروع) نیازمندیم. بطور کلی دو شیوه برای پیدا کردن این نقاط شروع وجود دارد. شیوه اول پیدا کردن دستی این نقاط توسط کاربر است که کار دشوار و وقت گیری می‌باشد که علاوه بر سختی به میزان تجربه کاربر نیز وابسته است که تا چقدر می‌تواند این نقاط را بدرستی و در جای مناسب انتخاب کند. شیوه دوم، پیدا کردن خودکار این نقاط است. Wu و همکاران [۶] شیوه‌ایی پیشنهاد کردند که لبه‌ها با امتحان کردن عبور از صفر[2] گرادیان تصویر و میزان پیچش آن تشخیص داده می‌شوند. سپس پروسه دنبال کردن از نقاط دارای بیشترین مقدار شروع می‌شود. بخش‌هایی که بعنوان رگ شناسایی شده‌اند و طول آنها کمتر از یک آستانه تعریف شده باشد و یا نسبت طول به عرض آن‌ها بزرگتر از یک آستانه مشخص باشد حذف می‌شوند و بقیه بعنوان رگ‌های خونی حفظ می‌شوند. در ادامه به بررسی برخی شیوه‌های پیشنهادی که تا کنون توسط محققین ارائه شده است و در هر کدام از ابزاری متفاوت استفاده شده است، می‌پردازیم.

۱-۴-۱- استفاده از فیلترهای وفقی[3]

یکی از فیلترهایی که در بحث تشخیص رگهای خونی شبکیه کاربرد فراوانی داشته و در بسیاری از شیوه‌های پیشنهادی توسط محققین وجود دارد، فیلترهای وفقی می‌باشد. برای نمونه در [۷] شیوه‌ای مبتنی بر استفاده از فیلتر وفقی ارائه شده است که به توضیح آن می‌پردازیم. در این شیوه ابتدا هیستوگرام باند سبز تصویر توسط یک تابع چگالی احتمال گوسی تخمین زده می‌شود. سپس در بازه $[\overline{x} - 2.2\sigma, 1]$ کشیدگی کنتراست[4] اعمال می‌شود تا کنتراست تصویر بهبود یابد. سطح مقطع رگ

[1]- Fuzzy K-median
[2]- Zero-crossing
[3]- Match filter
[4]- Contrast stretching