

تعهدنامه

اینجانب فریاد فدیروی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده پایان‌نامه "ارزیابی پیچش عروق شبکیه با کمک تبدیل‌های چندرزولوشنی" تحت راهنمایی دکتر حمیدرضا پوررضا متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود و یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد و مقالات مستخرج با نام "دانشگاه فردوسی مشهد" و یا "Ferdowsi University of Mashhad" به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تاثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، 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، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.



دانشگاه فردوسی مشهد
گروه آموزشی کامپیوتر

فرم شماره (۷)

صور تجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش نرم افزار رشته کامپیوتر در حضور اساتید راهنمای پایان نامه، مشاور، مدعوین و نماینده تحصیلات تکمیلی گروه کامپیوتر برگزار شد. خانم/آقای فرنوش قدیری پایان نامه خود تحت عنوان **ارزیابی انحنای عروق با کمک تبدیل کانتورلت غیر زیر نمونه** را ارائه نمودند. ارزیابی اعضای هیات داوران از این پایان نامه

۵/۱۷/۱۳۹۰ به حروف ...

استاد راهنمای پایان نامه: دکتر پوررضا

استاد مشاور/مدعو: دکتر بنایی

استاد مدعو: دکتر هراتی

نماینده تحصیلات تکمیلی گروه: دکتر صدوقی

توضیحات:

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پایان نامه کارشناسی ارشد

ارزیابی پیش عروق شبکه با استفاده از تبدیل‌های چند رزولوشنی

نویسنده: فرنوش قدیری

استاد راهنما: دکتر حمیدرضا پوررضا

استاد مشاور: دکتر توکا بنایی



آزمایشگاه بینایی ماشین
گروه مهندسی کامپیوتر
دانشکده مهندسی
دانشگاه فردوسی مشهد
تلفن ۰۶ ۳۳ ۸۷۶ ۵۱۱

تشکر و قدردانی

سپاس و تقدیر فراوان تقدیم به استاد ارجمند و دانشمند، جناب آقای دکتر حمیدرضا پوررضا که تأثیر موثر ایشان در سراسر این پژوهش منعکس است؛ استاد فرزانه‌ای که راهنمایی‌های ایشان توانایی کشف ادراکم را افزون‌تر و سطح درکم را عمیق‌تر نمود و جسارت گام برداشتن در وادی‌های ناشناخته را برایم فراهم کرد. گستره‌ی اندیشه‌ام را مدیون آموزه‌ها و روح بلند استاد فاضلم خانم دکتر توکا بنایی هستم که بذراشتیاق به بیشتر دانستن را در وسعت ذهنم نشانند. سپاس فراوان تقدیم ایشان.

تقدیم به پدر عزیزم

کسی که مسیر سربلندی را به شیواترین روش به من آموخت

و تقدیم به روح پاک مادرم

که حسرت دوباره دیدنش همچون خیال باران در دشت کویر است

چکیده

عروق شبکه چشم دسترسی یکتا و آسانی را به پنجره مطالعات سلامت و بیماری سیستم گردش خون اندامهای حیاتی انسان به صورت مستقیم و بدون هیچ‌گونه آسیبی فراهم می‌کند. در دهه گذشته پیشرفتهایی که در تکنیک‌های تصویربرداری ته چشم صورت گرفته امکان توصیف دقیقی از کوچکترین تغییرات چشم را فراهم می‌آوردند. این تغییرات کوچک را می‌توان به دو دسته اصلی تغییرات هندسی عروق (پیچش عروق) و بروز علائمی همچون میکروآنریزیم و لخته‌های خونی تقسیم کرد که در اثر بیماری‌هایی همانند دیابت و یا فشارخون رخ می‌دهند. با توجه به اینکه پیچ و خم‌دار شدن عروق جزء اولین علائمی است که در صورت بروز اینگونه بیماری‌ها رخ می‌دهد، تشخیص زودهنگام این بیماری‌ها با بررسی منظم مقدار پیچش عروق شبکه از مشکلات غیر قابل بازگشت آنها جلوگیری می‌کند. همچنین محاسبه کمی پیچش عروق امکان مقایسه و بررسی وضعیت بیمار را در زمانهای مختلف به پزشک معالج می‌دهد. با وجود اهمیت بالای ارزیابی پیچش عروق شبکه، تکنیک‌های اندکی در این حوزه ارائه شده‌اند که با تشخیص بالینی چشم‌پزشک مطابقت داشته باشند. به علاوه بار محاسباتی الگوریتم‌های موجود بالا و دقت آنها پایین است. لذا ارائه سیستمی که بتواند با دقت بالا و زمان مناسب مقداری را برای پیچش عروق شبکه که منطبق با تشخیص چشم‌پزشک باشد، تخمین بزند ضروری به نظر می‌رسد.

در این پایان‌نامه سیستمی پیشنهاد می‌شود که در آن برای کاهش بار محاسبات مراحل اصلی الگوریتم‌های پیشین همانند استخراج خط مرکزی و مختصات رگ با استخراج ویژگی از تبدیل گابور جایگزین می‌شود. در این سیستم از تبدیل چندرزولوشنی موجک گابور برای استخراج اطلاعات جهت‌دار و مقیاس رگ استفاده می‌کنیم. قبل از اعمال فیلتر گابور ابتدا مرزهای نامطلوب در اطراف تصویر شبکه، ناشی از روزنه دید دوربین با کمک ابزارهای مورفولوژی حذف می‌شود. در گام بعدی فیلتر گابور در سه مقیاس و شانزده جهت در هر مقیاس به تصویر بدست آمده از مرحله قبل اعمال می‌شود. خروجی این مرحله از الگوریتم شانزده ماتریس ضرایب در هر مقیاس با ابعاد یکسان با تصویر اولیه است. با توجه به اینکه فرض اصلی سیستم پیشنهادی ما اینست که پیچش کل عروق از ترکیب انحنای محلی عروق با مقیاس یکسان بدست می‌آید، هر یک از زیرباندها و یا ماتریس‌های بدست آمده از آنها به پنجره‌های همپوشانی با ابعاد یکسان تقسیم می‌شوند. برای ارزیابی مقیاس یک قطعه رگ، ماکزیمم زیرباندهای گابور در هر مقیاس محاسبه می‌شود و سپس برای هر پنجره متناظر با تصویر اصلی مقیاسی تعریف می‌شود که معادل مقیاسی از فیلتر گابور است که در آن

میانگین ضرایب آن پنجره از میانگین ضرایب همان پنجره در مقیاس‌های دیگر بزرگتر باشد. انحنای هر قطعه رگ از معکوس تفاضل دو جهت اصلی خم درون هر پنجره بدست می‌آید. این دو جهت معادل دو قله در بردار ویژگی حاصل از میانگین ضرایب یک پنجره در زیرباندهای مختلف مقیاس بدست آمده برای آن پنجره است. ترکیب انحناءهای بدست آمده در هر مقیاس گابور و تقسیم آنها به تعداد پنجره‌هایی که رگ در آنها تشخیص داده شده است مقدار پیچش عروق شبکه در هر مقیاس را تعیین می‌کند. برای محاسبه مقدار پیچش کل، ترکیب وزنی مقدار پیچش‌های بدست آمده از هر مقیاس محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه تاثیر پیچش هر مقیاس در مقدار پیچش کل مشخص نیست وزنها با کمک الگوریتم ازدحام ذرات بدست می‌آیند. این الگوریتم با رتبه‌بندی که چشم‌پزشک به مجموعه تصاویر شبکه داده است آموزش می‌بیند.

در این پایان‌نامه به منظور ارزیابی سیستم پیشنهادی از ضریب همبستگی اسپیرمن و میزان دقت الگوریتم در دسته‌بندی تصاویر شبکه استفاده می‌کنیم. ضریب همبستگی اسپیرمن در الگوریتم پیشنهادی ما، که میزان مطابقت مقدار ارزیابی شده پیچش عروق توسط این سیستم را با تشخیص چشم‌پزشک برای رتبه‌بندی تصاویر می‌سنجد، ۹۶٪ بدست آمده است. همچنین دقت الگوریتم در دسته‌بندی عروق به سه دسته عروق با پیچش کم، متوسط و زیاد به طور میانگین ۸۴٪ است. در نهایت به منظور مقایسه نتایج سیستم پیشنهادی و الگوریتم‌های موجود، سیستم پیشنهادی را به مجموعه تصاویر گریسان اعمال می‌کنیم. نتایج حاصل از این آزمایش که با مقدار ضریب همبستگی اسپیرمن سنجیده می‌شود ۹۴٪ بدست آمده و در مقایسه با نتایج دیگر الگوریتم‌ها نشان می‌دهد که سیستم پیشنهادی ما مطابقت بیشتری با تشخیص چشم‌پزشک دارد.

کلمات کلیدی: شبکه چشم، انحنای محلی رگ، پیچش عروق، تبدیل گابور، الگوریتم بهینه‌سازی

ازدحام ذرات، ضریب همبستگی اسپیرمن

فهرست مطالب

i	..... تقدیر و تشکر
iii	..... چکیده
v	..... فهرست مطالب
vii	..... فهرست شکل‌ها
ix	..... فهرست جداول
۱	..... ۱- مقدمه
۲	..... ۱-۱- مقدمه
۳	..... ۲-۱- تعریف مساله
۴	..... ۳-۱- نوآوری‌های پایان‌نامه
۵	..... ۴-۱- ساختار پایان‌نامه
۷	..... ۲- ارزیابی انحناء و کاربردهای آن
۸	..... ۱-۲- مقدمه
۸	..... ۲-۲- ارزیابی انحناء و کاربردهای آن
۹	..... ۱-۲-۲- تکنیکهای مبتنی بر برازش دایره
۱۰	..... ۲-۲-۲- تکنیکهای مبتنی بر مسیر
۱۱	..... ۳-۲-۲- تکنیکهای مبتنی بر خط مماس
۱۲	..... ۴-۲-۲- تکنیکهای مبتنی بر برازش خط
۱۳	..... ۵-۲-۲- تکنیکهای مبتنی بر جهت
۱۵	..... ۶-۲-۲- ارزیابی انحناء با کمک الگو
۱۷	..... ۷-۲-۲- ارزیابی انحناء در کاربردهای مختلف
۱۷	..... ۱-۷-۲-۲- قطعه‌بندی
۱۷	..... ۱-۱-۷-۲-۲- کانتور فعال
۱۸	..... ۲-۱-۷-۲-۲- مجموعه‌های سطح سریع
۲۰	..... ۲-۷-۲-۲- تبدیل کرولت
۲۲	..... ۳- مروری بر کارهای گذشته
۲۳	..... ۱-۳- مقدمه
۲۳	..... ۲-۳- پیش پردازش
۲۳	..... ۱-۲-۳- استخراج رگ و خط مرکزی
۲۵	..... ۲-۲-۳- استخراج مسیر رگ
۲۵	..... ۱-۲-۲-۳- پیگیری عروق از نقطه کور
۲۶	..... ۲-۲-۲-۳- قطعه‌بندی عروق
۲۶	..... ۱-۲-۲-۲-۳- استخراج مسیر بین دو انشعاب
۲۸	..... ۲-۲-۲-۲-۳- بخش‌بندی تصویر به قطعات کوچکتر
۳۰	..... ۳-۳- ارزیابی انحناء رگ
۳۴	..... ۱-۳-۳- نرخ طول قوس بر وتر (متریک فاصله)
۴۲	..... ۲-۳-۳- اندازه‌گیری شامل پیچش
۴۷	..... ۳-۳-۳- تغییر زاویه جهت

۴۹	..... ۴-۳-۳- تکنیک‌های مبتنی بر دایره مماس
۵۰	..... ۵-۳-۳- تکنیک‌های مبتنی بر آنالیز اجزاء اصلی
۵۲	..... ۴-۳- مقایسه نتایج بدست آمده
۵۲	..... ۱-۴-۳- شبیه‌سازی عروق
۵۳	..... ۲-۴-۳- دسته‌بندی عروق
۵۵	..... ۳-۴-۳- مرتب‌سازی عروق بر اساس افزایش پیچش
۵۶	..... ۵-۳- جمع‌بندی
۵۸	..... ۴- روش پیشنهادی
۵۹	..... ۱-۴- مقدمه
۶۰	..... ۲-۴- تبدیل گابور
۶۱	..... ۱-۲-۴- اساس تبدیل گابور موجک
۶۷	..... ۳-۴- الگوریتم پیشنهادی
۶۷	..... ۱-۳-۴- پیش پردازش
۶۸	..... ۲-۳-۴- استخراج ویژگی
۷۲	..... ۳-۳-۴- ارزیابی پیچش رگ
۸۰	..... ۴-۴- تخمین پارمترها
۸۳	..... ۵- آزمایش و ارزیابی سیستم پیشنهادی
۸۴	..... ۱-۵- مقدمه
۸۴	..... ۲-۵- پایگاه تصاویر
۸۶	..... ۳-۵- پیاده‌سازی تکنیک پیشنهادی
۸۶	..... ۴-۵- آزمایشات و نتایج سیستم پیشنهادی
۸۶	..... ۱-۴-۵- معیار ارزیابی کارایی سیستم
۸۸	..... ۲-۴-۵- نتایج سیستم پیشنهادی
۸۸	..... ۱-۲-۴-۵- بررسی معیارهای پیچش
۸۹	..... ۲-۲-۴-۵- اعمال الگوریتم به بانک تصاویر
۹۶	..... ۳-۲-۴-۵- مقایسه زمان اجرای الگوریتم
۹۸	..... ۶- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات
۱۰۰	..... ۱-۶- نوآوری‌های کلیدی تحقیق
۱۰۱	..... ۲-۶- کارهای آینده
۱۰۱	..... ۱-۲-۶- تفکیک عروق به سه سطح
۱۰۱	..... ۲-۲-۶- تشخیص انشعابات
۱۰۲	..... ۳-۲-۶- پارمترهای سیستم
۱۰۳	..... مراجع

فهرست شکل‌ها

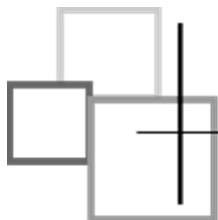
- شکل ۱-۱: تصویر دو شبکه‌ی با پیچش عروق متفاوت (الف) نمایش یک شبکه‌ی با پیچش عروق کم (نرمال) (ب) نمایش یک شبکه‌ی با پیچش عروق زیاد ۵
- شکل ۱-۲: نمایش دایره مماس بر منحنی C ۹
- شکل ۲-۲: یک رابطه خطی بین انحنای منحنی γ در نقطه P و ناحیه بالای منحنی ۱۶
- شکل ۳-۲: کاربرد الگو دایروی گسسته ۱۶
- شکل ۴-۲: تخمین انحناء بوسیله برازش یک دایره بر روی ۳ نقطه (الف) برازش مناسب (ب) دایره تخمین خوبی برای منحنی گذرنده از این ۳ نقطه نیست (ج) دایره‌هایی که از مجموعه نقاط می‌گذرند شعاع یکسانی دارند ۱۸
- شکل ۵-۲: (الف) ناحیه پس زمینه F (خاکستری روشن) و مرز C با نقطه $x \in C$ نشان داده شده است. انحنای محلی $k(x)$ با کمک ناحیه S اشتراک $F \cap N_h(x)$ بدست می‌آید که در آن N یک همسایگی کوچک اطراف نقطه x است. (ب) جزییات اطراف نقطه x به مرکز مختصات انتقال یافته است ۱۹
- شکل ۶-۲: قانون مقیاس سهمی برای تشخیص بهتر ناهمسانگردی ۲۱
- شکل ۷-۲: نمایش انحناء بواسطه تجزیه کرولت در نمونه دست خط ۲۱
- شکل ۱-۳: (الف) تصویر اصلی شبکه‌ی (ب) عروق استخراج شده از تصویر (الف) (ج) خط مرکزی عروق (اسکت) تصویر (ب) با عرض یک پیکسل ۲۵
- شکل ۲-۳: (الف) تقسیم بندی عروق به ۴ ربع به گونه‌ای که در هر قسمت دو قطعه رگ اصلی وجود دارد ۲۶
- شکل ۳-۳: فاز اول الگوریتم تراکو برای استخراج مسیر رگ ۲۷
- شکل ۴-۳: (راست) قطعه انتخاب شده توسط چشم پزشک. (چپ) بر چسب گذاری نقاط پایانی رگ ۲۷
- شکل ۵-۳: پیگیری عروق و تولید کد زنجیره‌ای ۲۸
- شکل ۶-۳: (الف) ارزیابی انحناء با تقسیم رگ به قطعات (الف) قطعه قابل قبول با انحراف زیاد از خط مستقیم (ب) قطعه غیر قابل قبول (ج) قطعه قابل قبول با انحراف کم از خط مستقیم ۲۹
- شکل ۷-۳: (الف) اولین مرحله از قطعه بندی (ب) قطعه بندی نهایی ۳۰
- شکل ۸-۳: (الف) ماکزیمم پیچش ممکن (ب) چهار قطعه رگ با اسکلت یکسان و انحنای متفاوت ۳۱
- شکل ۹-۳: دو قطعه رگ با انحنای یکسان ۳۲
- شکل ۱۰-۳: نمایش تقسیم رگریال برای تخمین انحنای آن با تغییرات نسبی طول ۳۴
- شکل ۱۱-۳: رابطه بین قوس و وتر یک منحنی ۳۵
- شکل ۱۲-۳: (الف) دو منحنی (الف) و (ب) انحناهای مختلفی دارند ولی طول L و طول وتر X یکسانی دارند. منحنی (ب) و (ج) اختلاف زاویه‌ای میانگین مشابه‌ای دارند علی‌رغم اینکه انحنای آنها متفاوت است. انتگرال انحناء آخرین منحنی (ج) برابر $\pi/2$ در صورتیکه انتگرال انحناء منحنی دوم π است در حالیکه در منحنی اول ما انحنای بیشتری را ملاحظه می‌کنید ۳۷
- شکل ۱۳-۳: (چپ) تعیین بردار سرعت V و شتاب A (راست) استخراج قالب فرنت از بردارهای V و A ۳۸
- شکل ۱۴-۳: سه منحنی با انحنای یکسان ولی ظاهر متفاوت ۳۹
- شکل ۱۵-۳: رگ و تقریب‌های متوالی آن پس از تقسیم متوالی قطعات به دو (الف) و (ب) و (ج) قطعه رگ به دو قطعه با وترهای l_1 و l_2 تقسیم می‌شود (ج) تقسیم‌های بیشتر دو قطعه رگ ۴۱

- شکل ۳-۱: فاصله δ از اختلاف بین دو گرادیان دو قطعه رگ متوالی حاصل می‌شود و بزرگی آن به عنوان اندیس برای ارزیابی انحنای رگ در نظر گرفته می‌شود. ۴۴
- شکل ۳-۱۷: نقطه اسکلت رگ و نقاط مرزی وابسته به آن. ۴۵
- شکل ۳-۱۸: مقدار انحنای هر پیکسل بر روی یک قطعه رگ. ۴۷
- شکل ۳-۱۹: مقیاس تغییر جهت انحنای (الف) نمایش یک رگ با تغییرات ملایم در طول خط (ب) تغییرات شدید انحنای در یک ناحیه محلی. ۴۸
- شکل ۳-۲۰: محاسبه زاویه درون صفحه و ϕ در نقطه P_k ۴۹
- شکل ۳-۲۱: نمایش دایره‌ای با شعاع‌های متفاوت بر روی یک پیکسل از قطعه رگ. ۵۰
- شکل ۳-۲۲: PCA بر روی یک قطعه رگ. ۵۲
- شکل ۳-۲۳: رگ شبیه‌سازی شده با تقسیم یک نیم دایره به قوس‌های کوچکتر. ۵۳
- شکل ۳-۲۴: نمونه‌ای از تصاویر بانک گریسان (الف) شریان مورد نظر با علامت مشخص شده است (ب) ورید مورد نظر با علامت مشخص شده است. ۵۶
- شکل ۴-۱: مثالی از $\varphi(x)$ با سه تابع مختلف $f_0 = 0, 0.5, 1$ و ولی با $\alpha = 0.5$ برای هر ۳ تابع و تحلیل مکان-فرکانسی بوسیله تبدیل گابور است. که (الف) قسمت واقعی $\varphi(x)$ و (ب) بزرگی تابع گابور $\varphi(x)$ را نشان می‌دهد. ۶۲
- شکل ۴-۲: مثالی از $\Phi(x)$ تعمیم یافته با سه $f_0 = 0.5, 1, 2$ و با $\gamma = 1$ و آنالیزهای مکان-فرکانسی بوسیله تبدیل گابور. که (الف) (ب) (ج) قسمت واقعی $\varphi(x)$ و (د) (ز) بزرگی تابع گابور $\varphi(x)$ را نشان می‌دهد. ۶۳
- شکل ۴-۳: مثالی از قسمت واقعی موجک‌های گابور در ۴ مقیاس و ۸ جهت. f_{max} برابر 0.35 با $\gamma = \eta = 1.2$ ۶۶
- شکل ۴-۴: پوشش صفحه فرکانسی مکان، خانواده موجک‌های گابور در ۴ مقیاس و ۸ جهت. ۶۶
- شکل ۴-۵: بلوک دیاگرام الگوریتم پیشنهادی. ۶۷
- شکل ۴-۶: پیش پردازش تصویر شبکه‌ی به منظور حذف تاثیر نامطلوب مرزها (الف) تصویر اصلی، (ب) تصویر پیش پردازش شده با مرزهای توسعه یافته. ۶۸
- شکل ۴-۷: پروفایل سطح خاکستری بخش عرضی رگ و تخمین آن با یک تابع گوسی. ۶۹
- شکل ۴-۸: نمایش‌های متفاوت از فیلتر گابور دو بعدی ψ_G با $\epsilon = 4$ و $k_0 = [0, 3]$ (الف) قسمت موهومی (ب) قسمت حقیقی (ج) نمایش سطح قسمت حقیقی. ۷۰
- شکل ۴-۹: (الف) تصویر حاصل از ماکزیمم ضرایب زیرباندهای مقیاس دو (وضوح عروق باریک) (ب) تصویر حاصل از ماکزیمم ضرایب زیرباندهای مقیاس چهار (وضوح بیشتر عروق پهن). ۷۱
- شکل ۴-۱۰: پنجره همپوشان با ابعاد $n \times n$ میزان همپوشانی τ ۷۲
- شکل ۴-۱۱: بردار ویژگی حاصل از میانگین ضرایب گابور، (الف) بردار ویژگی پنجره‌ی قرار گرفته بر روی یک قطعه رگ، (ب) بردار ویژگی پنجره قرار گرفته بر روی پس زمینه. ۷۴
- شکل ۴-۱۲: نمایش یک قطعه رگ خمیده با دو قطعه خط تشکیل دهنده آن. ۷۵
- شکل ۴-۱۳: بردار ویژگی حاصل از میانگین ضرایب گابور، (الف) بردار ویژگی پنجره‌ی قرار گرفته بر روی یک قطعه رگ، (ب) بردار ویژگی پنجره قرار گرفته بر روی پس زمینه. ۷۶
- شکل ۴-۱۴: بردار ویژگی حاصل از میانگین ضرایب گابور. ۷۷
- شکل ۴-۱۵: برچسب اختصاص داده شده به هر یک از زیرباندهای گابور. ۷۹
- شکل ۴-۱۶: دو شبکه‌ی با پیچش عروق متفاوت (الف) شبکه‌ی با پیچش عروقی بزرگتر از تصویر (ب) و چگالی عروق کمتر. ۸۰
- شکل ۴-۱۷: مراحل الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات. ۸۲
- شکل ۵-۱: تصاویر شبکه‌ی رتبه‌بندی شده به ترتیب افزایش پیچش (از چپ به راست) توسط چشم پزشک در زمان اول. ۸۴
- شکل ۵-۲: تصاویر شبکه‌ی رتبه‌بندی شده به ترتیب افزایش پیچش (از چپ به راست) توسط چشم پزشک در زمان دوم. ۸۵

- شکل ۳-۵: نمونه‌ای از مجموعه تصاویر گریسان (الف) دو تصویر از تصاویر شریان با حداقل و حداکثر پیچش از چپ به راست (ب) دو تصویر از تصاویر ورید با حداقل و حداکثر پیچش از چپ به راست ۸۵
- شکل ۴-۵: نمونه‌ای از تصاویر شبکه در سه کلاس مختلف (الف) پیچش عروق کم (ب) پیچش عروق متوسط (ج) پیچش عروق زیاد ۸۷
- شکل ۵-۵: معیار پیچش به صورت تابعی از دامنه ۸۸
- شکل ۶-۵: معیار پیچش به عنوان تابعی از فرکانس ۸۹

فهرست جداول

جدول ۱-۳: معیارهای مختلف برای ارزیابی انحناء.....	۴۲
جدول ۲-۳: کارایی دسته بندی به صورت ماتریس درهم ریختگی.....	۵۵
جدول ۳-۳: ضریب همبستگی اسپیرمن مقیاس‌های پیچش مختلف با رتبه‌بندی چشم‌پزشک.....	۵۶
جدول ۱-۵: مقدار پیچش در سه مقیاس مختلف برای مجموعه تصاویر خاتم الانبیاء.....	۹۰
جدول ۲-۵: ضریب همبستگی مقدار پیچش تصاویر در سه مقیاس با رتبه‌بندی اول ۲.....	۹۰
جدول ۳-۵: ضریب همبستگی مقدار پیچش تصاویر در سه مقیاس با رتبه‌بندی دوم.....	۹۰
جدول ۴-۵: وزنه‌های بدست آمده از الگوریتم PSO برای دو رتبه‌بندی مختلف تصاویر شبکه.....	۹۱
جدول ۵-۵: وزنه‌های بدست آمده از الگوریتم PSO برای دو رتبه‌بندی مختلف تصاویر شبکه.....	۹۱
جدول ۶-۵: مقدار پیچش کل عروق با در نظر گرفتن وزنه‌های بدست آمده از جدول ۴-۵.....	۹۲
جدول ۷-۵: کارایی الگوریتم دسته‌بندی با وزن‌های بدست آمده از رتبه‌بندی اول به صورت ماتریس درهم ریختگی.....	۹۳
جدول ۸-۵: کارایی الگوریتم دسته‌بندی با وزن‌های بدست آمده از رتبه‌بندی دوم به صورت ماتریس درهم ریختگی.....	۹۳
جدول ۹-۵: مقدار پیچش ارزیابی شده در مقیاس دوم برای مجموعه تصاویر گریسان.....	۹۵
جدول ۱۰-۵: ضریب همبستگی مقدار پیچش بدست آمده از معیارهای مختلف ارزیابی پیچش با رتبه‌ی تصاویر بانک گریسان.....	۹۶
جدول ۱۱-۵: زمان اجرای الگوریتم گریسان و تراکو.....	۹۷
جدول ۱۲-۵: زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی.....	۹۷



۱- مقدمه

۱-۱ مقدمه

تحلیل تصاویر پزشکی یکی از حوزه‌های تحقیق است که به تازگی نظر بسیاری از محققین و پزشکان را به خود جلب کرده است. این حوزه شامل مطالعه تصاویر دیجیتال با هدف فراهم کردن ابزار محاسباتی برای کمک به کمی کردن و آشکار کردن ساختارهای تشریحی^۱ و پاتولوژی‌های مورد نظر است. فعالیت‌هایی که در سالهای اخیر در این حوزه انجام شده است به طور قابل ملاحظه‌ای درمان‌های پزشکی حاضر برای بیماران را تحت تاثیر قرار داده است. در حال حاضر پزشکان بسیار کارتر از گذشته می‌توانند به منظور تشخیص، درمان و بررسی تغییرات و مکانیزم بدن، درون بدن انسان را مورد آزمایش قرار دهند و می‌توانند ارزیابی‌های دقیق‌تری را بدست آوردند. با این وجود این کار چند رشته‌ای^۲ نیاز به یک مطالعه جامع در زمینه‌های پردازش تصویر، بینایی ماشین، یادگیری ماشین و شناسایی الگو، را دارد [Osa03].

عروق شبکه یک فرصت مستقیم و بدون آسیب را برای مشاهده سیستم گردش خون انسان فراهم می‌آورند. در این راستا مطالعات زیادی تاثیر بیماری‌های گوناگون همچون دیابت و فشارخون را بر تغییرات عروق شبکه (قطر عروق، بعد فرکتال، پیچش عروق) تایید می‌کنند.

فشارخون بیماری است که بدون علائم مشخصی به اندام‌های حیاتی بدن آسیب می‌رساند و فقط زمانی دارای علائم است که فرد دچار بحران فشارخون شود که در این صورت فرد دچار سردرد و در مواردی تهوع و استفراغ می‌شود. در هایپرتانسیون قلب، کلیه، مغز و عروق درگیر می‌شود. عوارض فشارخون بر چشم در شایع‌ترین حالت که بالا بودن فشارخون به طور مزمن است عمدتاً در بالغین مشاهده می‌شود. بسته به میزان بالای فشارخون و مدت زمانی که از آن می‌گذرد علائم مختلفی در شبکه بروز میکند. اگر فشارخون در حد متوسط و کمی بالا باشد، در شبکه فقط باریک شدن عروق (عمدتاً شریانها) مشاهده می‌شود و حالت پیچ و خم‌دار به خود می‌گیرند. در غیر اینصورت عوارض تحلیل سر عصب بینایی و نابینایی شدید حاصل می‌گردد. در مواردیکه فشارخون بالاتر باشد (متوسط تا شدید) علاوه بر موارد فوق از دیواره رگهای چشم تراوشات پروتئینی و چربی به خارج رخ داده که در روی شبکه رسوب می‌کند. در حالات شدیدتر (فشارخون خیلی بالا) تمام حالات بالا به همراه پارگی کوچک و ظریف شبکه رخ داده که منجر به خونریزی‌های نقطه‌ای و یا شعله شمعی در روی شبکه می‌گردد که بسته به مکان بروز این خونریزیها می‌تواند موجب اختلال در

¹ Anatomical

² Multidisciplinary

کارکرد شبکه و نیز افت دید بیمار گردد. در موارد فشارخون‌های خیلی بالا یا مواردیکه علائم فشارخون خیلی پیشرفته باشد، تورم و برجستگی سر عصب بینایی رخ می‌دهد که پیش آگهی بسیار بدی دارد و در این موارد باید به طور اورژانس فشارخون بیمار کنترل گردد و به حد مطلوب و مجاز رسانده شود [Ngu07].

بیماری دیابت همانند فشارخون موجب بروز عوارضی در سطح شبکه می‌شود. رتینوپاتی دیابتی به آسیب شبکه چشم که در اثر بیماری دیابت بوجود آمده است می‌گویند. رتینوپاتی دیابتی عارضه‌ای ناشی از دیابت است که بدلیل تغییرات ایجاد شده در رگهای خونی رخ می‌دهد. رتینوپاتی دیابتی یکی از علل اصلی کاهش دید است و کسانیکه دیابت درمان نشده دارند ۲۵ برابر شانس بیشتری را برای کوری نسبت به افراد عادی دارند. آسیب شبکه در اثر دیابت در کشورهای پیشرفته شایعترین علت کوری محسوب می‌شود. در اثر بیماری دیابت، عروق آسیب می‌بینند و این آسیب عروقی در هر جایی می‌تواند رخ دهد. آسیب عروق در عضله قلب با بیماری ایسکمی قلبی و سکت‌های قلبی مرتبط است و آسیب عروق در شبکه چشم مسئول تغییرات بینایی است. در مراحل اولیه آسیب شبکه در اثر دیابت، عروق خونی شبکه ضخیم و تنگ و پیچ خورده می‌شوند. همچنین از دیواره آنها پلازما نشت می‌کند که باعث تاری دید می‌شود. در مراحل پیشرفته‌تر بیماری، در اثر برآورده نشدن نیازهای غذایی و اکسیژن سلول‌های بینایی در شبکه، رگ‌سازی در شبکه شروع می‌شود. رگ‌های جدید بسیار شکننده هستند، در درون چشم خونریزی می‌کنند، و در نهایت آسیب جدی به بینایی و موجب کوری را می‌شوند [Sas11].

بیماری دیگری که با افزایش پیچ و خم عروق شبکه و عرض آنها توصیف می‌شود رتینوپاتی در نوزادان نارس است. رتینوپاتی در نوزادان نارس^۱ که به آن فیبروپلازی پشت عدسی^۲ نیز گفته می‌شود می‌تواند سبب کوری شود. دلیل اهمیت این بیماری اینست که احتمال وقوع عارضه ۱۶ تا ۲۲ درصد، در نوزادان نارس است. این بیماری یکی از علل اصلی کوری در نوزادان می‌باشد، به طوری که علت ۳ تا ۱۱ درصد کوری کودکان را شامل می‌شود. این بیماری که در گذشته ناشی از استفاده از مقادیر زیاد اکسیژن در دستگاه‌هایی بود که نوزادان نارس در آنها نگهداری می‌شدند ولی امروزه با پیشرفت در روش‌های نگهداری از نوزادان نارس، بروز این بیماری کمتر شده است. عواملی که نوزاد را در معرض خطر بیشتری برای ابتلا به رتینوپاتی قرار می‌دهند کم بودن وزن هنگام تولد (کمتر از ۱.۵ کیلوگرم) و زایمان زودرس (هفته ۲۶ تا ۲۸) هستند.

در کودکان نارس رشد و تکامل عروق خونی شبکه دچار اشکال بوده و عروق خونی غیر طبیعی شروع به

¹ Retinopathy Of Prematurity (ROP)

² Retrolental Fibroplasia

رشد می‌کنند. مشکل رشد عروق غیر طبیعی که به آن نئوواسکولاریزاسیون نیز می‌گویند این است که اکسیژن کافی به شبکه نمی‌رسانند.

رتینوپاتی در نوزادان نارس بسته به شدت بیماری به ۵ درجه تقسیم می‌شود. پیشرفت بیماری به درجات آخر می‌تواند سبب ایجاد زخم در شبکه و عوارضی نظیر جدا شدگی شبکه، خونریزی زجاجیه، انحراف چشم و تنبلی چشم شود. بسیاری از نوزادان مبتلا به رتینوپاتی دچار نزدیک بینی خواهند شد [Hen02].

۲-۱ تعریف مساله

مشاهده تکنیکی سطح داخلی چشم^۱ یکی از ابزارهای موثر در شناسایی و نظارت بر علائم پاتولوژیک حاصل از بیماری‌های قلبی و عروقی، عصبی و سیستم متابولیسم غدد درون‌ریز است [Won01]. اگر تحلیل دقیق و علمی از علائم در هنگام شروع عارضه صورت گیرد، اکثر بیماری‌های شبکه چشم ناشی از دیابت و فشارخون را می‌توان در مراحل اولیه تشخیص و درمان کرد. این تحلیل‌ها باید به اندازه کافی حساس به کوچکترین علائم پاتولوژیک باشند و همچنین به اندازه کافی مقاوم باشند که قابلیت مقایسه نتایج با استانداردهای بالینی قابل قبول و نتایج بدست آمده از یک بیمار دیگر با علائم مشترک در زمانهای مختلف را داشته باشند.

رتینوپاتی دیابتی، فشارخون و رتینوپاتی در نوزادان نارس از جمله بیماری‌هایی هستند که با تحلیل تصاویر ته چشم^۲، می‌توانند در مراحل اولیه بیماری شناسایی شوند. بنابراین انتظار ما از سیستم‌های کامپیوتری اینست که توانایی شناسایی نخستین علائم رتینوپاتی را داشته باشند و همچنین بتوانند تشخیص معقولی بر پایه بعضی شرایط تعیین شده بوسیله چشم پزشک را بدهند. انتظار می‌رود که سیستم ارائه شده تنها تعمیمی از توانایی و بهره‌وری چشم پزشک در طول آزمایش نباشد، بلکه یک ابزار خودکار برای آزمایشهای رتینوپاتی دیابتی باشد [Owe08].

در ارزیابی رتینوپاتی‌های^۳ اشاره شده در بالا، زمانی که هیچ نشانه عمده‌ای از عوارض شبکه از قبیل لخته خون و یا ماده مترشحه وجود ندارد، یک رویه تشخیص بالینی با ارزیابی دقیقی از ویژگی‌های اصلی رگ‌های شبکه^۴ افزایش پیچش در مسیر عروق را تشخیص می‌دهد. ویژگی‌های مورفولوژی شبکه عروق شبکه اغلب

¹ Ocular fundus

² Fundus image

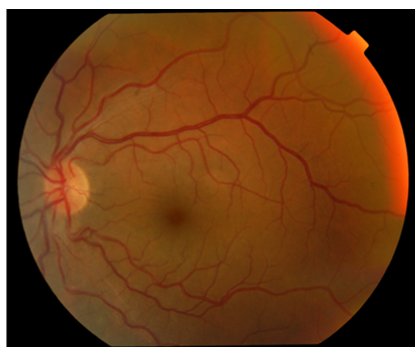
⁴ Tortuosity

^۳ اختلالاتی که موجب آسیب به شبکه چشم می‌شود

نخستین نشانه‌هایی هستند که رتینوپاتی را در مراحل اولیه مشخص می‌کنند و یا یک شاخص پیش‌بینی برای رتینوپاتی در نوزادان زودرس^۱ هستند.

در این نوع بیماری‌ها رگهای خونی غیر مستقیم (پیچ و خم‌دار) می‌شوند، آنها بزرگ‌تر و مسیر آنها پر چین‌تر می‌شود. گسترش بوسیله انبساط شعاعی رگهای خونی رخ می‌دهد و مسیرهای مارپیچی به علت انبساط طولی رخ می‌دهد. انحنای ممکن است به صورت موضعی، در ناحیه کوچکی از رگهای خونی شبکه‌ای رخ دهد یا تمام رگهای شبکه‌ای را در بر بگیرد. پیچش عروق را می‌توان داشتن ظاهری ناهموار در مسیر رگ تعریف کرد. در شکل ۱-۱ دو شبکه‌ای چشم با پیچش عروق متفاوت نشان داده شده است.

با وجود اینکه اثبات شده است که شدت بیماری رابطه‌ای با افزایش پیچش عروق در رتینوپاتی نوزادان زودرس، رتینوپاتی فشارخون و در موارد نادری رتینوپاتی ارثی دارد هیچ معیار علمی و کمی دقیقی که با درک بالینی چشم پزشک مطابق باشد، برای ارزیابی پیچش وجود ندارد [Gri08].



(ب)



(الف)

شکل ۱-۱ تصویر دو شبکه‌ای با پیچش عروق متفاوت (الف) نمایش یک شبکه‌ای با پیچش عروق کم (نرمال) (ب) نمایش یک شبکه‌ای با پیچش عروق زیاد.

۳-۱ نوآوری‌های پایان‌نامه

استخراج عروق از تصاویر شبکه‌ای به عنوان یک مرحله پیش پردازش جدانشدنی از الگوریتم‌های موجود ارزیابی پیچش عروق است. بسیاری از الگوریتم‌های استخراج رگ موجود از قبیل تکنیک‌های مبتنی بر فیلتر تطابق و یا تکنیک‌های مبتنی بر قطعه خط در برخورد با انشعابات و یا انحنای شدید رگ ناتوان هستند. بنابراین دقت و سرعت محاسبات این بخش از سیستم کارایی کل سیستم ارزیابی پیچش عروق را تحت تاثیر

¹ Retinopathy of prematurity

خود قرار می‌دهد. همچنین در گام‌های بعدی نیز خطاهای حاصل از استخراج مسیر رگ در صورت استفاده از الگوریتم‌های خودکار اجتناب ناپذیر و در شرایطی که به صورت دستی استخراج شود بسیار زمان بر است [Ken04]. در سیستم پیشنهادی، تلاش شده است که الگوریتمی کاملاً خودکار بدون نیاز به مراحل پیش پردازش از قبیل استخراج رگ و مسیر آن برای ارزیابی پیچش عروق به تفکیک قطر آنها ارائه شود. حذف مراحل استخراج رگ و به تبع آن حذف گام پیگیری مسیر رگ علاوه بر کاهش بار محاسباتی، سیستم را مقاوم‌تر می‌سازد. برای این منظور، از فیلتر موجک گابور برای استخراج ویژگی‌های جهت‌دار تصویر شبکه‌بهره می‌گیریم.

در الگوریتم‌های پیشین تنها رگ‌های اصلی تصویر (شریان و ورید اصلی و یا رگ‌های عریض) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در حالیکه، در سیستم پیشنهادی به منظور بررسی دقیق میزان پیچش در سه سطح عروق عریض، متوسط و باریک، با کمک فیلتر گابور، عروق شبکه را به سه سطح تقسیم می‌کنیم و سپس پیچش عروق هر سطح را تخمین می‌زنیم.

در نهایت به منظور ارزیابی سیستم پیشنهادی، میزان همبستگی مجموعه‌ای از تصاویر شبکه که توسط پزشک متخصص به ترتیب افزایش پیچش مرتب شده‌اند با مقدار پیچش عروق بدست آمده از سیستم پیشنهادی پیچش عروق بدست آمده از هر تصویر، محاسبه می‌شود. این در حالی است که کارایی الگوریتم‌های پیشین تنها با دسته‌بندی آنها به دو گروه عروق با پیچش و عروق بدون پیچش سنجیده شده است.

۴-۱ ساختار پایان‌نامه

الگوریتم‌های ارزیابی پیچش عروق مبتنی بر روشهای ارزیابی انحناء^۱ هستند. بنابراین در این پایان‌نامه ابتدا روشهای ارزیابی انحناء و کاربردهای آنها بررسی می‌شود و سپس در بخش سوم تکنیک‌های پیشین ارزیابی پیچش عروق بررسی می‌شود. الگوریتم سیستم پیشنهادی در بخش ۴ معرفی و بررسی می‌شود و نتایج حاصل از پیاده‌سازی سیستم پیشنهادی به همراه مقایسه آن با دیگر الگوریتم‌ها در این زمینه در بخش ۵ آورده شده است. در نهایت نتیجه‌گیری کلی به همراه پیشنهادات برای کارهای آتی در فصل آخر آورده شده است.

¹ Curvature