دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

ترکیب تصاویر مرئی و مادون‌قرمز حرارتی با استفاده از تبدیل کانتورلت مبتنی بر موجک جداناپذیر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق- مخابرات سیستم

سارا منوچهری خوشینانی

استاد راهنما

دکتر محمدرضا احمدزاده

۱۳۹۳

به نام خدا

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

ترکیب تصاویر مرئی و مادون قرمز حرارتی با استفاده از تبدیل کانتورلت مبتنی بر موجک جداناپذیر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق- مخابرات سیستم

سارا منوچهری خوشینانی

استاد راهنما

دکتر محمدرضا احمدزاده

۱۳۹۳

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی برق – مخابرات خانم سارامنوچهری خوشینانی

تحت عنوان

ترکیب تصاویر مرئی و مادون قرمز حرارتی با استفاده از تبدیل کانتورلت مبتنی بر موجک جداناپذیر

در تاریخ **۹۳/۲/۳** توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه — دکتر محمدرضا احمدزاده

۲- استاد داور پایان‌نامه — دکتر بهزاد نظری

۳- سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر سید محمد علی خسروی فرد

بر خود لازم می‌دانم که از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر احمدزاده کـه بـا راهنمایی‌های ارزشمند خود راهگشای اینجانب بوده‌اند سپاسگزاری کنم.

کلیه‌ی حقوق مادی مرتبط بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه ی درخت پربار وجودشان بیاسایم و از ریشه آن ها شاخ و برگ گیرم و در سایه ی وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم، چراکه این دو وجود پس از پروردگارم مایه ی هستی ام بوده اند، دستم را گرفتند و راه رفتن را به من آموختند.

حال این برگ سبزی است تحفه ی درویش تقدیم به آنان...

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱ روند ارائه مطالب ۶

فصل دوم: تبدیل چندرزولوشنی و ترکیب تصویر **۹**

۲-۱ مقدمه ۱۰

۲-۲ تبدیل هرمی ۱۰

۲-۳ تبدیل موجک ۱۳

۲-۴ تبدیل curvelet ۱۶

۲-۵ تبدیل کانتورلت ۱۷

۲-۶ چارچوب کلی ترکیب چندرزولوشنی ۱۸

۲-۶-۱ اندازه‌گیری سطح فعالیت ۱۹

۲-۶-۲ روش گروه‌بندی ضرایب ۲۰

۲-۶-۳ روش ترکیب ضرایب ۲۱

۲-۷ آنسوی عملکرد ترکیب: بررسی عملکرد ۲۱

۲-۷-۱ ارزیابی عینی با نیاز به تصویر مرجع ۲۲

۲-۷-۲ ارزیابی عینی بدون نیاز به تصویر مرجع ۲۴

فصل سوم: تبدیل کانتورلت **۳۰**

۳-۱ مقدمه ۳۱

۳-۲ تبدیل‌های موجود ۳۳

۳-۳ تبدیل کانتورلت ۳۵

۳-۴ بانک فیلتر جهت‌دار ۳۵

۳-۴-۱ نمونه‌برداری چندبعدی ۳۶

۳-۴-۲ بانک فیلتر پنجه‌ای ۳۹

۳-۴-۳ ساختاری ساده برای بانک فیلتر جهت‌دار ۴۰

۳-۴-۴ طراحی فیلتر ۴۴

۳-۴-۵ خواص تبدیل کانتورلت ۴۵

۳-۵ نتایج شبیه‌سازی ۴۸

۳-۵-۱ تخمین غیرخطی ۴۹

۳-۵-۲ نویز زدایی ۵۱

۳-۶ نتیجه‌گیری ۵۱

فصل چهارم: روش‌های پیشنهادی **۵۳**
۴-۱ موجک جدایی‌ناپذیر ۵۴
۴-۲ تبدیل کانتورلت مبتنی بر موجک جدایی‌ناپذیر ۵۷
۴-۳ الگوریتم ۵۸
۴-۴ روش پیشنهادی اول ۵۸
۴-۵ نتایج شبیه‌سازی ۵۹
۴-۶ روش پیشنهادی دوم ۶۷
۴-۶-۱ تجزیه غیرمنفی ماتریس ۶۸
۴-۷ نتایج شبیه‌سازی ۷۱
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات **۷۸**
۵-۱ نتیجه‌گیری ۸۰
۵-۲ موارد پیشنهادی ۸۰
مراجع ۸۲

چکیده

یکی از مشکلاتی که در سیستم‌های نظارتی و از جمله سیستم‌های نظامی با آن مواجه هستیم، کیفیت پایین تصویر مرئی است که به دلیل شرایط نامساعد تصویربرداری پدید می‌آید. این مشکل هنگامی که ملزم به استفاده از تصاویر حرارتی در شرایط نامساعد آب و هوایی و تصویربرداری در نورپردازی‌های ضعیف شب باشیم بیشتر خود را نشان می‌دهد. در واقع، اغلب یک سنسور به تنهایی نمی‌تواند نمایش کاملی از یک منظره را ایجاد کند. ادغام دو نوع تصویر مرئی و حرارتی گرفته‌شده از یک میدان دید یکسان به عنوان یک راه حل غلبه بر این مشکل تلقی می‌گردد که جهت بهبود کیفیت این تصاویر بکار می‌رود. تکنیکی که این امر را محقق می‌سازد به عنوان ترکیب تصویر شناخته می‌شود. در دو دهه‌ی اخیر روش‌های متنوعی جهت ارتقاء کیفیت فرایند ترکیب تصویر مطرح شده است که بعضاً کارایی خوبی هم دارند. اغلب این الگوریتم‌ها مبتنی بر تبدیل هستند. تبدیل کانتورلت در استخراج منحنی‌های تصویر که در نواحی بافت بیشتر مشهود هستند موفق عمل کرده است. در این تبدیل با استفاده از بانک فیلتر جهت‌دار، منحنی‌ها و ساختارهای بافت که به صورت کامل توسط تبدیل‌های دیگر همچون موجک قابل‌دسترسی نیستند، استخراج می‌گردند. مسئله‌ای که در این تبدیل با آن روبرو هستیم وجود افزونگی در آن است که باعث کاهش کارائی این تبدیل در ترکیب تصویر می‌گردد. به همین دلیل اخیراً یک نوع تبدیل کانتورلت مبتنی بر موجک ارائه شده است که به نوعی کانتورلت بدون افزونگی را فراهم می‌سازد؛ اما در تبدیل کانتورلت مبتنی بر موجک جدایی‌پذیر نیز نقایصی وجود دارد از جمله می‌توان به ایجاد مصنوعات در فرایند ترکیب تصویر اشاره نمود. در این پایان‌نامه سعی شده است با ارائه روش تبدیل کانتورلت مبتنی بر موجک جدایی‌ناپذیر تا حدی این نقایص مرتفع شود. در روش مذکور ابتدا از تصویر تبدیل موجک جدایی‌ناپذیر اخذشده و سپس تبدیل کانتورلت آن اخذ می‌گردد. این روش با دارا بودن نتایج ارزیابی بهتر کارائی قابل قبولی در ترکیب تصویر به دست می‌دهد. در واقع روش ارائه‌شده نه تنها مسئله افزونگی در تبدیل کانتورلت را ندارد بلکه اختلالات و مصنوعات ایجادشده در ترکیب تصویر توسط تبدیل کانتورلت مبتنی بر موجک را تا حد زیادی کاهش می‌دهد.

کلمات کلیدی: ترکیب تصویر، روش چند رزولوشنی، موجک جدایی‌پذیر، موجک جدایی‌ناپذیر، کانتورلت، ارزیابی عملکرد

فصل اول
مقدمه

با پیشرفت‌های سریع اخیر در حوزه‌ی فناوری سنجش، می‌توان گفت که حضور سیستم‌های تک – سنسوری و چند- سنسوری در شمار حوزه‌های رو به رشدی همچون، سنجش از راه دور، تصویربرداری پزشکی، بینایی ماشین و کاربردهای نظامی به عنوان یک حقیقت انکارناپذیر می‌باشند [۱]. بکار گیری این فناوری‌ها موجب افزایش زیاد حجم داده‌های تصویر و ویدئو شده است. با افزایش حجم داده‌ها، نیاز به ترکیب داده‌های جمع‌آوری شده از منابع مختلف به منظور استخراج اطلاعات مفیدتر نیز افزایش یافته است. روشی که این امر را محقق می‌سازد به عنوان ترکیب داده شناخته می‌شود. ترکیب تصویر[۱] یک شاخه از ترکیب داده هست که نوع داده‌ها جهت ترکیب در آن به قالب تصویر خواهند بود [۱].

ترکیب تصویر، فرایند پردازش و ترکیب اطلاعات موجود در دو یا چند تصویر گرفته‌شده از یک صحنه است. خروجی این فرایند، یک تصویر واحد است که حاوی اطلاعات بسیار مفید و مناسبی برای ادراک دیداری می‌باشد. یک ترکیب تصویر موفق، بدون اینکه اطلاعات مرتبط و مناسب را کاهش دهد به طور قابل‌توجهی مقدار داده‌ها را به منظور مشاهده یا پردازش کاهش می‌دهد. در واقع، می‌توان گفت که هدف از بکار گیری ترکیب تصویر، افزایش پوشش زمانی و مکانی،کاهش عدم قطعیت، کمینه نمودن افزونگی‌ها در خروجی و بیشینه نمودن اطلاعات مرتبط مختص به یک کاربرد و فعالیت خاص می‌باشد [۲].

---

[۱] Image Fusion

یکی از مشکلاتی که در سیستم‌های نظارتی و از جمله سیستم‌های نظامی با آن مواجه هستیم، کیفیت پایین تصویر می‌باشد که به دلیل شرایط نامساعد تصویربرداری پدید می‌آید. این مشکل وقتی بیشتر خود را نشان می‌دهد که مجبور باشیم از تصاویر حرارتی در شرایط نامساعد آب و هوایی و تصویربرداری در نورپردازی ضعیف شب استفاده کنیم. در چنین شرایطی اغلب یک سنسور به تنهایی نمی‌تواند نمایش کاملی از یک منظره را ایجاد نماید. ترکیب دو نوع تصویر مرئی و حرارتی گرفته‌شده از یک میدان دید یکسان به عنوان یک راه حل غلبه بر این مشکل تلقی می‌گردد که جهت بهبود کیفیت این تصاویر بکار می‌رود. می‌توان گفت منابع اطلاعاتی طیف مرئی و مادون‌قرمز حرارتی به شکل ذاتی مکمل یکدیگر می‌باشند. تصاویر آن‌ها عمدتاً به ترتیب از طریق بازتاب و تابش (انتشار) پرتوها تولید می‌شوند و هر یک خواص منحصربه‌فرد خود را دارا می‌باشند. به عنوان مثال، تصاویر مرئی جزئیات مکانی و طیفی مناسبی را فراهم می‌آورند اما اگر هدف مورد نظر، مشخصات مکانی و رنگی یکسانی با پس-زمینه خود داشته باشد تصویر مرئی قادر نخواهد بود هدف را از پس‌زمینه، قابل‌تشخیص و یا تفکیک نماید. از سویی دیگر، در تصاویر حرارتی یک هدف گرم‌تر یا سردتر از پس‌زمینه، حتی اگر جزئیات مکانی و رنگی مشابهی با پس-زمینه داشته باشد، به راحتی قابل‌تشخیص خواهد شد. در واقع، در این تصاویر حتی با شرایط نامساعد و مختلف تصویربرداری، اشیاء از فواصل دور و حتی در هنگام شب قابل‌شناسایی هستند. از این رو انتظار می‌رود اگر تصاویر مرئی که در آن‌ها جزئیات بیشتری از تصویر قابل رویت می‌باشد، با تصاویر حرارتی مادون‌قرمز ترکیب شوند، با توجه به اینکه هر یک از تصاویر مرئی و حرارتی دارای بخشی از اطلاعات بوده و به بخشی از اطلاعات اشیاء موجود در تصویر حاصل دسترسی دارند ادغام این دو، جزئیات موجود در تصویر حاصل را بهبود بخشد. از این رو، ترکیب این دو به نحوی که مزایای هر دو نوع تصویربرداری را به همراه داشته باشد مطلوب خواهد بود.

روش‌های متعددی به منظور اجرای فرایند ترکیب تصویر ارائه شده است که می‌توان آن‌ها را بر اساس سطح پردازش تصاویر دسته‌بندی نمود [۳]. سه سطح اصلی در انجام ترکیب تصویر شامل: سطح پیکسل[۱]، سطح ویژگی[۲] و سطح تصمیم[۳] می‌باشند.

تفاوت اصلی بین سطوح به میزان پردازشی که پیش از ترکیب روی تصاویر صورت می‌گیرد و نیز به قالب ترکیب اطلاعات و نوع تکنیک‌های ترکیب اعمالی وابسته می‌باشد [۴]. تصاویر گرفته‌شده از یک صحنه می‌توانند به شکل مستقیم (ترکیب در سطح پیکسل) ترکیب شوند که در این روش اطلاعات موجود در تصاویر ورودی در یک سیگنال تنها نمایش داده می‌شوند. متناوباً، تصاویر ورودی می‌توانند از طریق استخراج اطلاعات دربردارنده

---

[۱] Pixel Level

[۲] Feature Level

[۳] Decision Level

ویژگی‌های اساسی موجود در آن‌ها (مانند آشکارسازی لبه و بخش‌بندی) پردازش شوند. از سوی دیگر، تصاویر می‌توانند با استفاده از تکنیک‌های ترکیب در سطح تصمیم و با یک ارزیابی نهایی از صحنه مشاهده‌شده ترکیب شوند.

ترکیب تصویر در سطح پیکسل به مفهوم ترکیب در پایین‌ترین سطح پردازش بوده و به ترکیب پارامترهای فیزیکی تصاویر منبع اشاره دارد[۵]. در میان سه سطح ترکیب، ترکیب در سطح پیکسل بسیار رشد یافته بوده و در مقالات امروزی دربردارنده‌ی بیشترین الگوریتم‌های ترکیب تصویر می‌باشد. برای اجرای ترکیب در این سطح همه‌ی تصاویر ورودی باید از نظر مکانی به دقت منطبق[۱] گردند به طوری که همه‌ی پیکسل‌های تصاویر ورودی باید متناظر با همان مکان در جهان واقعی باشند. ترکیب در سطح پیکسل شامل الگوریتم‌های حوزه‌ی مکان و الگوریتم‌های حوزه‌ی تبدیل می‌باشد [۶]. از قوانین ترکیب در حوزه‌ی مکان در این سطح ترکیب می‌توان به تکنیک‌های میانگین ساده[۲]، تحلیل اجزاء اصلی[۳] (PCA) و الگوریتم‌های حوزه‌ی تبدیل شامل روش‌های ترکیب هرمی[۴] (PT)، تبدیل‌های موجک[۵] (WT) و کانتورلت و غیره اشاره نمود.

روش‌های ترکیب در سطح ویژگی نوع دیگری از پردازش‌های موجود در این زمینه است. ترکیب در سطح ویژگی نیازمند استخراج ویژگی‌های اشیاء از تصاویر ورودی می‌باشد. این ویژگی‌ها می‌توانند بر اساس ویژگی‌هایی همچون اندازه، شکل، کنتراست و بافت تعیین شوند[۵]. سپس، ویژگی‌های به دست آمده از طریق یک فرایند انتخاب از پیش تعیین‌شده، با ویژگی‌های مشابه موجود در دیگر تصاویر ورودی ترکیب می‌شوند. از آنجا که یکی از اهداف اساسی ترکیب، حفظ ویژگی‌های تصویر می‌باشد، روش‌های سطح ویژگی اصولاً از نظر عینی قابلیت دستیابی بهتری نسبت به تکنیک‌های مبتنی بر پیکسل دارند. الگوریتم‌های متداولی که تصاویر را در سطح ویژگی ترکیب می‌کنند شامل روش‌های آشکارسازی لبه و شبکه‌های عصبی مصنوعی[۶] (ANN) می‌باشند.

ترکیب در سطح تصمیم، بالاترین سطح پردازش را فراهم می‌آورد. در واقع ترکیب در سطح تصمیم، ویژگی‌های تصاویر را اتخاذ نموده و پس از شناسایی اشیاء استخراج‌شده، با اتخاذ یک میزان کیفیت برای ویژگی‌های اتخاذشده صورت می‌گیرد. سپس با اعمال قوانین تصمیم‌گیری برای بهبود درک و تفسیر و هم‌چنین رفع تفاوت‌های موجود در اشیاء مشاهده‌شده، اطلاعات به دست آمده ترکیب می‌شوند؛ اما از آنجا که روش‌های ترکیب در سطح تصمیم بر پایه‌ی شناسایی اشیاء صورت می‌گیرند، اگر یک شی به وسیله‌ی همه سنسورها (از طریق تصاویر

---

[۱] Registration

[۲] Simple Averaging

[۳] Principal Component Analysis

[۴] Pyramid Transform

[۵] Wavelet Transforms

[۶] Artificial Neural Networks

ورودی) شناسایی نشده باشد تصویر خروجی از همه‌ی مزایای ترکیب تصویر استفاده نخواهد نمود. از طرفی با خطای احتمالی، ترکیب در این سطح در مقایسه با دیگر سطوح ترکیب منبعی دیگر از اشیاء را ایجاد خواهد نمود؛ یعنی اگر یک خطا در شناسایی اشیاء صورت گیرد این خطا به تصویر خروجی منتقل می‌شود. از الگوریتم‌های متداول بر مبنای این سطح ترکیب، می‌توان به شبکه‌های بیزین[۱] و منطق فازی[۲] اشاره نمود. البته باید توجه داشت که در الگوریتم‌های ترکیب در دو سطح ویژگی و تصمیم می‌توانند از موانعی چون حساسیت بالا نسبت به نویز، اثرات مات شدگی و ثبت نامناسب که در ترکیب در سطح پیکسل رخ می‌دهد جلوگیری نمود [۷].

در واقع انتخاب سطح ترکیب مناسب، به بسیاری از عامل‌های متفاوت مانند منابع داده‌ها، کاربردها و وسایل موجود بستگی دارد. به طور معمول، به نظر می‌رسد که در بسیاری از کاربردهای ترکیب تصویر از روش‌های مبتنی بر پیکسل استفاده می‌شود. مزیت این روش‌ها در استفاده از محتوای اصلی اطلاعات موجود می‌باشد [۵]. علاوه بر این، این الگوریتم‌ها از نظر پیاده‌سازی نسبتاً آسان بوده و بازده زمانی بهتری دارند [۵].

در برخی مراجع [۸] روش‌های ترکیب را به دو گروه روش‌های ترکیب مبتنی بر تجزیه‌ی چند مقیاسی[۳] و روش‌های مبتنی بر تجزیه‌ی غیر چند مقیاسی[۴] تقسیم می‌کنند. در سال‌های اخیر، بسیاری از محققان تصدیق نمودند که تبدیل‌های چند مقیاسی[۵] (MST) می‌توانند جهت اهداف ترکیب و به منظور تحلیل محتوای اطلاعاتی تصاویر، بسیار مفید واقع شوند. نمایش چند مقیاسی سیگنال اولین بار توسط Rosenfeld [۹] و چند تن دیگر از همکارانش مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. محققانی همچون Burt و Adelson [۱۰] نیز نشان دادند که اطلاعات چند مقیاسی می‌توانند در شماری از کاربردهای پردازش تصویر مفید واقع شوند.

اخیراً، تبدیل موجک به منظور بهبود بیشتر در یک دسته از نمایش‌های چند مقیاسی به‌کاربرده می‌شود. تبدیل موجک شاخه‌ای از علم ریاضی می‌باشد که در اواخر دهه ۱۹۸۰ ابداع شد. این شاخه از علم نه تنها در علم ریاضی بلکه در پردازش تصویر نیز کاربرد وسیعی پیداکرده و مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. در سال ۱۹۸۷، Mallat کاربرد موجک در تحلیل‌های چند رزولوشنی[۶] (MRA) تصاویر را به صورت ابتدایی مطرح نمود. تجزیه یک تصویر به کمک موجک این امکان را به ما می‌دهد تا به بررسی تصویر در حوزه‌ی مکان – فرکانس بپردازیم. تبدیل موجک، تصویر را به صورت ضرایبی در حوزه‌ی مکان ارائه می‌کند که می‌توان بر روی تعلق این ضرایب به

---

[۱] Bayesian Networks

[۲] Fuzzy Logic

[۴] Multiscale Decomposition

[۴] Nonmultiscale-Decomposition

[۵] Multiscale Transforms

[۶] Multiresolution Analysis

پهنه‌ی فرکانسی بالا یا پایین قضاوت صحیحی داشت. با روش‌های پیاده‌سازی که برای تبدیل موجک ارائه شده است پیاده‌سازی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری آن ساده و سریع می‌باشد.

ایده‌ی اولیه در نمایش چند رزولوشنی تصویر[۱] (MRI) استفاده از بانک‌های فیلتر یک بعدی به صورت جداگانه و در راستای عمودی و افقی روی تصویر بوده است. به این تبدیل‌ها که مشهورترین آن‌ها موجک است، تبدیل‌های جدا پذیر گفته می‌شود. برخلاف تبدیل موجک، اخیراً تبدیل‌هائی ارائه‌شده‌اند که بر مبنای فیلترهای جدانشدنی و ماتریس‌های نمونه‌برداری دو بعدی عمل می‌کنند. این تبدیل‌ها برخلاف تبدیل موجک این امکان را فراهم می‌آورند تا ویژگی‌های جهت‌دار تصویر در زیر باندهای بیشتری تقسیم شوند. تبدیل موجک، ضرایب مربوط به گستره‌ی وسیعی از تغییرات تصویر را در یک زیر باند محدود می‌کند. با کمک تبدیل‌های جدید ویژگی‌های جهت‌دار تصویر در زیر باندهای جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

برای انتخاب تبدیل‌های جدید می‌توان خصوصیاتی را بیان نمود که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به کارایی در تخمین غیرخطی[۲] (NLA) اشاره نمود. به این منظور تبدیل جدید باید دارای خواص جهت‌دار بودن، دقت چندگانه و توانایی بازسازی کامل تصویر باشد. خصوصیت دیگر تبدیل، عدم ایجاد اختلالات حلقوی[۳] در تصویر بازسازی‌شده پس از NLA است. پیچیدگی محاسباتی عامل دیگری است که در حین طراحی تبدیل جدید در نظر گرفته می‌شود. به طور معمول تبدیل‌هایی که به صورت یکپارچه روی تصویر اعمال می‌شوند پیچیدگی کمتری در مقایسه با تبدیل-های وفقی دارند. در نهایت می‌توان به افزونگی تبدیل اشاره نمود که در کاربردهایی همچون ترکیب تصویر چندان مطلوب نمی‌باشند.

از تبدیل‌های رایج در سال‌های اخیر می‌توان به Curvelet [۱۱]، Bandelet [۱۲]، کانتورلت [۱۳] و روش کانتورلت مبتنی بر موجک (WBCT)[۴] [۱۴] اشاره نمود.

۱-۱ روند ارائه مطالب

در فصل دوم به بررسی برخی تبدیل‌های چند رزولوشنی از جمله تبدیل موجک که اخیراً مورد توجه قرارگرفته‌اند خواهیم پرداخت و در ادامه به بیان قوانین ترکیب و معیارهای ارزیابی عملکرد الگوریتم ترکیب تصویر می‌پردازیم.

---

[۱] Multiresolution ImageRepresentation

[۲] Non-linear Approximation

[۳] Ringing Artifacts

[۴] Wavelet-Based Contourlet Transform

فصل سوم به معرفی تبدیل کانتورلت اختصاص یافته است. در این فصل، نتایج شبیه‌سازی‌های صورت گرفته را ارائه خواهیم داد. استفاده از تبدیل جهت‌دار برای استخراج ویژگی‌های تصویر در عملیات امری ضروری خواهد بود. در پیاده‌سازی‌های صورت گرفته جهت شبیه‌سازی این تبدیل در بخش MRI از هرم لاپلاسین استفاده می‌کنیم و برای تجزیه در جهت‌های مختلف از فیلترهای جهت‌دار بهره می‌گیریم.

بانک فیلتر جهت‌دار[۱] (DFB) از مسائلی است که بسیار مورد توجه می‌باشد. ماتریس‌های نمونه‌برداری و فیلترهای جدانشدنی از اجزاء بانک فیلتر جهت‌دار هستند که به طور مفصل بررسی می‌شوند. نتایج ارائه‌شده برای تبدیل کانتورلت در کاربردهای پردازش تصویر و نویززدایی نشان از برتری این تبدیل نسبت به تبدیل موجک دارد؛ اما وجود افزونگی در این تبدیل را می‌توان به عنوان یک نقطه‌ضعف مطرح کرد.

در فصل چهارم ابتدا تبدیل موجک جدایی‌ناپذیر را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در واقع می‌توان گفت که این تبدیل با استفاده از فیلترهای موجک جدایی‌ناپذیر، امکان پردازش چندبعدی کامل را که در آن تصاویر به جای سطر و ستون‌ها به عنوان یک ناحیه در نظر گرفته می‌شوند را فراهم می‌نماید. از سوی دیگر وجود فیلترهای جدایی‌ناپذیر در آن می‌توانند بر خلاف فیلترهای جدایی‌پذیر که دارای یک برش عمودی و افقی می‌باشند یک برش در یک زاویه داشته باشند. از این رو، نتایج ادراکی بهتری را می‌توان با کوانیزاسیون حداقل اجزای باارزش برای سیستم بینایی انسان به دست آورد [۱۵]. صرف‌نظر از اینکه موجک‌های جدایی‌ناپذیر، پیچیدگی محاسباتی بالاتری را متحمل می‌شوند، اما آن‌ها در آنالیز چند رزولوشنی بسیار انعطاف‌پذیر بوده و دارای درجه‌ی آزادی بیشتری در طراحی هستند، تطبیق‌پذیری بهتری با سیستم بینایی انسان داشته و نتیجتاً عملکرد بهتری را به همراه خواهند داشت [۱۵].

با توجه به گفته‌های بالا، در ادامه فصل چهارم و باهدف بهبود روش‌های موجود در ترکیب تصویر روش پیشنهادی را بررسی می‌کنیم. در روش پیشنهادی اول به منظور فراهم نمودن یک تجزیه چند مقیاسی شایسته که وظیفه‌ی فراهم نمودن زیر باندهای فرکانسی مورد نیاز در تبدیل کانتورلت را بر عهده دارد از تبدیل موجک جدایی‌ناپذیر بهره خواهیم برد. در روش پیشنهادی بهبود چشمگیری در نتایج از نظر بعد بصری و ارزیابی‌های عینی حاصل شده است. روش پیشنهادی دوم بر مبنای استفاده از عمل پیش‌پردازش تصاویر ورودی خواهد بود. تصاویر ورودی ابتدا بهبود داده‌شده و سپس تبدیل کانتورلت روی آن‌ها اعمال می‌گردد. در ادامه زیر باندهای فرکانس بالا و پایین توسط قوانین ترکیب که ارائه خواهند شد ترکیب می‌شود. در انتها تصویر نهایی با اعمال عکس تبدیل حاصل می‌گردد. نتایج حاصل از این روش پیشنهادی در مقایسه با ترکیب مستقیم مبتنی بر کانتورلت بسیار نزدیک‌تر به صحنه طبیعی بوده و نتایج ترکیب از نظر ادراک بشری مناسب‌تر می‌باشند؛ به عبارت دیگر، نتایج ترکیب همچنان در

---

[۱] Directional Filter Bank

باند دیداری ارائه گردیده و ویژگی‌های پوشیده شده در تصاویر مرئی در تصاویر نهایی برجسته شده‌اند. روش ارائه‌شده اختلالات و مصنوعات ایجادشده در تبدیل کانتورلت مبتنی بر موجک را تا حد زیادی کاهش می‌دهد.

فصل دوم
تبدیل چند رزولوشنی و ترکیب تصویر

اگرچه تبدیل فوریه، از اواخر دهه ۱۹۵۰ تا به امروز تکیه‌گاه اصلی پردازش تصویر مبتنی بر تبدیل بوده است، تبدیلات چند رزولوشنی اخیر همچون موجک، حتی کار را برای فشرده‌سازی، ارسال و تحلیل‌های بسیاری از تصاویر آسان‌تر ساخته است. برخلاف تبدیل فوریه که توابع پایه‌اش سینوسی هستند، تبدیل موجک مبتنی بر موجک‌های کوچکی با فرکانس متغیر و طول زمانی محدود می‌باشند. این امر به آن‌ها این امکان را می‌دهد که معادل یک درجه‌بندی موسیقیایی را برای یک تصویر فراهم سازند؛ که نه تنها آشکار می‌سازد چه نتهایی (فرکانس هایی) نواخته شوند، بلکه مشخص می‌کنند چه موقع باید آن‌ها را بنوازیم. از سوی دیگر تبدیل فوریه، تنها نت‌ها یا اطلاعات فرکانسی را ارائه می‌دهند؛ اطلاعات زمانی در فرایند تبدیل از دست می‌روند [۱۶].

برای اولین بار در سال ۱۹۸۷ نشان داده شد که موجک‌ها، اساس راهکار جدید قدرتمندی به سوی پردازش سیگنال و تحلیل موسوم به نظریه‌ی چند رزولوشنی [۱۷] می‌باشند. نظریه چند رزولوشنی، تکنیک‌هایی را از گستره‌ای از رشته‌ها، شامل کدگذاری زیر باند از پردازش سیگنال، فیلترگذاری آینه‌ای تربیعی[1] از بازشناسی دیجیتال گفتار و تصویر و پردازش تصویر هرمی، در خود گنجانده و یکپارچه می‌سازد. همچنان که از نام آن پیداست، نظریه چند رزولوشنی با نمایش و تحلیل سیگنال‌ها (تصاویر) در بیش از یک رزولوشن بخصوص سروکار دارد. جاذبه‌ی چنین راهکاری آشکار است، ویژگی‌هایی که ممکن است در یک رزولوشن بخصوص تشخیص داده نشوند، شاید در یک رزولوشن دیگر به آسانی آشکار و تشخیص داده شوند. اگرچه علاقه جامعه تصویربرداری در

[1] Quadrature Mirror Filtering