دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

ارائه روش‌های ته‌نقش‌نگاری مقاوم وتطبیقی و تسریع اجرای تبدیل‌کانتورلت

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- معماری کامپیوتر

شکوفه عزیزی

استاد راهنما

دکتر شادرخ سماوی

۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

ارائه روش‌های ته‌نقش‌نگاری مقاوم وتطبیقی و تسریع اجرای تبدیل‌کانتورلت

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- معماری کامپیوتر

شکوفه عزیزی

استاد راهنما

دکتر شادرخ سماوی

۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر– معماری کامپیوتر خانم شکوفه عزیزی

تحت عنوان

ارائه روش‌های ته‌نقش‌نگاری مقاوم و تطبیقی و تسریع اجرای تبدیل کانتورلت

در تاریخ ۹۲/۶/۲۵ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر شادرخ سماوی
۲- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر نادر کریمی
۳- استاد داور	دکتر محمدرضا احمدزاده
۴- استاد داور	دکتر مسعود عمومی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر مسعود عمومی

قدردان زحمات استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر سماوی هستم که همواره مرا راهنمایی کردند و راهی به سوی پیشرفت به رویم گشودند.

از جناب آقای دکتر نادر کریمی سپاس گزارم که با راهنمایی های ارزشمندشان پیمودن مسیر را برایم ساده تر کردند.

از جناب آقای مهندس مجید مهره کش سپاس گزارم که کمک ها و تجربیات ارزشمندشان همواره راهگشای من بود.

از خانواده ام، بخاطر حمایت های بی دریغشان در طول تمام سال های زندگی ام متشکرم،

و در پایان از تمامی دوستانم در آزمایشگاه سخت افزار بخاطر محبت ها و زحماتشان سپاسگزاری می کنم.

با آرزوی توفیق روز افزون برای تمام این عزیزان

شکوفه عزیزی

شهریور ۹۲

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه (رساله) متعلق به **دانشگاه صنعتی اصفهان** است.

تقدیم به:

مادر عزیزم،

دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر.

و تقدیم به فرشتگانی که لحظات ناب باور بودن، لذّت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست، تقدیم به خانواده عزیزم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه ۲

۱-۱ اهمیت تسریع ته‌نقش‌نگاری ۳

۱-۲ شرح مسئله و روش حل ۴

۱-۳ روند ارائه مطالب ۵

فصل دوم: بررسی روش های ته‌نقش‌نگاری از دیدگاه توازی

۲-۱ مفاهیم و کاربردهای ته‌نقش‌نگاری ۸

۲-۱-۱ معرفی ته‌نقش‌نگاری ۸

۲-۱-۲ ویژگی‌ها و کاربردهای ته نقش نگاری ۱۰

۲-۲ ته نقش نگاری در حوزه مکان ۱۴

۲-۳ ته نقش نگاری در حوزه تبدیل ۱۵

۲-۳-۱ روش های مبتنی بر تبدیل کسینوسی گسسته ۱۵

۲-۳-۲ روش های مبتنی بر تبدیل فوریه گسسته ۱۷

۲-۳-۳ روش های مبتنی بر تبدیل موجک ۱۸

۲-۳-۴ روش های مبتنی بر تبدیل کانتورلت ۲۱

۲-۳-۵ روش‌های ترکیبی ۲۳

۲-۴ استفاده از روشهای تطبیقی در ته‌نقش‌نگاری ۲۴

۲-۵ توازی و تسریع در روش‌های ته‌نقش‌نگاری ۲۶

۲-۵-۱ روش های ارائه شده برای تسریع ته‌نقش‌نگاری ۲۷

۲-۵-۲ بررسی روش های ته‌نقش‌نگاری از دیدگاه توازی ۲۸

۲-۶ بررسی معماری واحد پردازش گرافیکی ۳۴

۲-۷ مدل برنامه نویسی CUDA ۳۶

۲-۷-۱ ساختار برنامه ۳۷

۲-۷-۲ سازماندهی و تخصیص منابع به نخ‌ها ۳۸

۲-۷-۳ حافظه و انتقال اطلاعات ۴۱

۲-۷-۴ همگام سازی ۴۵

۲-۸ جمع بندی ۴۶

فصل سوم: روش‌های پیشنهادی برای ته‌نقش‌نگاری مقاوم و تطبیقی

۳-۱ چارچوب پیشنهادی برای ته‌نقش‌نگاری تطبیقی ۵۱

۳-۱-۱ ارزیابی پیچیدگی ۵۳

۳-۱-۲ تطابق بین تصاویر ۵۳

۳-۱-۳ تطابق درون تصویری ۵۴
۳-۲ روش پیشنهادی اول ۵۸
۳-۲-۱ پنهان سازی ته‌نقش ۵۸
۳-۲-۲ استخراج ته‌نقش ۶۲
۳-۳ روش پیشنهادی دوم ۶۳
۳-۳-۱ پنهان‌سازی ته‌نقش ۶۶
۳-۳-۲ استخراج ته‌نقش ۶۹
۳-۴ روش پیشنهادی سوم ۶۹
۳-۴-۱ پنهان‌سازی ته‌نقش ۶۹
۳-۴-۲ استخراج ته‌نقش ۷۲
۳-۵ نتایج شبیه‌سازی ۷۳
۳-۵-۱ نتایج شبیه‌سازی روش پیشنهادی اول ۷۵
۳-۵-۲ نتایج شبیه‌سازی روش پیشنهادی دوم ۷۷
۳-۵-۳ نتایج شبیه سازی روش پیشنهادی سوم ۷۹
۳-۶ مقایسه روش‌های پیشنهادی با یکدیگر ۸۱
۳-۶-۱ کیفیت بصری ۸۱
۳-۶-۲ مقاومت ۸۵
۳-۶-۳ ظرفیت ۹۱
۳-۷ مقایسه روش‌های پیشنهادی با روش‌های مشابه ۹۱
۳-۷-۱ کیفیت بصری ۹۲
۳-۷-۲ مقاومت ۹۲
۳-۸ جمع بندی ۹۴
فصل چهارم: روش پیشنهادی تسریع ته‌نقش‌نگاری
۴-۱ تسریع روش پیشنهادی ۹۶
۴-۲ تسریع تبدیل کانتورلت ۹۸
۴-۲-۱ هرم لاپلاسی ۹۹
۴-۲-۲ بانک فیلتر جهت‌دار ۹۹
۴-۲-۳ پتانسیل تبدیل کانتورلت برای موازی سازی ۱۰۰
۴-۲-۴ پیاده سازی موازی تبدیل کانتورلت با استفاده از واحد پردازش گرافیکی ۱۰۴
۴-۳ نتایج شبیه سازی تسریع تبدیل کانتورلت ۱۱۰
۴-۳-۱ نتایج شبیه سازی برای قسمت هرم لاپلاسی ۱۱۱
۴-۳-۲ نتایج شبیه سازی برای قسمت فیلتر بانک جهت‌دار ۱۱۳
۴-۳-۳ نتایج تسریع کانتورلت ۱۱۴
۴-۴ جمع بندی ۱۱۶
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۵-۱ تحقیقات انجام شده ۱۱۸

۵-۲ پیشنهادات ۱۲۰
فهرست واژگان و اختصارات ۱۲۲
مراجع ۱۲۶

چکیده

با توجه به گسترش روزافزون استفاده از شبکه‌های اینترنتی و امکان تبادل آسان محتواهای دیجیتال، امکان سوءاستفاده از آثار دیجیتال و انتشار غیرقانونی آن‌ها بیش از پیش فراهم شده است که همین مسئله نگرانی‌هایی را برای صاحبان محتواهای دیجیتال به وجود آورده است. در سال‌های اخیر به منظور غلبه بر این مشکل روش‌های ته‌نقش‌نگاری برای حفظ حق مالکیت معنوی آثار دیجیتال ازجمله تصاویر، در حوزه‌های مکان و تبدیل ارائه شده‌اند. در این میان روش‌های حوزه تبدیل با توجه به مقاومت بیشتر در برابر حمله‌های احتمالی بیش‌تر مورد توجه واقع شده اند. در عین حال، دست‌یابی توأم به مقاومت و کیفیت بصری به عنوان دو ویژگی متضاد و بسیار مهم، مورد استفاده قرار گرفته است که عمدتاً نیازمند پیچیدگی محاسباتی بالائی است و باعث عدم امکان اجراء در کاربردهای بلادرنگ است. به همین دلیل بهبود کارایی تکنیک‌های ته‌نقش‌نگاری از نظر زمان اجراء و پیچیدگی محاسباتی یا تسریع آن‌ها، به چالشی در این زمینه تبدیل شده است. در این پایان‌نامه پس از معرفی مفاهیم وکاربردهای ته‌نقش‌نگاری، تکنیک‌های حوزهٔ مکان و تبدیل از دیدگاه ویژگی‌های ته‌نقش‌نگاری و قابلیت توازی بررسی و دسته‌بندی شده‌اند. پس از آن چارچوبی برای تعیین تطبیقی ضریب مقاومت ارائه شده و بر این مبنا سه روش ته‌نقش‌نگاری مقاوم ارائه گردیده است. کلیه روش‌های ارائه شده کور بوده و به پنهان‌سازی نمادهای باینری به عنوان ته‌نقش در تصویرمی‌پردازند و قادرند با تعیین مناسب ضریب مقاومت، علاوه بر حفظ کیفیت بصری، مقاومت در برابر انواع حملات را نیز افزایش دهند. نتایج شبیه‌سازی‌ها روی تصاویر ته‌نقش‌نگاری‌شده نشان‌دهندهٔ مقاومت مناسب روش‌های پیشنهادی در برابر حملات متداول پردازش تصویر همراه با حفظ کیفیت بصری در آنهاست. با دیدگاهی متفاوت، از واحد پردازش گرافیکی به علّت ویژگی‌های مناسب این ابزار از جمله هزینهٔ مناسب، توان پردازشی بالا و دسترسی راحت، برای ایجاد توازی در روش‌های ته‌نقش‌نگاری و تسریع آن‌ها استفاده خواهد شد. به منظور تسریع روش‌های ته‌نقش‌نگاری، با حذف جزییات موجود در الگوریتم‌ها، قسمت‌هایی که قابلیت موازی‌سازی دارند استخراج شده و عملیات ایجاد توازی و تسریع روی آن‌ها صورت می‌پذیرد. تبدیل کانتورلت به عنوان یک تبدیل با بار محاسباتی بالا و پرکاربرد در ته‌نقش‌نگاری جهت هدف تسریع انتخاب شده است. نتایج تسریع نشان دهندهٔ این موضوع است که اجرای موازی با استفاده از واحد پردازش گرافیکی ما را قادر خواهد ساخت تا به تسریع در حدود ۲۰ برابرو برای تصاویر ۵۱۲×۵۱۲ به زمان اجرای حدوداً ۴۰ میلی‌ثانیه دست یابیم که برای تأمین نیازمندیهای بلادرنگ مناسب است.

کلمات کلیدی: ۱- ته‌نقش ۲- ته‌نقش‌نگاری تطبیقی ۳-مقاومت ۴-شفافیت ۵-واحد پردازش گرافیکی ۶-توازی

فصل اول
مقدمه

با رشد فناوری‌های دیجیتال در دهه‌های گذشته و استفاده روز افزون از محتوا های چندرسانه‌ای در اینترنت و مخابرات ماهواره‌ای، بهره‌گیری از این آثار بدون رعایت حق چاپ و نشر داده‌های دیجیتال ابعاد تازه‌تری یافته است. به همین سبب روش‌های قدیمی رمزنگاری برای جلوگیری از استفاده غیر مجاز کارایی گذشته خود را از دست داده و ته‌نقش‌نگاری[1] به عنوان راه حلی برای غلبه بر این مشکلات مطرح شد. از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های یک سیستمِ ته‌نقش‌نگاری شفافیت[2]، مقاومت[3] و ظرفیت[4] آن است. در واقع ته‌نقشِ[5] وارد شده در دادهٔ اصلی، علاوه بر مقاومت در برابر حمله‌های مختلف باید کیفیت بصری یا شفافیت تصویر را نیز حفظ نماید و الگوریتم مورد نظر بتواند با حفظِ این دو ویژگی به میزان قابل قبولی اطلاعات در داده اصلی پنهان نماید و ظرفیت مناسبی داشته باشد. با توجه به تعارض این ویژگی‌ها، بسیاری از روش‌های موجود تلاش کرده‌اند تا الگوریتم‌هایی برای ته‌نقش‌نگاریِ مقاوم تصاویر، با حفظ کیفیت بصری آن‌ها ارائه نمایند. متأسفانه افزایش پیچیدگی محاسباتی در این روش‌ها موجب شده‌اند تا برای کاربردهای بلادرنگ مناسب نباشند. با توجه به اهمیت ته‌نقش‌نگاری برای حفاظت از حق نشر، تسریع فرآیند ته‌نقش‌نگاری از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود و به عنوان یک چالش مطرح است.

---

[1] Watermarking
[2] Imperceptibility, Transparency or Fidelity
[3] Robustness
[4] Capacity or Data payload
[5] Watermark

۱-۱ اهمیت تسریع ته‌نقش‌نگاری

اینترنت با معرفی مرورگرهای وب به محصولی مطابق با نیاز کاربران تبدیل شد و به سرعت آشکار شد که کاربران علاقه مندند تا تصاویر، موسیقی و ویدئو را دانلود کنند و یا به اشتراک بگذارند و بدین ترتیب اینترنت به یک سیستم توزیع عالی برای رسانه‌های دیجیتال تبدیل شد. در سال‌های اخیر، با رشد فناوری‌های دیجیتال و استفاده روز افزون از محتواهای چندرسانه‌ای در اینترنت و همچنین مخابراتِ ماهواره‌ای، بهره‌گیری از این آثار بدون رعایتِ حقِ چاپ و نشرداده‌های دیجیتال، ابعاد تازه‌ای یافته است. این موضوع درحالی بود که صاحبان محتواهای دیجیتال با خطر سرقتِ هنری مواجه شدند و این ریسک با تکثیر زیاد ادوات ضبط دیجیتال تشدید شد. با توجه به رشدِ چشمگیر شبکه‌های کامپیوتری در چند سال گذشته این فضای مجازی نیازمند روش‌هایی برای حمایت از حقوقِ کاربران و صاحبان محتواهای دیجیتال است و استفاده از ته‌نقش‌نگاری به منظور حفاظت از حق مالکیت معنوی مورد توجه بسیاری از افراد و شرکت‌ها قرار گرفته است [۱].

در دو دهۀ گذشته، روش‌های متعددی برای ته‌نقش‌نگاری در حوزۀ مکان و حوزۀ تبدیل ارائه شده است. این روش‌ها به طور عمده تصویر را به حوزه فرکانس منتقل کرده و اطلاعات را در ضرایب تبدیلِ تصاویر پنهان می‌نمایند و به این ترتیب مقاومت روش در مقابلِ حمله‌های احتمالی افزایش خواهد یافت [۲]. بیشتر روش‌های ته‌نقش‌نگاری سعی دارند تا با استفاده از تبدیلِ تصویر و مدل سیستم بینایی انسان[1]، کارایی ته‌نقش‌نگاری را افزایش داده و نیازمندی‌های لازم برای کاربردهای عملی را تأمین نمایند. همچنین روش‌های تطبیقی، شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های ژنتیک نیز برای یافتن نقطۀ تعادل بین مقاومت و کیفیت بصری مورد استفاده قرار گرفته است. نتیجۀ این جریان، ارائه روش‌های متعددی است که از نظر محاسباتی بسیار پیچیده‌اند و قابلیت لازم برای اِجرا به صورت بلادرنگ[2] را ندارند [۳] . به این ترتیب بهبود کارایی الگوریتم‌های ته‌نقش‌نگاری از نظر زمان اِجرا و میزان محاسبات، به عنوان یک چالش در این زمینه تبدیل شده است.

کاربردهای مختلف ته‌نقش‌نگاری محدودیت‌های زمانی خاص خود را دارند، اما در بسیاری از کاربردهای ته‌نقش‌نگاری لازم است فرآیند پنهان‌سازیِ[3] ته‌نقش با کمترین هزینۀ ممکن پیاده‌سازی شود و به طور همزمان ته‌نقش پنهان شده نیز باید در مقابل حمله‌های عمدی و غیرِعمدی احتمالی مقاوم باشد. به طور خاص، برای کاربردهای حفاظت از حق نشرآثار دیجیتال، اثرانگشت دیجیتال و سیستم های حفاظت از انتشار [۴]، مرحله پنهان‌سازی ته نقش باید در حد امکان سریع و به صورت بلادرنگ انجام شود. این نیاز هنگامی که با ته‌نقش‌نگاری جریانی از تصاویر، ویدئو و به طور خاص ویدئو هایِ وضوح بالا[4]مواجه باشیم از اهمیت ویژه ای برخوردار است، زیرا در این کاربردها با حجم بالایی از اطلاعات مواجه هستیم که پردازش آنها زمان‌بر خواهد بود و با افزایش ابعاد تصاویر و یا فریم‌ها، به علت حجم محاسبات بالا این مسئله به گلوگاهی برای پردازشِ بلادرنگ اطلاعات تبدیل

---

[1] Human Visual System (HVS)
[2] Real-time
[3] Embedding
[4] High Definition (HD) video

خواهد شد. در عین حال، برای این نوع از کاربردها لازم است تا زمان پردازش و پنهان‌سازی ته‌نقش از زمان پخش ویدئو کمتر باشد [۴] [۵]. به این ترتیب حلِ این چالش و پیاده‌سازی بلادرنگ فرآیند پنهان‌سازی ته نقش در محتواهای چند رسانه‌ای از اهمیت بالایی برخوردار است.

۱-۲ شرح مسئله و روش حل

یکی از مشخصه‌های مهم یک سیستم ته‌نقش‌نگاری کارآمد، حفظ توام دو ویژگی کیفیت بصری تصویر و مقاومت در برابر حملات است. تصویر ته‌نقش‌نگاری شده باید تا حد امکان از نظر بصری نزدیک به تصویر اصلی باشد و تغییرات ایجاد شده در آن برای چشم غیر قابل تشخیص باشد. این دو ویژگی در تعارض با یکدیگر قرار دارند و رسیدن به نقطهٔ تعادل بین این دو ویژگی از اهدافِ مهم در ته‌نقش‌نگاری محسوب می‌شود. همچنین مناسب است تا الگوریتم‌های ته‌نقش‌نگاری علاوه بر حفظ دو ویژگی فوق، از ظرفیتِ مناسبی نیز برخوردار باشند و قابلیتِ ذخیرهٔ اطلاعاتِ کافی برای نشان دادن هویت صاحبِ اثر را نیز داشته باشد. افزایش ظرفیت نیز خود موجب کاهش کیفیت بصری تصویر خواهد شد [۱].

در این پایان نامه، پس از بررسی مفاهیم ابتدایی و نیازمندی‌های ته‌نقش‌نگاری و بررسی بعضی از الگوریتم‌های ارائه شده برای ته‌نقش‌نگاری تصاویر دیجیتال از دیدگاهِ ویژگی‌های ته‌نقش‌نگاری، به معرفی چارچوبی برای ته‌نقش‌نگاری به صورت تطبیقی خواهیم پرداخت و بر این مبنا سه روش برای ته‌نقش‌نگاری مقاوم تصاویرِ دیجیتال ارائه شده است. از آنجا که روش‌های حوزه فرکانس نسبت به روش‌های حوزه مکان از مقاومتِ بالاتری برخوردار هستند، در روش‌های پیشنهادی، پنهان‌سازی ته‌نقش باینری در تبدیل تصاویر انجام خواهد شد. در طراحی هر سه الگوریتم پیشنهادی بعد از تعیین تطبیقی ضریب مقاومت[1] مورد استفاده برای تغییر ضرایب، پنهان‌سازی ته‌نقش در ضرایب تبدیل کسینوسی گسسته تصاویر حاصل از تجزیهٔ تصویر اصلی توسط تبدیل تفکیک‌پذیر[2] و جهت‌دار[3] کانتورلت[4] صورت خواهد پذیرفت. دلیل بکارگیری تبدیل کانتورلت داشتن قابلیت استخراج بهتر ویژگی‌های جهت دار دوبعدی تصویر نسبت به تبدیل موجک[5] است. به منظور افزایش مقاومت، با ایجاد افزونگی ته‌نقش مورد نظر چندین بار، در تصویر اصلی پنهان خواهد شد. دو مزیت مهمِ روش‌های پیشنهادی استفاده مناسب از تمام ظرفیت تصویر توسط تعیین تطبیقی ضریب مقاومت و کور بودن این روش‌ها است. بدین معنا که در صورت دراختیار نداشتن تصویر اصلی، استخراج ته نقش امکان پذیر خواهد بود.

با معرفی واحد پردازش گرافیکی (کارت گرافیک) همه منظوره[6] در سال‌های اخیر و با توجه به توان پردازشی بالا، هزینه مناسب و در دسترس بودن، این ابزار مورد توجه بسیاری از برنامه نویسان قرار گرفته است و

---

[1] Strength Factor
[2] Multiresolution
[3] Directional
[4] Contourlet
[5] Wavelet
[6] General Purpose Graphic Processing Units (GPGPUs)

برای موازی سازی و تسریع بسیاری از الگوریتم‌های پردازش تصویر استفاده شده است. با توجه به اهمیتِ موضوعِ حفاظت از حق مالکیت معنوی و نیاز به تسریع فرآیند ته‌نقش‌نگاری، در تحقیق پیشنهادی سعی شده است تا با استفاده از موازی‌سازی بر روی واحد پردازش گرافیکی فرآیند ته نقش‌نگاری در تصاویر سطح خاکستری[1] را تسریع کنیم. برای تسریع ته‌نقش‌نگاری در حوزه تبدیل باید با توجه به نوع معماریِ ابزار مورد استفاده و ساختار الگوریتم مورد نظر، موازی‌سازی در سطوح مختلف انجام شود. بدین منظور ابتدا پس از حذف جزییات موجود در روش‌های پیشنهادی و حاصل شدن یک الگوریتم ساده شده، این الگوریتم را به قسمت‌هایی با امکان اجرای موازی تقسیم کرده و سپس این قسمت‌ها را به صورت بلادرنگ و توسط ابزار مورد نظر اجرا نموده‌ایم. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و با توجه به پیچیدگی زمانی تبدیل کانتورلت مورد استفاده، در این پایان‌نامه و در مرحله ابتدایی تنها بر موازی‌سازی این تبدیل تمرکز خواهیم کرد.

۱-۳ روند ارائه مطالب

از آنجایی که هدف از این پایان نامه ارائه روشی برای تسریع ته‌نقش نگاری دیجیتال در حوزه تبدیل و با استفاده از موازی‌سازی است، در فصل دوم از پایان نامه ابتدا ته‌نقش‌نگاری و مفاهیم مرتبط با آن بیان خواهد شد. پس از معرفی مفاهیم اولیه، ویژگی‌های یک سیستم ته‌نقش نگاری کارآمد و تعدادی از کاربردهای ته‌نقش‌نگاری معرفی می‌گردد. به تناسب کاربرد، لازم است که ته‌نقش‌ها ویژگی‌های متفاوتی داشته باشند. بر همین اساس ته‌نقش‌ها انواع مختلفی داشته، که در فصل دوم به آن‌ها اشاره شده است. انواع حملاتی که ممکن است یک ته‌نقش با آن مواجه باشد براساس تغییراتی که ممکن است بر روی تصویر ایجاد کنند، به گروه‌های مختلفی دسته‌بندی می‌شوند. انواع این حمله‌ها نیز در بخش دوم معرفی شده اند. در ادامه، تعدادی از روش‌های ارائه شده برای ته‌نقش‌نگاری تصاویر درحوزه فرکانس معرفی و این روش‌ها از دیدگاه موازی‌سازی بررسی و دسته بندی خواهند شد. با توجه به آنکه برای تسریع ته‌نقش‌نگاری در این پایان نامه استفاده از واحد پردازش گرافیکی پیشنهاد شده است، در ادامه فصل دوم به معرفی معماری واحد پردازش گرافیکی کامپیوتر به عنوان یک پردازندهٔ موازی خواهیم پرداخت و مدل برنامه‌نویسی مورد استفاده برای این پردازنده نیز بررسی خواهد شد. در پایان فصل دوم جمع‌بندی‌ای از الگوریتم‌های بررسی شده در این زمینه ارائه می‌شود.

فصل سوم به بیان روش‌های پیشنهادی برای ته‌نقش نگاری مقاوم اختصاص دارد. به این منظور ابتدا چارچوبی برای ته‌نقش‌نگاری به صورت تطبیقی ارائه خواهد شد و بر این اساس سه الگوریتم ته‌نقش‌نگاری پیشنهاد خواهد شد. با توجه به اینکه هر الگوریتم ته‌نقش‌نگاری از دو بخش عمده پنهان‌سازی و استخراج تشکیل شده است، هریک از این مراحل برای هر الگوریتم جداگانه توضیح داده شده و پس از بیان هر سه روش ارائه شده، نتایج آزمایش مقاومت روش‌های پیشنهادی در مقابل تعدادی از حملات پردازش تصویر متداول ارائه شده است

[1] Grayscale

والگوریتم‌های پیشنهادی از نظر کیفیت بصری، مقاومت و ظرفیت با هم مقایسه خواهند شد. در انتها عملکرد روش‌های پیشنهادی در مقابل روش‌های مشابه بررسی و نتایج ارائه شده‌اند.

فصل چهارم به نحوهٔ تسریع روش‌های پیشنهادی ته‌نقش‌نگاری مقاوم توسط موازی‌سازی خواهد پرداخت. با توجه به اینکه با حذف جزییات و ساده سازی این الگوریتم‌های ته‌نقش‌نگاری، قسمت اِعمال تبدیل کانتورلت به تصویر و یا بلوک‌های تصویر جزءِ قسمت‌های زمان‌بر خواهد بود، در مرحله اول تنها بر نحوهٔ موازی‌سازی و تسریع تبدیل کانتورلت تمرکز داشته و مورد بررسی قرار خواهد گرفت. سپس براساس نتایجِ بررسی‌های صورت گرفته روی روش‌های ته‌نقش‌نگاری در حوزهٔ تبدیل از دیدگاه موازی‌سازی، نحوهٔ موازی سازی توضیح داده خواهد شد و گلوگاه‌های موجود برای موازی‌سازی توسط واحد پردازش گرافیک بیان خواهد شد. در قسمت نتایج، میزان افزایش سرعت برای تبدیل‌ها و اثرات افزایش ابعاد تصویر بر افزایش سرعت بررسی شده است. در انتها عملکرد روش پیشنهادی برای تسریع بررسی و نتایج ارائه شده اند.

فصل پنجم نیز به نتیجه گیری از مطالب ارائه شده در این پایان نامه اختصاص داشته و در انتهای آن پیشنهاداتی برای ادامه کار بیان شده است.

فصل دوم
بررسی روش های ته‌نقش‌نگاری از دیدگاه توازی

روش‌های موجود برای ته‌نقش‌نگاری تصاویر، بر اساس حوزه‌ای که در آن اقدام به پنهان ساختن ته‌نقش می‌کنند به دو دسته کلی روش‌های حوزه مکان و حوزه تبدیل تقسیم می‌شوند. روش‌های حوزه مکان[1] با استفاده از تغییر دادن مقادیر پیکسل‌های تصویر، سعی در پنهان ساختن ته‌نقش در تصویر دارند. در مقابل روش‌های حوزه تبدیل[2] پس از بدست آوردن ضرایب تبدیل تصویر، ته‌نقش را در ضرایب فرکانسی پنهان می‌کنند [۱]. در این فصل ابتدا مفهوم ته‌نقش‌نگاری را بیان کرده و مدل پایه ته‌نقش‌نگاری را بررسی می‌نماییم. پس از آشنایی با سیستم ته‌نقش‌نگاری، ویژگی‌ها و کاربردهای آن مطرح می‌شوند و سپس اهداف و تفاوت‌های ته‌نقش‌نگاری به صورت مقاوم، شکننده[3] یا نیمه شکننده[4] در تصاویر بیان خواهد شد. در ادامه نیز انواع حملات قابل اعمال به روش‌های ته‌نقش‌نگاری بیان می‌گردند. سپس بعد از بررسی کوتاه روش‌های حوزه مکان، برخی از روش‌های ته‌نقش‌نگاری مقاوم در حوزه تبدیل که تاکنون ارائه شده‌اند، از دیدگاه ویژگی‌های مهم ته‌نقش‌نگاری بررسی خواهند شد. تعیین پارامترهای گوناگون مورد استفاده در روش‌های ته‌نقش‌نگاری از اهمیت ویژه‌ای برای دست‌یابی به کیفیت بصری مناسب و مقاومت بالا برخوردار است. به همین دلیل، روش‌های تطبیقی موجود برای تعیین پارامترهایی از قبیل ضریب مقاومت نیز مورد بررسی قرارخواهند گرفت. در انتها روش‌های ته‌نقش‌نگاری مقاوم در حوزه تبدیل، از دیدگاه قابلیت توازی بررسی و دسته‌بندی خواهند شد. از آنجاییکه برای تسریع ته‌نقش‌نگاری استفاده از واحد

[1] Spatial domain
[2] Transform domain
[3] Fragile
[4] Semi-Fragile

پردازش گرافیکی پیشنهاد گردیده است، در انتهای این فصل معماری واحد پردازش گرافیکی به عنوان یک پردازندهٔ موازی بیان و جزییات مدل برنامه‌نویسی این پردازنده مطرح می‌شود.

۲-۱ مفاهیم و کاربردهای ته‌نقش‌نگاری

۲-۱-۱ معرفی ته‌نقش‌نگاری

فرآیند پنهان کردن اطلاعات مربوط به حقوق معنوی یک اثر، در یک محتوای چند رسانه‌ای مانند تصویر، صوت، ویدئو و یا هر محتوای دیگر ته نقش نگاری نامیده می‌شود. ته نقش در واقع نوعی امضاء برای مشخص کردن صاحب محتوای چند رسانه‌ای است [۲]. پنهان کردن ته نقش در محتوای چند رسانه‌ای موجب ایجاد تغییراتی در محتوای مورد نظر خواهد شد، ممکن است این تغییرات قابل رویت و یا غیر قابل رویت باشند. از آنجاکه کاربران انواع پردازش‌های دیجیتال را روی محتوای دیجیتال مورد نظر ممکن است انجام دهند، احتمالِ نابودی ته‌نقش پنهان شده در محتوا نیز وجود دارد. به همین دلیل ته نقش باید در مقابل این پردازش‌ها که حمله نامیده می‌شوند، مقاوم باشد. البته علاوه بر این حمله‌های غیرِ عمدی، ممکن است محتوای مورد نظر مورد حملات کاملاً عمدی که به منظور حذف ته نقش صورت می‌پذیرند نیز قرار گیرد.

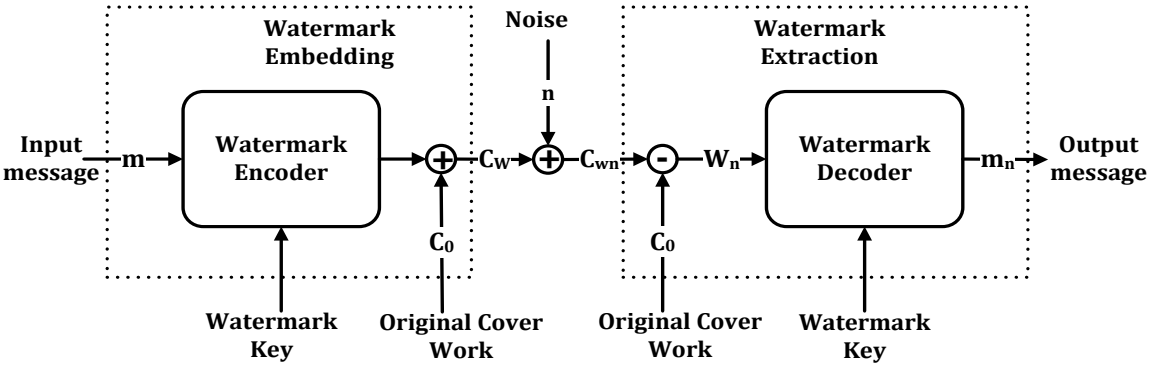
به طورکلی ته‌نقش‌هایی که می‌توانند در تصویرها مخفی شوند را می‌توان در دو دستهٔ تصاویر باینری یا تصاویر سطوح خاکستری و دستهٔ ته‌نقش های ایجاد شده از دنباله شبه تصادفی گوسی جای داد. بعضی از الگوریتم-های ته‌نقش‌نگاری، اطلاعات خود را در قالب یک تصویر نمادین مخفی می‌کنند. در برخی موارد هنگام استفاده از تصاویر باینری، برای از بین بردن همبستگی‌های مکانی این تصویر درهم ریخته خواهد شد. همچنین نیاز است که با توجه به نوع تصویر نمادین به کار رفته، سیستم استخراج[1] مناسب برای تشخیص وجود و یا عدم وجود ته‌نقش طراحی گردد. یک ته‌نقش دنباله‌گوسی ، دنباله ای از اعداد شامل ۱ و ۱- است. در صورتی که تعداد مساوی ۱ و ۱- در آن وجود داشته باشد، توزیع آن دارای میانگین صفر و انحراف استاندارد یک است. طراحی سیستم استخراج کنندهٔ این نوع ته‌نقش با استفاده از ضریب همبستگی نیز امکان پذیر است [۲].

تمامی روش‌های ته‌نقش‌نگاری شامل یک سیستم پنهان‌سازی ته‌نقش و یک سیستم استخراج ته نقش خواهد بود که این دو سیستم با نام‌های سیستم کدکننده و سیستم کدگشا نیز شناخته می‌شوند. در مدل پایه فرآیند ته‌نقش-نگاری دیجیتال درشکل ۲-۱دیده می‌شود. سیستم پنهان‌سازی دو ورودی اصلی دریافت می‌کند، اولین ورودی اطلاعاتی است که می‌خواهیم آن را به عنوان ته نقش پنهان کنیم (m) و دومین ورودی پوشش[2] یا داده اصلی است (C_0) که می‌خواهیم ته‌نقش را در آن پنهان نماییم. در مرحله پنهان‌سازی ته نقش ممکن است از یک کلید رمزنگاری اختیاری خصوصی یا عمومی برای تأمین امنیت استفاده شود. وجود کلید خصوصی باعث خواهد شد تا طرف‌های

[1] Extraction
[2] Cover work

غیرمجاز قادر به تغییر یا استخراج ته‌نقش نباشند. خروجی سیستم پنهان‌سازی معمولاً ارسال خواهد شد یا درمکانی ذخیره می‌شود. در ادامه و در صورت نیاز، محتوای ته‌نقش شده (C_{wn}) به عنوان ورودی به سیستم استخراج ته‌نقش وارد خواهد شد. بیشتر سیستم‌های استخراج ته‌نقش سعی می‌کنند تا وجود ته‌نقش در داده را تشخیص دهند و در صورت وجود ته‌نقش سعی خواهندکرد تا آن را استخراج نمایند.

با توجه به فرآیند استخراج ته‌نقش، می‌توان روش‌های ته‌نقش‌نگاری را به سه دستهٔ روش‌های نیمه کور[1]، روش های مطلع[2] و روش‌های کور[3] تقسیم کرد. در تکنیک‌های نیمه‌کور ته‌نقش و کلیدها برای استخراج مورد استفاده قرار می‌گیرند اما در تکنیک‌های کور فقط کلیدهای خصوصی برای استخراج مورد استفاده قرار خواهند گرفت [۱]. در تکنیک‌های مطلع علاوه بر ته‌نقش و کلیدهای خصوصی، داده پوشش نیز در دسترس است و مرحله استخراج با داشتن تصویر اصلی انجام خواهد شد. در صورت مطلع بودن روش، ابتدا تصویر اصلی از تصویر ته‌نقش-نگاری شده کم می‌شود و سپس الگوی بدست آمده (W_n)، توسط آشکارساز ته‌نقش با استفاده از کلید ته‌نقش-نگاری کدگشایی می‌شود. اگر کدگشای ته‌نقش کور باشد، نمی‌توان اثر تصویر اصلی را از تصویر ته‌نقش نگاری شده حذف کرد. با این شرایط می‌توان ته‌نقش دریافت شده را به صورت یک نسخه نویزی از ته‌نقش اصلی تصور کرد که نویز اضافه شده به آن ترکیب نویز کانال (n) و تصویر اصلی است.



شکل ۲-۱- مدل پایه فرآیند ته‌نقش‌نگاری: سیستم ته‌نقش‌نگاری شامل بلوک پنهان‌سازی ته‌نقش و بلوک استخراج ته‌نقش است [۲].

به طور کلی روش‌های ارائه شده برای ته‌نقش‌نگاری تصویر خاکستری، بر اساسِ حوزه‌ای که در آن اقدام به مخفی‌کردن اطلاعات می‌کنند، به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- روش‌های ته‌نقش‌نگاری در حوزه مکان
- روش‌های ته‌نقش‌نگاری در حوزه تبدیل

[1] Semi-Blind
[2] Non-Blind
[3] Blind