بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

ته‌نقش نگاری در ضرائب کانتورلت با استفاده از الگوریتم ژنتیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- هوش مصنوعی

هدی رضائی کاویانی

استاد راهنما

دکتر شادرخ سماوی

۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر– هوش‌مصنوعی خانم هدی رضائی کاویانی

تحت عنوان

ته‌نقش نگاری در ضرائب کانتورلت با استفاده از الگوریتم ژنتیک

در تاریخ ۹۰/۱۲/۱۵ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر شادرخ سماوی
۲- استاد داور	دکتر محمدرضا احمدزاده
۳- استاد داور	دکتر بهزاد نظری
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر امیر برجی

خردمند، شاگرد دانش را به وقت تعلیم، هدایت می کند، به دنبال نمی کشد. آن ها را به پیشروی می خواند، متوقف نمی کند، و راهی پیش روی آن ها می گشاید، به جایی نمی برد. (کنفوسیوس)

قدردان زحمات استاد بزرگوار و ارجمندم جناب آقای دکتر سماوی هستم که همواره مرا راهنمایی کردند، به پیشروی خواندند و راهی به سوی پیشرفت به رویم گشودند.

از جناب آقای دکتر نادر کریمی سپاس گزارم که با کمک ها و تجربیات ارزشمندشان پیمودن این مسیر را برایم ساده تر کردند.

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

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

با آرزوی توفیق روزافزون برای تمامی این عزیزان

هدی رضائی کاویانی

اسفند ۹۰

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

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

فهرست اشکال ..... ده

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱ اهمیت ته‌نقش نگاری ۳

۱-۲ شرح مسئله و روش حل ۴

۱-۳ روند ارائه مطالب ۵

فصل دوم: بررسی روش‌های موجود

۲-۱ پنهان سازی داده، پنهان نگاری و ته‌نقش نگاری ۸

۲-۲ مدل مخابراتی ته‌نقش‌نگاری ۹

۲-۲-۱ مدل پایه ۹

۲-۲-۲ ته‌نقش‌نگاری به عنوان یک مدل مخابراتی با اطلاعات جانبی در فرستنده ۱۱

۲-۲-۳ مدل ارتباطی مالتی پلکس برای ته‌نقش نگاری ۱۲

۲-۳ مدل هندسی سیستم ته‌نقش نگاری ۱۳

۲-۱ ویژگی های یک سیستم ته‌نقش‌نگاری ۱۵

۲-۲ کاربردهای ته‌نقش‌نگاری ۱۶

۲-۳ انواع ته‌نقش ها ۱۷

۲-۴ انواع حمله ها ۱۹

۲-۵ روش‌های حوزه مکان ۲۱

۲-۶ روش‌های حوزه فرکانس ۲۲

۲-۶-۱ روش‌های مبتنی بر DCT ۲۲

۲-۶-۲ روش‌های مبتنی بر تبدیل موجک ۲۴

۲-۶-۳ روش‌های مبتنی بر تبدیل هادامارد ۲۶

۲-۶-۴ روش‌های مبتنی بر تبدیل کانتورلت ۲۸

۲-۷ روش‌های مبتنی بر استفاده از مقادیر ویژه ۳۲

۲-۸ استفاده از الگوریتم‌های تکاملی در ته‌نقش نگاری ۳۴

۲-۹ جمع بندی ۳۷

فصل سوم: روش‌های پیشنهادی

۳-۱ روش پیشنهادی اولیه ۴۰

۳-۱-۱ ایجاد ماسک ۴۱

۳-۱-۲ ته‌نقش‌نگاری در ضرایب انتخاب شده به وسیله ماسک ۴۴

۳-۱-۳ استخراج ته‌نقش ۴۴

۳-۲ روش پیشنهادی مبتنی بر کانتورلت اول (SVD_CONT) ۴۶
۳-۲-۱ الگوریتم جاسازی در روش SVD_CONT ۴۶
۳-۲-۲ استخراج ته‌نقش از روش SVD_CONT ۴۷
۳-۳ روش پیشنهادی مبتنی برکانتورلت دوم با استفاده ازالگوریتم ژنتیک(Genetic SVD_CONT) ۵۰
۳-۳-۱ الگوریتم جاسازی روش Genetic SVD_CONT ۵۰
۳-۳-۲ استخراج ته‌نقش از روش Genetic SVD_CONT ۵۲
۳-۳-۳ تعیین ضریب مقاومت با الگوریتم ژنتیک ۵۳
۳-۴ روش پیشنهادی سوم (DCT_CONT) ۵۶
۳-۴-۱ جاسازی ته‌نقش در ضرایب DCT بلوک های کانتورلت ۵۶
۳-۴-۲ استخراج ته‌نقش از روش DCT_CONT ۵۹
۳-۱ نتایج شبیه سازی روش پیشنهادی اولیه ۶۰
۳-۲ نتایج شبیه سازی روش SVD_CONT ۶۴
۳-۳ نتایج شبیه سازی روش Genetic SVD_CONT ۶۷
۳-۴ نتایج شبیه سازی روش DCT_CONT ۷۰
۳-۵ مقایسه روش‌های پیشنهادی با یکدیگر ۷۳
۳-۵-۱ فشرده سازی JPEG ۷۳
۳-۵-۲ افزودن نویز ۷۴
۳-۵-۳ اعمال تکنیک‌های بهبود کیفیت تصویر ۷۵
۳-۵-۴ اعمال فیلتر ۷۶
۳-۵-۵ تغییر اندازه و چیدن تصویر ۷۷
۳-۶ مقایسه روش‌های مبتنی برکانتورلت پیشنهادی با روش مبتنی برکانتورلت دیگر ۷۹
۳-۶-۱ کیفیت بصری ۷۹
۳-۶-۲ فشرده سازی JPEG ۷۹
۳-۶-۳ افزودن نویز ۸۰
۳-۶-۴ اثر اعمال تکنیک های بهبود کیفیت تصویر ۸۱
۳-۶-۵ اعمال فیلتر ۸۱
۳-۶-۶ مقایسه اثر تغییر اندازه تصویر ۸۲
۳-۷ جمع بندی ۸۳

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۴-۱ تحقیقات انجام شده ۸۴
۴-۲ پیشنهادات ۸۶
فهرست واژگان و اختصارات ۸۷
مراجع ۹۰

فهرست اشکال

شکل **صفحه**

شکل ۲-۱- مدل استاندارد یک سیستم مخابراتی ۹
شکل ۲-۲- نگاشت سیستم ته‌نقش نگاری مطلع به مدل مخابراتی ۱۰
شکل ۲-۳- نگاشت سیستم ته‌نقش نگاری کور به مدل مخابراتی ۱۰
شکل ۲-۴ - مدل مخابراتی سیستم ته‌نقش نگاری با اطلاعات جانبی در فرستنده ۱۱
شکل ۲-۵- ته‌نقش نگاری به صورت مدل ارتباط مالتی پلکس ۱۳
شکل ۲-۶ - نمایش هندسی ناحیه شفافیت قابل قبول و ناحیه استخراج ۱۵
شکل ۲-۷ - حمله قانونی و غیرقانونی به تصاویر دیجیتال ۱۹
شکل ۲-۸ - مخفی کردن الگوی شبه نویز در تصویر ۲۱
شکل ۲-۹ - بانک فیلتر کانتورلت ۲۸
شکل ۲-۱۰- اخذ دومرحله تبدیل کانتورلت از تصویر فلفل‌ها با ۸ و ۴ زیرباند جهتی ۲۹
شکل ۲-۱۱-مقایسه ضرایب کانتورلت(a) ضرایب کانتورلت پس ازجاسازی یک ماتریس تصادفی در بزرگترین زیرباند و صفرکردن سایرزیرباندها (b)ضرایب کانتورلت پس از بازسازی تصویر a و اعمال مجدد تبدیل کانتورلت به آن ۳۱
شکل ۳-۱- روند جاسازی ته‌نقش در روش پیشنهادی اولیه ۴۰
شکل ۳-۲- بلوک دیاگرام تولید ماسک ۴۳
شکل ۳-۳- الگوریتم ژنتیک استفاده شده در روش پیشنهادی دوم برای تعیین ضریب مقاومت مناسب ۵۵
شکل ۳-۴- جاسازی ته‌نقش در روش پیشنهادی سوم ۵۷
شکل ۳-۵- نحوه کد شدن بیت های ۰ و ۱ در بلوک های ضرایب DCT (a)نمایش بیت ۱ (b)نمایش بیت ۰ ۵۸
شکل ۳-۶-نماد باینری مورد استفاده برای ته‌نقش نگاری روش پیشنهادی اولیه با ابعاد ۳۲×۳۲ ۶۰
شکل ۳-۷- تصاویر اصلی مورد استفاده برای آزمایش روش‌های پیشنهادی ۶۰
شکل ۳-۸- تصاویر ته‌نقش نگاری شده با روش پیشنهادی اولیه و مقادیر PSNR آنها و ماسک های تولید شده برای هرکدام ۶۲
شکل ۳-۹- نمادهای باینری استخراج شده از تصویر Goldhill ته‌نقش نگاری شده با روش اولیه پس از حمله های گوناگون ۶۴
شکل ۳-۱۰- ته‌نقش استفاده شده برای ته‌نقش نگاری در روش پیشنهادی اول با ابعاد ۱۶×۱۶ ۶۵
شکل ۳-۱۱- تصاویر ته‌نقش نگاری شده با روش پیشنهادی اول و مقادیر PSNR آنها ۶۵
شکل ۳-۱۲- نمادهای باینری استخراج شده از تصویر Goldhill ته نقش نگاری شده با روش SVD_CONT پس از حمله های گوناگون ۶۶
شکل ۳-۱۳- نمادباینری استفاده شده برای ته‌نقش نگاری با روش Genetic SVD_CONT با ابعاد ۳۲×۳۲ ۶۷
شکل ۳-۱۴- تصاویر ته‌نقش نگاری شده با روش Genetic SVD_CONT و مقادیر PSNR آنها ۶۸
شکل ۳-۱۵- نمادهای باینری استخراج شده از تصویر Goldhill ته‌نقش نگاری شده با روش Genetic SVD_CONT پس از حمله های گوناگون ۶۹
شکل ۳-۱۶- نماد باینری استفاده شده برای ته‌نقش نگاری در روش DCT_CONT با ابعاد ۳۲×۱۶ ۷۰
شکل ۳-۱۷ - تصاویر ته‌نقش نگاری شده با روش DCT_CONT و مقادیر PSNR آنها ۷۰
شکل ۳-۱۸- نمادهای باینری استخراج شده از تصویر Goldhill ته‌نقش نگاری شده با روش DCT_CONT پس از حمله های گوناگون ۷۲

چکیده

با توجه به گسترش روزافزون استفاده از شبکه‌های اینترنتی و امکان تبادل آسان محتواهای دیجیتال، امکان سوء استفاده 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. برای غلبه بر این مشکل در سال‌های اخیر روش‌های ته‌نقش نگاری برای حفظ حق مالکیت معنوی آثار دیجیتال ازجمله تصاویر ارائه شده‌اند. این تکنیک‌ها به دو دسته کلی روش‌های حوزه مکان و فرکانس تقسیم می‌شوند. با توجه به اینکه مقاومت و شفافیت دو ویژگی مهم در ته‌نقش نگاری تصاویر دیجیتال بوده و در تضاد با یکدیگر عمل می‌کنند، داشتن این دو ویژگی بصورت همزمان در یک روش ته‌نقش نگاری مقاوم مزیت مهمی به شمار می‌رود. در این پایان نامه پس از بررسی مفاهیم ته‌نقش نگاری، معرفی انواع ته‌نقش‌ها، حمله‌ها و بیان تعدادی از روش‌های موجود، چهار الگوریتم ته‌نقش نگاری برای تصاویر دیجیتال ارائه شده است. از آنجاکه هدف از انجام این پروژه ارائه الگوریتم ته‌نقش نگاری مقاوم برای تصاویر دیجیتال است و با توجه به اینکه روش‌های مبتنی برفرکانس از مقاومت بالاتری نسبت به تکنیک‌های حوزه مکان برخوردار هستند، هر چهار روش ارائه شده در این پایان‌نامه مبتنی بر حوزه فرکانس هستند. یکی از این روش‌ها مبتنی بر تبدیل موجک بوده و با طراحی یک ماسک با استفاده از تبدیل تفکیک پذیر و جهتی HWD، ضرایب مناسب برای جاسازی ته‌نقش در زیرباند LL تصویر را انتخاب می‌کند. چون چشم انسان نسبت به تغییرات ویژگی‌های جهت‌دار دوبعدی تصویر حساسیت کمتری دارد و باتوجه به اینکه تبدیل کانتورلت بهتر از تبدیل موجک این ویژگی‌ها را استخراج می‌کند، سایر روش‌های پیشنهادی در این پایان نامه مبتنی بر جاسازی ته‌نقش در ضرایب کانتورلت تصویر هستند. کلیه روش‌های ارائه شده به جاسازی نمادهای باینری به عنوان ته‌نقش در تصویر می‌پردازند. به منظور افزایش مقاومت در دو روش از الگوریتم‌های پیشنهادی، از تجزیه مقادیر ویژه نیز استفاده شده است. باتوجه به اینکه ضریب مقاومت ته‌نقش پارامتر مهمی‌در مرحله جاسازی بوده و انتخاب مناسب آن اثر قابل توجهی در شفافیت و مقاومت تصویرنهایی خواهد داشت، در این پایان نامه روشی مبتنی بر استفاده از الگوریتم ژنتیک برای تعیین این پارامتر ارائه شده است. تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک پیشنهادی با درنظرگرفتن مقاومت و شفافیت تصویر ته‌نقش نگاری شده تعریف شده است. سه روش از الگوریتم‌های پیشنهادی در این پایان‌نامه از نوع روش‌های مطلع بوده و برای استخراج نیاز به تصویر اصلی دارند اما روش چهارم مرحله استخراج ته‌نقش را بدون استفاده از تصویر اصلی و به صورت کور انجام می‌دهد. بنابراین در مواقعی که تصویر اصلی دراختیار نباشد استخراج ته‌نقش از این روش همچنان امکان پذیر است که مزیت مهمی‌برای آن به شمار می‌آید. برای افزایش مقاومتِ روش پیشنهادیِ کور از جاسازی در ضرایب DCT بلوک‌های کانتورلت استفاده شده است. بعلاوه در کلیه روش‌های پیشنهادی مبتنی بر کانتورلت، با جاسازی چندگانه ته‌نقش در ضرایب کانتورلت، مقاومت روش‌های پیشنهادی افزایش یافته است. نتایج آزمایش‌ها برروی تصاویر ته‌نقش نگاری شده نشان‌دهنده مقاومت مناسب روش‌های پیشنهادی در برابر حملات متداول پردازش تصویر در عین حفظ شفافیت آن است.

کلمات کلیدی: ۱- ته‌نقش ۲-ته‌نقش نگاری ۳- مقاومت ۴-شفافیت

فصل اول

فصل اول: مقدمه

با توسعه اینترنت در سال‌های اخیر و امکان تبادل آسان محتواهای دیجیتال، ته‌نقش‌نگاری[1] مورد توجه بسیاری از علاقه‌مندان به پردازش تصویر قرارگرفته است. هرچند شناخته شده ترین کاربرد ته‌نقش ها محافظت از حق نشر داده‌های دیجیتال است، اما به آن محدود نمی‌شود. برای حفظ حق مالکیت معنوی آثار دیجیتال دو راهکار کلی رمز نگاری و ته‌نقش نگاری وجود دارد. روش‌های رمز نگاری فقط می‌توانند در طول انتقال داده دیجیتال از آن محافظت کنند. پس از دریافت داده در گیرنده و رمزگشایی توسط آن، داده بدست آمده کاملا مشابه داده اصلی خواهد بود و عملا هیچ نوع محافظ دیگری ندارد. اما در ته‌نقش نگاری، ته‌نقش[2] مورد نظر وارد داده اصلی شده و حتی درصورت رمزنگاری و رمزگشایی شدن نیز در داده حضور خواهد داشت[۴]. روش‌های ته‌نقش نگاری به دو دسته کلی روش‌های حوزه مکان و حوزه فرکانس تقسیم می‌شوند. از جمله مهم ترین ویژگی های یک سیستم ته‌نقش نگاری می‌توان به شفافیت و مقاومت آن اشاره کرد. در واقع تصویر حاصل از یک روش ته‌نقش نگاری مناسب علاوه بر مقاومت در برابر حمله های مختلف باید کیفیت بصری مناسبی نیز داشته باشد و تصویر ته‌نقش نگاری شده حتی الامکان به تصویر اصلی شبیه باشد. با توجه به تعارض این دو ویژگی، بسیاری از روش‌های موجود تلاش کرده‌اند که الگوریتم هایی برای ته‌نقش نگاری مقاوم تصاویر، با حفظ کیفیت بصری آن‌ها ارائه دهند.

---

[1] Watermarking
[2] Watermark

۱-۱ اهمیت ته‌نقش نگاری

با توجه به توسعه سریع شبکه‌های اینترنتی در سال‌های اخیر و آسان شدن تبادل داده‌های دیجیتال، بیم آن می‌رود که حقوق معنوی صاحبان محتواهای دیجیتال اعم از عکس، تصویر و ویدیو با انتشار غیرمجاز آن‌ها نقض شده یا به طرق مختلف مورد سوء استفاده قرار گیرند. لذا فضای مجازی هم نیازمند روش‌هایی است تا بتواند از حقوق کاربران خود در مقابل افراد سودجو حمایت کند. استفاده از ته‌نقش‌نگاری برای ثبت اطلاعات حقوق مالکیت معنوی در محتواهای دیجیتال، یکی از این راه‌ها است که در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از افراد قرار گرفته است. با توجه به اهمیت این موضوع و درنظر گرفتن اینکه تصاویر بخش مهمی‌از داده‌های دیجیتال قابل تبادل از طریق اینترنت هستند، روش‌های گوناگونی برای ته‌نقش نگاری تصاویر دیجیتال ارائه شده است. از آنجا که ممکن است کاربران انواع پردازش های دیجیتال را روی تصاویر انجام دهند، احتمال دارد تصویری که در آن ته‌نقش مخفی شده با اعمال پردازش های دیجیتالی متعدد مورد حمله قرار گیرد. به عنوان مثال عبور دادن تصویر از فیلترهای پایین گذر، تغییر میزان روشنایی و کنتراست[1] تصویر و فشرده سازی از انواع این پردازش هستند. البته ممکن است حمله‌هایی نیز به صورت کاملا عمدی با هدف حذف ته‌نقش توسط کاربران به تصویر اعمال شود. بنابراین روش‌های ارائه شده باید تا حد امکان در مقابل این حمله‌ها مقاوم باشند[۱].

هرچند ته‌نقش نگاری قدمتی طولانی داشته و شاید شناخته شده ترین نوع آن علائمی است که در پول های کاغذی به منظور تایید اعتبارشان گنجانده می‌شود[۲]، اما ته‌نقش‌نگاری دیجیتال عمدتا در سال های اخیر و با هدف حفظ حق مالکیت معنوی آثار دیجیتال معرفی شده و مورد توجه بسیاری از علاقه‌مندان به پردازش تصویر قرارگرفته است. روند مخفی کردن یک ته‌نقش در یک محتوای چندرسانه ای[2] (منظور تصویر، ویدیو، کلیپ های صوتی یا هر محتوای دیجیتال دیگری است که قابل استفاده برای مخفی کردن اطلاعات باشد) ته‌نقش‌نگاری نامیده می‌شود. ته‌نقش در واقع نوعی امضا است که صاحب محتوای چندرسانه ای را مشخص می‌کند. هرچند هدف اصلی از ته‌نقش‌نگاری، حفظ حق مالکیت معنوی داده‌های دیجیتال است اما کاربرد ته‌نقش‌نگاری به آن محدود نمی‌شود[۱]. مخفی کردن ته‌نقش در محتوای دیجیتال می‌تواند کاربردهای مختلفی مانند حفاظت از حق مالکیت معنوی، تصدیق محتوا[3] و کشف تغییرات عمدی در تصویر را داشته باشد که در بخش جداگانه‌ای به معرفی آن‌ها خواهیم پرداخت.

الگوریتم های ته‌نقش نگاری ممکن است ته‌نقش را با تغییر دادن مقادیر پیکسل های تصویر یا ضرایب تبدیل آن در تصویر جاسازی[4] کنند. به دسته اول روش‌های مبتنی برمکان و به دسته دوم روش‌های مبتنی بر فرکانس می‌گویند. پس از اعمال الگوریتم ته‌نقش‌نگاری، ممکن است یک ته‌نقش قابل رویت یا غیر قابل رویت به محتوای دیجیتال اضافه شود. روند مخفی کردن اطلاعات با استفاده از یک کلید مخفی که در اختیار مالک محتوای دیجیتال است صورت می‌گیرد که مکان مخفی شدن ته‌نقش در محتوای دیجیتال (تصویر) را مشخص می‌کند. از آنجا که

---

[1] Contrast
[2] Multimedia content
[3] Content authentication
[4] Embedding

کاربران ممکن است انواع پردازش های دیجیتال را روی تصاویر انجام دهند، احتمال دارد تصویری که در آن ته‌نقش مخفی شده با پردازش های دیجیتالی متعدد مورد حمله قرار گیرد. زمانی که مالک تصویر بخواهد وجود ته‌نقش در تصویری که احتمالا خراب یا مورد حمله واقع شده را بررسی کند، از کلید مخفی استفاده کرده و با استفاده از آن ته‌نقش مخفی شده در تصویر را استخراج[1] می کند[۱].

ته‌نقش‌های غیرقابل رویت نسبت به روش‌هایی مثل قراردادن بارکدهای قابل مشاهده روی تصویر یا قراردان سرآیند[2] برای تصاویر، دارای سه برتری اساسی هستند. اول اینکه این دسته از ته‌نقش ها به دلیل غیرقابل رویت بودن، از ارزش هنری و زیبایی تصویر نمی‌کاهند. دوم اینکه به دلیل جاسازی شدن در تصویر از آن قابل جداسازی نیستند. سوم اینکه برخلاف سرآیند ها با تغییر دادن فرمت فایل دچار تغییر نمی‌شوند[۲]. منظور از ته‌نقش د راین پایان نامه نیز ته‌نقش های غیرقابل رویت است.

۱-۲ شرح مسئله و روش حل

یکی از ملزومات اساسی بسیاری از کاربردهای ته‌نقش نگاری، قابلیت استخراج ته‌نقش از تصاویری است که پس از جاسازی ته‌نقش احتمال دارد مورد تغییر قرار بگیرند. از آنجا که این دسته از ته‌نقش ها معمولا به نحوی در تصویر جاسازی می‌شوند که در مقابل عملیاتی که ممکن است بطور عادی و نه با هدف حذف ته‌نقش، روی تصویر انجام شود مقاوم باشند، به آن‌ها ته‌نقش های مقاوم گفته می‌شود [۲].

یک الگوریتم ته‌نقش نگاری مقاوم خوب، نه تنها باید در مقابل حمله ها مقاوم باشد بلکه باید شفافیت تصویر را نیز حفظ کند. شفافیت به معنی این است که کیفیت تصویر ته‌نقش نگاری شده تا حد امکان نزدیک به تصویر اصلی باشد طوری که تغییرات آن توسط چشم قابل تشخیص نباشد. اگر تمرکز اصلی در طراحی الگوریتم های ته‌نقش نگاری فقط بر مقاومت باشد ممکن است شفافیت خوبی حاصل نشود. از طرف دیگر تاکید بر حفظ شفافیت تصویر ممکن است موجب از دست رفتن مقاومت کافی شود. بنابراین طراحی الگوریتم های مقاوم با حفظ کیفیت تصویر موضوع مهمی‌در ته‌نقش نگاری است[۳].

در پایان نامه حاضر پس از بررسی اولیه مفاهیم ابتدایی و شناخت سیستم ته‌نقش نگاری، نیازمندی های آن، انواع حمله‌ها و معرفی بعضی از تکنیک‌های ارائه شده برای ته‌نقش نگاری تصاویر دیجیتال، چهار روش برای ته‌نقش نگاری مقاوم تصاویر دیجیتال ارائه شده اند. از آنجا که روش‌های حوزه فرکانس نسبت به روش‌های حوزه مکان از مقاومت بالاتری برخوردار هستند در این پایان نامه نیز الگوریتم های ارائه شده همگی مبتنی بر فرکانس بوده و به جاسازی ته‌نقش باینری در تصاویر می‌پردازند.

---

[1] Detect
[2] Header field

در طراحی سه الگوریتم از چهار روش ارائه شده در این پروژه ازجاسازی ته‌نقش در ضرایب تبدیل تفکیک پذیر[۱] و جهت دار[۲] کانتورلت[۳] استفاده شده و در یکی از آن‌ها از تبدیل HWD[۴] [۴۱] برای طراحی یک ماسک به منظور انتخاب ضرایب مناسب برای ته‌نقش نگاری در ضرایب تبدیل موجک استفاده شده است.دلیل بکارگیری این دو تبدیل داشتن قابلیت استخراج بهتر ویژگی‌های جهت دار[۵] دوبعدی تصویر نسبت به تبدیل موجک[۶] است.

برای افزایش مقاومت در تعدادی از روش‌های پیشنهادی از جاسازی چندگانه[۷] ته‌نقش در تصویر استفاده شده و ته‌نقش به دفعات متعدد درscaleهای مختلف ضرایب تبدیل جاسازی شده است. الگوریتم های ارائه شده تنها مبتنی بر استفاده از کانتورلت نبوده و از سایر ابزارها و تبدیل ها مانند تجزیه مقادیر ویژه[۸]، تبدیل DCT[۹] و الگوریتم ژنتیک نیز درطراحی آن‌ها استفاده شده است. سه تکنیک از چهار روش ارائه شده در این پروژه از نوع الگوریتم های مطلع[۱۰] بوده و مرحله استخراج را با داشتن تصویر اصلی انجام می‌دهند و یکی از آن‌ها قادر به انجام مرحله استخراج به روش کور[۱۱] است.

۱-۳ روند ارائه مطالب

از آنجایی که هدف از این پایان نامه ارائه روشی برای ته‌نقش نگاری مقاوم تصاویر دیجتال است، در فصل دوم از پایان نامه ابتدا ته‌نقش نگاری و مفاهیم مرتبط با آن بیان می‌شوند. پس از معرفی مفاهیم اولیه، عملکرد سیستم های ته‌نقش نگاری با استفاده از دو نوع مدل کلی معرفی می‌شده و در ادامه ویژگی های یک سیستم ته‌نقش نگاری خوب معرفی می‌شود. با توجه به اینکه کاربرد ته‌نقش نگاری تنها به حفظ مالکیت معنوی آثار دیجیتال محدود نمی‌شود در این بخش تعدادی از کاربردهای دیگر ته‌نقش نگاری معرفی می‌گردد. به تناسب کاربرد، لازم است که ته‌نقش ها ویژگی های متفاوتی داشته باشند. بر همین اساس ته‌نقش ها انواع مختلفی داشته و به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند که در فصل دو به آن‌ها اشاره شده است. تصاویر پس از ته‌نقش نگاری ممکن است مورد انواع حمله های مختلف قرار بگیرند که این حمله ها بر اساس تغییراتی که روی تصویر به وجود می‌آورند به گروه های مختلف دسته بندی می‌شوند. انواع این حمله ها نیز در بخش دوم معرفی شده اند. پس از معرفی مقدمات و مفاهیم، تعدادی از روش‌های ارائه شده برای ته‌نقش نگاری تصاویر هم در حوزه مکان و هم درحوزه فرکانس معرفی و درپایان یک جمع بندی از الگوریتم های بررسی شده در این زمینه ارائه می‌شود.

---

[1] Multiresolution
[2] Directional
[3] Contourlet Transform
[4] Hybrid wavelets and directional filter banks
[5] Singularity
[6] Wavelet
[7] Multiple embedding
[8] Singular value decomposition (SVD)
[9] Dicrete cosine transform
[10] Informed or non-blind
[11] Blind

فصل سوم به بیان روش‌های ابداعی برای ته‌نقش نگاری مقاوم اختصاص دارد. با توجه به اینکه هر الگوریتم ته‌نقش نگاری از دو بخش عمده جاسازی و استخراج تشکیل شده است، هریک از این مراحل برای هر الگوریتم جداگانه توضیح داده شده و پس از بیان هر چهار روش ارائه شده نتایج آزمایش مقاومت روش‌های پیشنهادی در مقابل تعدادی از حملات پردازش تصویر متداول ارائه شده است. در ادامه فصل میزان مقاومت هر چهار روش در مقابل تک تک حمله ها با یکدیگر مقایسه و در انتها عملکرد روش‌های پیشنهادی مبتنی برکانتورلت در مقابل روش دیگری که مبتنی برکانتورلت است بررسی و نتایج ارائه شده اند.

فصل چهارم 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
فصل دوم: بررسی روش‌های موجود

به طور کلی می‌توان گفت روش‌های ارائه شده برای ته‌نقش نگاری تصاویر، بر اساس فضایی که در آن اقدام به مخفی کردن اطلاعات می‌کنند به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند. بعضی از این روش‌ها اطلاعات را در حوزه مکان تصویر و با استفاده از تغییر دادن مقادیر پیکسل‌های تصویر مخفی می‌کنند و دسته دیگر روش‌های حوزه فرکانس هستند. روش‌های حوزه فرکانس پس از بدست آوردن ضرایب تبدیل تصویر، ته‌نقش را در ضرایب فرکانسی جاسازی می‌کنند. در این فصل ابتدا با بیان غیرتکنیکی مفهوم ته‌نقش نگاری را بیان کرده و بعضی از مدل‌های معرفی شده برای سیستم ته‌نقش نگاری را بیان می‌کنیم. این مدل‌ها به دو گروه اصلی مدل‌های ته‌نقش‌نگاری از دیدگاه مخابراتی و مدل هندسی تقسیم می‌شوند. این فصل با معرفی تفاوت ته‌نقش نگاری و پنهان نگاری آغاز شده و پس از آشنایی با سیستم ته‌نقش‌نگاری، ویژگی های آن مطرح می‌شوند. با توجه به اینکه کاربرد ته‌نقش نگاری تنها محدود به حفظ حق مالکیت معنوی آثار دیجیتال نمی‌باشد، در این فصل سایر کاربردهای مطرح شده برای ته‌نقش نگاری معرفی می‌گردند. ته‌نقش نگاری ممکن است به صورت مقاوم، شکننده یا نیمه شکننده در تصاویر صورت بگیرد که هریک از آن‌ها با هدف خاصی طراحی شده و ویژگی های متفاوتی دارند. در این فصل هر سه نوع این روش‌ها معرفی می‌شوند و در ادامه انواع حملات قابل اعمال به روش‌های ته‌نقش نگاری بیان می‌گردند. در انتها نیز بعضی از روش‌های ته‌نقش نگاری مقاوم که تاکنون ارائه شده‌اند معرفی می‌شوند.

۲-۱ پنهان سازی داده، پنهان نگاری و ته‌نقش نگاری

ته‌نقش نگاری یکی از شاخه های علم پنهان سازی داده[1] و پنهان نگاری[2] است. این سه زمینه نقاط اشتراک زیادی دارند اما تفاوت‌های آن‌ها بر نوع نیازمندی های هریک و نحوه طراحی آن اثر چشمگیری داشته است[۲]. در این بخش به بیان این تفاوت‌ها می‌پردازیم.

پنهان سازی داده یا پنهان سازی اطلاعات یک اصطلاح کلی است که طیف وسیعی از مسائل مخفی کردن داده در یک محتوای دیجیتال را دربر می‌گیرد. این اصطلاح می‌تواند هم شامل روش‌های مخفی کردن اطلاعات بصورت نامحسوس[3] مانند ته‌نقش نگاری شود هم شامل روش‌هایی که "وجود" اطلاعات در محتوای دیجیتال را مخفی نگه می‌دارند.

پنهان نگاری واژه ای یونانی است که از دو بخش steganos به معنی پوشیده و graphia به معنی نوشته تشکیل شده است. پنهان نگاری در واقع هنر ارتباطات مخفی است که در آن وجود پیام باید مخفی باشد. مثالی که اغلب برای بیان مفهوم پنهان نگاری مطرح می‌شود داستانی از هرودوت است که برای فرستادن پیغام سِری به هیستیائوس، پیغام را روی پوست سر یکی از بردگانش خالکوبی کرد و پس از آنکه موهای سر او رشد کرد و روی پیغام را پوشاند او را به نزد هیستیائوس فرستاد. در آنجا با تراشیدن موهای سر برده، پیغام به نماینده پادشاه رسید. در این سناریو فقط پیام است که برای هیستیائوس ارزشمند است و برده فقط حامل آن پیام است.

با استفاده از این مثال می‌توانیم تفاوت بین ته‌نقش نگاری و پنهان نگاری را واضح تر کنیم. تصور کنید که پیام روی سر برده، این جمله باشد: "این برده متعلق به هیستیائوس است". در این حالت این پیام به برده اشاره می‌کند. در این صورت خالکوبی کردن چنین پیامی روی سر برده شاید در ابتدای امر نوعی عمل تزیینی به نظر برسد اما اگر کسی ادعا کند که مالک برده است، هیستیائوس می‌تواند با نشان دادن خالکوبی روی سر برده مالکیت خویش را اثبات کند. در سناریوی دوم، این برده است که برای هیستیائوس ارزشمند است و پیام فقط اطلاعات مفیدی در مورد برده ارائه می‌کند.

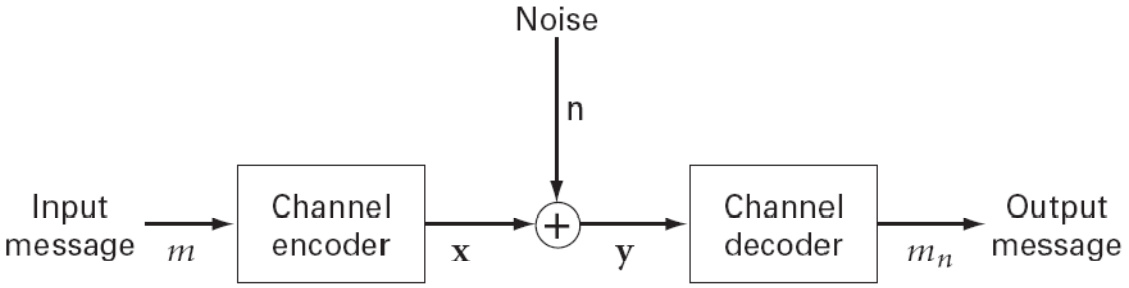
بر این اساس می‌توان سیستم هایی که برای وارد کردن پیام در یک تصویر استفاده می‌شوند را به دو دسته تقسیم کرد: سیستم های ته‌نقش نگاری که در آن پیام مرتبط با تصویر اصلی است و سیستم های غیر ته‌نقش نگاری که در آن پیام مخفی شونده در تصویر، ربطی به آن ندارد. با دیدگاه دیگر می‌توان این سیستم ها را به دو دسته سیستم های پنهان نگاری و غیر پنهان نگاری نیز تقسیم کرد. در سیستم پنهان نگاری وجود پیام در تصویر باید مخفی نگه داشته شود ولی در سیستم های غیر پنهان نگاری نیازی به مخفی کردن وجود پیام در تصویر نیست[۲].

---

[1] Data hiding
[2] Steganography
[3] Imperceptible

۲-۲ مدل مخابراتی ته‌نقش‌نگاری

شکل ۲-۱ مدل ساده و متداول یک سیستم مخابراتی را نشان می‌دهد. در این مدل m پیامی است که باید از طریق کانال ارتباطی منتقل شود. این پیام توسط کدکننده کانال کد شده و برای انتقال روی کانال آماده می‌شود. این سیگنال کد شده که x نامیده شده، از طریق کانال انتقالی که فرض شده دارای نویز است، منتقل می‌شود. بنابراین سیگنال دریافتی در کدگشا که با y نشان داده شده با x متفاوت خواهد بود. به بیان دیگر کانال انتقال، نویز اضافه شونده n را به x اضافه کرده است. در گیرنده، سیگنال دریافتی y به کدگشا وارد شده و تلاش می‌شود که با انجام عکس عملیات کدگذاری، پیام منتقل شده بازیابی گردد.



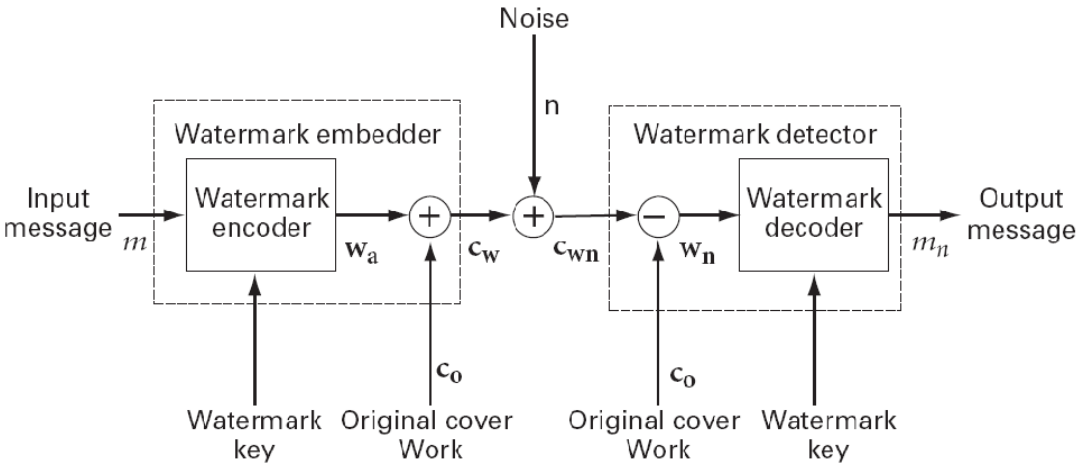
شکل ۲-۱- مدل استاندارد یک سیستم مخابراتی[۲]

ته‌نقش‌نگاری به نوعی یک سیستم مخابراتی است که در آن پیامی‌از سوی پنهان کننده‌ی ته‌نقش به دریافت کننده آن منتقل می‌شود. با درنظر گرفتن چنین مفهومی‌می‌توان یک سیستم ته‌نقش‌نگاری را به صورت یک مدل مخابراتی درنظرگرفت. دراین بخش ۳ نوع مدل مخابراتی برای ته‌نقش نگاری معرفی می‌شود که تفاوت بین آن‌ها در نحوه تفسیر جایگاه تصویر اصلی است. در مدل پایه که به عنوان اولین مدل معرفی می‌شود، تصویر اصلی کاملا به صورت نویز تلقی شده است. در مدل دوم، تصویر اصلی به منزله نویزی است که به عنوان اطلاعات جانبی[1] به کدکننده اعمال می‌شود. مدل سوم تصویر اصلی را نویز تلقی نمی‌کند بلکه آن را نیز به عنوان یک پیام که از طریق کانال منتقل شده درنظر می‌گیرد[۲].

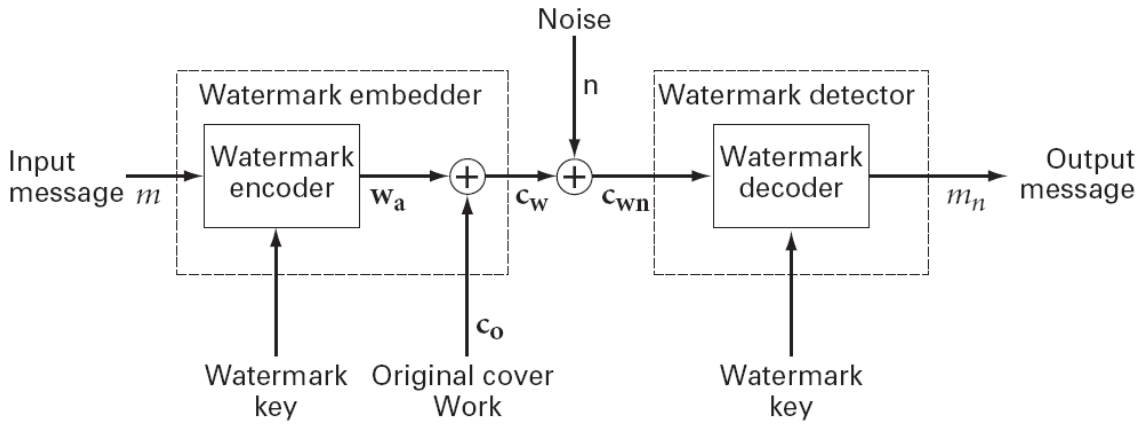
۲-۲-۱ مدل پایه

شکل ۲-۲ و شکل ۲-۳ یکی از مدل‌های نگاشت کردن سیستم ته‌نقش‌نگاری به مدل مخابراتی را نشان می‌دهد. شکل ۲-۲ حالت مطلع و شکل ۲-۳ حالت کور این مدل را نشان می‌دهد.

[1] Side information



شکل ۲-۲- نگاشت سیستم ته‌نقش نگاری مطلع به مدل مخابراتی[۲]



شکل ۲-۳- نگاشت سیستم ته‌نقش نگاری کور به مدل مخابراتی[۲]

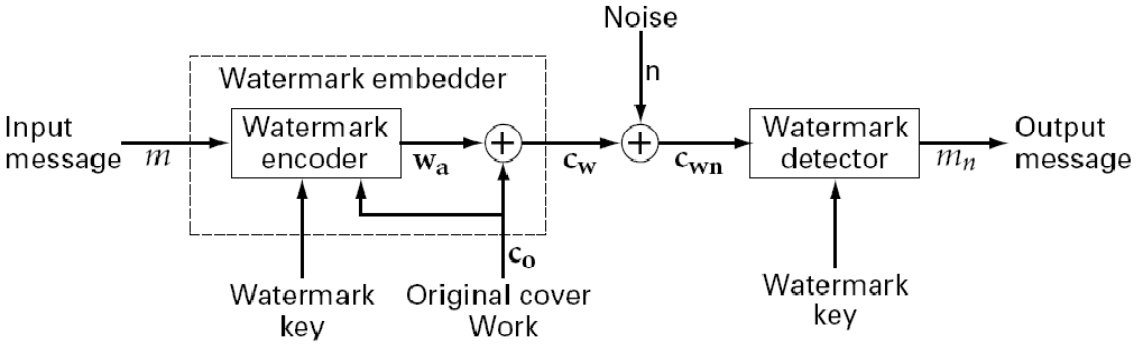
فارغ از اینکه استخراج ته‌نقش بصورت مطلع یا کور صورت باشد، مرحله ته‌نقش‌نگاری دو گام اساسی دارد: اول اینکه پیام مورد نظر به یک "الگوی قابل اضافه شدن" به تصویر تبدیل می‌شود، این الگو در شکل ۲-۲ و شکل ۲-۳ با W_a و تصویر اصلی با c_o نشان داده شده است. عمل تبدیل پیام مورد نظر به الگوی قابل اضافه شدن به تصویرممکن است توسط یک کلید ته‌نقش‌نگاری انجام شود. سپس W_a به تصویر اصلی اضافه شده و تصویر ته‌نقش‌نگاری شده را به وجود می‌آورد.

ممکن است مرحله استخراج درصورت مطلع بودن دارای دو بخش باشد: اول تصویر اصلی از تصویر ته‌نقش نگاری شده کم می‌شود و سپس الگوی بدست آمده، توسط آشکارساز ته‌نقش با استفاده از کلید ته‌نقش نگاری کدگشایی می‌شود. از آنجا که اثر اضافه شدن تصویر اصلی به ته‌نقش، با عمل تفاضل گیری در مرحله استخراج کاملا خنثی می‌شود، تنها تفاوت بین W_a و W_n در اثر نویز خواهد بود.

بنابراین با صرفنظر از اثر اضافه شدن تصویر اصلی، کدکننده ته‌نقش، اضافه شدن نویز و کدگشای ته‌نقش در مجموع سیستمی مشابه یک مدل مخابراتی معمولی را تشکیل می‌دهند. 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 بصورت یک نسخه نویزی از ته‌نقش اصلی تصور کرد که نویز اضافه شده به آن ترکیب نویز کانال و تصویر اصلی است. دراین حالت می‌توان در کدگشا، تصویر ته‌نقش نگاری شده را به عنوان نسخه‌ی آسیب دیده ای از ته‌نقش اصلی درنظرگرفته و از کدگشای ته‌نقش نیز به کدگشای کانال تعبیر کرد. بنابراین می‌توان به سیستم ته‌نقش نگاری به عنوان یک مدل مخابراتی ساده نیز نگاه کرد[۲].

۲-۲-۲ ته‌نقش‌نگاری به عنوان یک مدل مخابراتی با اطلاعات جانبی در فرستنده[1]

مدل مطرح شده در بخش قبل تنها راه ممکن برای مدل سازی سیستم ته‌نقش نگاری نیست و نمی‌تواند با تمام الگوریتم های ممکن برای ته‌نقش نگاری منطبق شود زیرا در این مدل کدکننده از تصویر اصلی مستقل درنظرگرفته شده است.



شکل ۲-۴ – مدل مخابراتی سیستم ته‌نقش نگاری با اطلاعات جانبی در فرستنده[۲]

از آنجا که تصویر اصلی مسلما برای کدکننده شناخته شده است، دلیلی ندارد که از اطلاعات آن برای جاسازی ته‌نقش استفاده نشود. با بررسی تصویر اصلی قبل از ته‌نقش نگاری و استخراج اطلاعاتی از آن، می‌توان روش‌های ته‌نقش نگاری موثرتری نیز ارائه داد. در مدل نشان داده شده در شکل ۲-۴، W_a به تصویر اصلی نیز وابسته است. این مدل درست مشابه مدل شکل ۲-۳ است و تنها تفاوت آن در نظر گرفتن تصویر اصلی به عنوان یک ورودی اضافی برای کدکننده ته‌نقش است[۲].

[1] Transmitter

۲-۲-۳ مدل ارتباطی مالتی پلکس برای ته‌نقش نگاری

شکل ۲-۵ مدل دیگری را برای نگاشت سیستم ته‌نقش نگاری به مدل مخابراتی ارائه می‌دهد. در این مدل تصویر اصلی به عنوان بخشی از کانال انتقال درنظر گرفته نمی‌شود. بلکه دومین پیامی‌است که توسط تصویر ته‌نقش نگاری شده انتقال می‌یابد. دو پیام منتقل شونده شامل تصویر اصلی و m هستند که هرکدام توسط دو دریافت کننده کاملا متفاوت دریافت می‌شوند: اولی توسط سیستم بینایی انسان و دومی‌توسط کدگشای ته‌نقش.

در این حالت کدکننده، ته‌نقش و تصویر اصلی را در یک سیگنال تلفیق می‌کند. این ترکیب پیام مشابه انتقال چندین پیام بر روی یک خط انتقال ارتباطی از طریق تقسیم زمانی یا تقسیم فرکانسی است. اما تفاوت عمده اینجاست که در مدل های متداول مخابراتی، تکنولوژیهای استفاده شده برای جداسازی پیام ها یکسان است اما در ته‌نقش نگاری، پیام ها توسط دو تکنولوژی کاملا متفاوت که یکی از آن‌ها سیستم استخراج ته‌نقش و دیگری سیستم ادراکی انسان است، از هم جدا می‌شوند.

چنین تفاوتی مانند این است که در یک سیستم مخابراتی، برای یک پیام از تقسیم فرکانسی و برای پیام دیگر از طیف گسترده[1] استفاده شود. پس از عبور تصویر ته‌نقش نگاری شده از کانال انتقال، ممکن است به عنوان ورودی به سیستم بینایی انسان یا کدگشای ته‌نقش وارد شود. از دیدگاه سیستم بینایی انسان، آنچه دریافت می‌شود باید تا حد امکان به تصویر اصلی شباهت داشته باشد و اثری از ته‌نقش در آن به چشم نیاید. از دید سیستم کدگشا، ته‌نقش باید بدون هیچ گونه اثر مداخله ای از تصویر اصلی دریافت شود. درصورت مطلع بودن روش ته‌نقش نگاری، یک ورودی دیگر که تصویر اصلی است به کدگشا وارد می‌شود.

با چنین مدلی، نوعی تقارن بین ته‌نقش و تصویر اصلی قابل درک است. از جمله مفاهیمی‌که این تقارن را در ادبیات ته‌نقش نگاری به خوبی آشکار میکند "نسبت سیگنال به نویز" است. زمانی که صحبت از شفافیت است، "سیگنال" همان تصویر اصلی است و "نویز" ته‌نقشی که به آن اضافه می‌شود. زمانی که از موثر بودن و مقاومت روش ته‌نقش نگاری صحبت می‌شود، می‌توان نوع دیگری به مسئله نگاه کرد: "سیگنال" همان ته‌نقش و "نویز" تصویر است[۲].

[1] Spread spectrum