

## یک روش جدید برای پنهان‌نگاری تصاویر به کمک تبدیلات موجک

محسن شاهرزایی<sup>۱\*</sup>، نوید رزمجوی<sup>۲</sup>

۱- استادیار، ۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه جامع امام حسین (ع)

(دریافت: ۹۷/۰۹/۱۰، پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۴)

### چکیده

در عصر حاضر، به موازات گسترش فناوری در زمینه‌های مختلف و امکان شدن کارهای مختلف از راه دور و با استفاده از شبکه‌های داخلی و اینترنت، مشکلاتی نیز کنار این فناوری‌ها به وجود آمده است. از جمله این مشکلات می‌توان به حفظ امنیت اطلاعات در زمان ارسال و دریافت برای جلوگیری از دسترسی‌های غیرمجاز اشاره کرد. پنهان‌نگاری، علم پنهان‌سازی و پوشاندن اطلاعات مورد نظر با بیشترین میزان دقت به امنیت، جهت انتقال امن اطلاعات بین نقاط موردنظر است، به طوری که حتی در صورت دستیابی افراد غیرمجاز به اطلاعات، امکان دستیابی به داده‌های پنهان وجود نخواهد داشت. در پنهان‌نگاری دو ویژگی مهم وجود دارد. اول این‌که تعبیه اطلاعات نباید تغییرات قابل توجهی در محیط میزبان ایجاد کند و دوم این‌که خواص آماری پوشانه و پیام تا حد امکان به هم نزدیک باشند تا عمل پنهان‌نگاری بهتر انجام گیرند. هدف اصلی در این مقاله ارائه یک روش جدید بر اساس تبدیلات موجک برای رسیدن به یک روش پنهان‌نگاری مناسب است. در این روش، بر اساس تبدیلات موجک، تصاویر رنگی موردنظر برای پنهان‌نگاری در تصاویر دیگری پنهان‌نگاری می‌شوند که به صورت عادی قابل مشاهده نیستند و برای مشاهده آن به کلید آن نیاز خواهد بود. نتایج شبیه‌سازی نشان‌دهنده کارایی بالای روش پیشنهادی است.

**کلیدواژه‌ها:** احراز هویت، پنهان‌نگاری، تصویر دیجیتال، تبدیل موجک، روش تجزیه مقدار تکین

### ۱- مقدمه

باشد [۱-۲]. با این وجود، در بیشتر برنامه‌های کاربردی پنهان‌نگاری، انواع مختلفی از مشکلات مانند امنیت پایین، قابلیت کم، احراز هویت ضعیف و غیره پیش می‌آید و باعث ایجاد محدودیت در فرایند کاربرد فناوری‌های پنهان‌نگاری می‌شود.

بیشتر روش‌های پنهان‌نگاری بر اساس تصاویر خاکستری انجام می‌شود. این مورد باعث شده است تا به تازگی علاقه محققان به پنهان‌نگاری تصاویر رنگی افزایش یابد. در پنهان‌نگاری تصاویر، سه مولفه ظرفیت، شفافیت و مقاومت مشخصه‌های اصلی بوده و با توجه به دو مولفه، آنگاه مولفه بعدی را با توجه به کاربرد پیدا می‌نمایند. در حال حاضر، روش‌های پنهان‌نگاری را می‌توان به دو دسته اصلی از جمله روش حوزه مکان و روش حوزه تبدیل تقسیم‌بندی کرد. روش حوزه مکان، داده‌ها را با تغییر ارزش‌های پیکسل تصویر اصلی در فضای تصویر طبیعی پنهان‌نگاری می‌کند، اما روش حوزه تبدیل این کار را در ضرایب دامنه تبدیل انجام می‌دهد.

استفاده از روش پنهان‌نگاری در حوزه مکان، روشی ساده است که دارای پیچیدگی کم‌تر بوده و اجرای آن آسان‌تر است. از جمله روش‌های بر پایه حوزه مکان، می‌توان به روش بیت کم ارزشترین (LSB) [۳-۴]، روش بر پایه همبستگی (CBT) [۵-۶] و روش

امروزه با توسعه فناوری‌های چندرسانه‌ای، سیستم‌های چندرسانه‌ای دیجیتال برای استفاده در مقیاس وسیعی از برنامه‌های کاربردی مورد استفاده قرار گرفته است. در میان برنامه‌های کاربردی مختلف، برنامه‌های افزایش امنیت اطلاعات و احراز هویت به دلیل ضرورت امنیت اطلاعات چندرسانه‌ای به عنوان یکی از مهم‌ترین بحث‌ها در این حوزه شناخته شده است.

پنهان‌نگاری دیجیتال به‌عنوان یک روش محافظت چندرسانه‌ای، فرآیندی است که اطلاعات دیجیتال (علامت) را به صورت یک تصویر مخفی یا جاسازی می‌کند. سپس، تصویر جاسازی شده می‌تواند از محصول با پنهان‌نگاری شده برای اهداف امنیتی مانند تضمین انتقال مخفی اطلاعات و حل و فصل مالکیت کپی‌رایت استفاده کرد.

به طور کلی، یک سیستم پنهان‌نگاری شده دیجیتال خوب باید دارای ویژگی‌هایی مانند امنیت، مقاوم بودن در برابر دیکد کردن توسط هکرها، مقاومت در برابر حذف راحت آن، حساسیت پایین

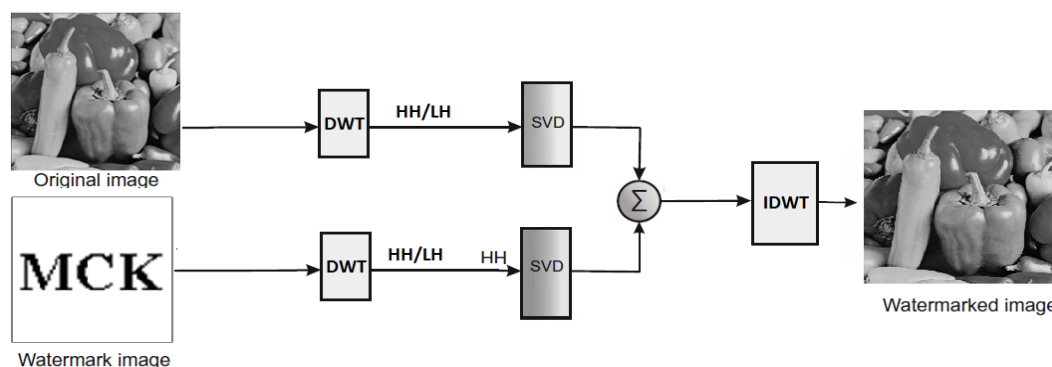
تجزیه مقدارتکین یک روش تجزیه ماتریس بهینه بر اساس کمترین مربعات است. این روش حداکثر انرژی را در چند ضریب شامل می‌شود.

از آنجا که تجزیه مقدارتکین می‌تواند با تغییرات در آمار محلی یک تصویر سازگار باشد، طرح‌های نهان‌نگاری با این روش معمولاً توانایی زیادی دارند. بسیاری از روش‌های نهان‌نگاری مبتنی بر تجزیه مقدارتکین داده‌ها را با بهبود مقادیر تکین جاسازی می‌کنند.

یکی از خواص ریاضی جذاب SVD این است که تغییرات اندک بر روی مقادیر تکین، ویژگی‌های بینایی تصویر پوشش دهنده را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد که به نوبه خود باعث می‌شود روش نهان‌نگاری به سمت نتیجه‌ای مقاوم‌تر سوق پیدا کند. از این‌رو، بسیاری از فنون تصویربرداری بر اساس این دو روش تبدیل انجام می‌پذیرند [۱۳-۱۵].

از آنجا که استفاده از روش SVD برای نهان‌نگاری از لحاظ محاسباتی پیچیده می‌باشد، در این مطالعه به ارائه روشی ترکیبی شامل روش DWT و SVD برای از بین بردن معایب این دو روش و استفاده از محاسن دو روش بیان شده خواهیم پرداخت؛ به عبارت دیگر، دستیابی به روشی با عملکرد بهتر و نیاز به محاسبات کمتر.

در روش پیشنهادی، پس از تجزیه یک مرحله‌ای DWT بر روی تصویر پوشش به چهار زیرباند، ما SVD را فقط به دو زیرباند فرکانس پایین و بالا (نه کل آن) اعمال می‌کنیم و نهان‌نگاری را در مقادیر تکین زیرباندهای بیان‌شده تعبیه می‌کنیم تا ویژگی‌های غیرقابل مشاهده بودن و مقاوم بودن تامین شوند. در شکل (۱)، الگوریتم کلی سیستم پیشنهادی نشان داده شده است:



شکل (۱): نمودار کلی الگوریتم نهان‌نگاری پیشنهادی

کدگذاری پیش‌بینی شده (PC) [۷] اشاره کرد.

با این وجود، این روش در برابر حملات اعمالی بر روی تصاویر بسیار ضعیف و شکننده است. مزیت اصلی روش‌های دامنه تبدیل در این است که در مواجهه با اعوجاج طبیعی تصویر، برتری قابل مقایسه‌ای نسبت به روش مبتنی بر دامنه فضایی دارد. از سوی دیگر، روش‌های بر پایه حوزه تبدیل، مدولاسیون ضرایب دامنه عمل نهان‌نگاری را انجام می‌دهند؛ به عبارت دیگر، این روش در برابر خطرات احتمالی مانند اعمال فیلتر و اعوجاج هندسی و غیره، مقاوم هستند. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش تبدیل کسینوسی گسسته (DCT) [۸-۹]، تبدیل موجک گسسته (DWT) [۱۰-۱۱] و روش تجزیه مقدار تکین (SVD) [۱۲] اشاره کرد. این روش‌ها دارای مقاومت بیشتری در برابر حملات می‌باشند.

تبدیل موجک گسسته یکی از روش‌های محبوب حوزه تبدیل است که می‌تواند در نهان‌نگاری تصاویر مورد استفاده قرار گیرد. در این روش، تصویر ورودی به چهار باند تقسیم می‌شود و می‌تواند با استفاده از تعبیه داده‌ها در تمامی فرکانس‌ها برای اهداف نهان‌نگاری تصاویر به کار رود. این روش ممکن است در بعضی موارد یک تصویر بهینه از تصویر داده‌شده را ایجاد نکند.

اگر چه روش بر پایه تبدیل موجک گسسته می‌تواند مشکل عدم مقاومت در برابر حملات هندسی مانند تغییر مقیاس، چرخش، انتقال و مشابه آن‌ها را حل کند، اما مسئله این است که چنانچه در این حالت تغییری در ضرایب تبدیل ایجاد شود، تاثیر آن بر روی کل تصویر خواهد بود.

در سال‌های اخیر، روشی به نام روش تجزیه مقدارتکین (SVD) با توجه به ثبات خوبی که در پردازش سیگنال دارد، در طراحی نظری نهان‌نگاری مورد توجه قرار گرفته است. روش

پردازش تصویر است که می‌تواند در کاربردهای مختلف مانند فشرده‌سازی، کاهش نویز و کاربردهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع، DWT یک نمونه گسسته از تبدیل موجک است.

از آنجایی که روش‌های DWT دارای تفکیک‌پذیری زمانی هستند، نسبت به تبدیل فوریه دارای برتری هستند: این روش اطلاعات مربوط به مکان و فرکانس را ذخیره می‌کند. ساختار اصلی DWT بر اساس تجزیه و تحلیل چند وضوحی است که تصویر را در کانال‌های فرکانس و پهنای باند ثابت در مقیاس لگاریتمی تجزیه می‌کند.

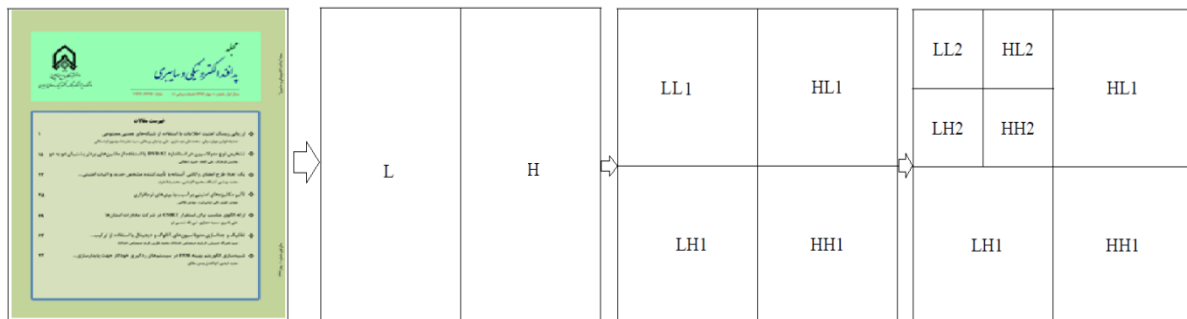
با استفاده از DWT، یک تصویر ورودی را می‌توان به چهار زیر باند شامل LL، LH، HL و HH تقسیم کرد. در سطح ۱ دامنه DWT قرار می‌گیرد. در اینجا LL، LH و HH ضرایب کوچک موجک را در نظر می‌گیرند ولی LL شامل ضرایب اصلی نشان داده می‌شود. به‌علاوه، سطوح مختلف تجزیه می‌توانند دوباره برای زیر باند LL تجزیه شوند. در این حالت، تجزیه تا جایی ادامه خواهد یافت که به تعداد سطوح در نظر گرفته‌شده توسط روش برسیم.

طبق توضیحات بالا مشاهده می‌شود که روش ما نسبت به روش‌های مشابه به محاسبات SVD کمتری نیاز دارد به‌علاوه، بر خلاف بسیاری از الگوریتم‌های مبتنی بر DWT-SVD، که مقادیر تکین نهان‌نگاری را در مقادیر تکین تصویر پوشش تعبیه می‌کنند، روش ما به‌طور مستقیم نهان‌نگاری را در مقادیر تکین تصویر پوشش تعبیه می‌کند تا کیفیت تصویر در حد بالاتری باقی بماند.

ساختار ادامه مقاله به این ترتیب است: در بخش دوم مبانی نظری تبدیل موجک گسسته و مفهوم زیرباندکردن آن مطرح شده است، در بخش سوم در مورد مفهوم روش تجزیه مقدار تکین و کاربردهای آن در نهان‌نگاری تصویر بحث شده است و در بخش چهارم روش پیشنهادی ارائه شده برای نهان‌نگاری ارائه شده است. در بخش پنجم نتایج آزمایش‌ها و ارزیابی‌ها نشان داده شده و بالاخره در بخش ششم جمع‌بندی کلی مسئله ارائه شده است.

## ۲- تبدیل موجک گسسته

تبدیل موجک گسسته (DWT) یکی از روش‌های محبوب در



شکل (۱): نمودار دو سطح از تجزیه به روش تبدیل موجک

برای ماتریس‌های مستطیلی بسط یافت [۱۶].

این روش به‌علت نیاز به روش‌های عددی پیچیده، به عنوان ابزار محاسباتی، تا دهه ۱۹۶۰ مورد استفاده قرار نگرفت. در سال‌های بعد، ژن گلوب<sup>۴</sup> روشی سودمند و عملی برای حل این‌گونه مسائل در کاربردهای مختلف نشان داد [۱۷]. SVD از جمله مفیدترین ابزار جبرخطی با کاربردهای مختلف از جمله فشرده‌سازی تصاویر [۱۸-۲۱] و نهان‌نگاری [۲۲-۲۴] و دیگر زمینه‌های پردازش سیگنال [۲۵-۲۷] است.

## ۳- روش تجزیه مقدار تکین

به تازگی، استفاده از روش تجزیه مقدار تکین (SVD) به‌عنوان ابزاری جهت نهان‌نگاری تصاویر مورد استفاده قرار گرفته است. SVD در ابتدا برای ماتریس‌های مربعی به‌طور مستقل توسط بلترامی<sup>۱</sup> در سال ۱۸۷۳ و همچنین توسط جردن<sup>۲</sup> در سال ۱۸۷۴ معرفی شد. این روش بعدها در دهه ۱۹۳۰ توسط اکارت و یانگ<sup>۳</sup>

<sup>1</sup> Beltrami

<sup>2</sup> Jordan

<sup>3</sup> Eckart and Young

<sup>4</sup> Gene Golub

که در آن،  $k=1,2$  نشان‌دهنده زیرباندها است.

بعد از آن، تصویر نهان‌نگاری شده به دو بخش تقسیم می‌شود، یعنی  $W = W^1 + W^2$  که  $W^k$  نیمی از تصویر نهان‌نگاری شده را توصیف می‌کند. در اینجا، با استفاده از  $W^1$  و  $W^2$ ، مقادیر تکین HL و LH اصلاح شده و سپس روش تجزیه مقدار تکین بر روی آنها به شرح زیر اعمال می‌شود:

$$S^K + \alpha W^K = U_W^K S_W^K V_W^{KT} \quad (۳)$$

که در آن،  $\alpha$  فاکتور مقیاس<sup>۱</sup> را توصیف می‌کند.

توضیح آن‌که در این مرحله، کلیه مقادیر تکین تصویر با استفاده از یک ضریب ثابت که با نام عامل مقیاس تعریف می‌شود، تغییر مقیاس یافته و با مقادیر تکین تصویر نهان‌نگاری شده ترکیب شده و نتیجه حاصل با مقادیر تکین تصویر اصلی جایگزین می‌شوند.

توجه شود که،  $\alpha W^K$  در اصل برای به‌روزرسانی فرمول برای دو زیربخش تصویر نهان‌نگاری استفاده می‌شود.

فاکتور مقیاس می‌تواند برای کنترل استحکام نهان‌نگاری استفاده شود. در ادامه، نحوه دست یافتن به ضرایب موجک اصلاح شده نشان داده شده است.

$$A^{*K} = U^K S_W^K V_W^{KT} \quad (۴)$$

و در نهایت، با استفاده از روش معکوس موجک (IDWT) با ضرایب DWT اصلاح شده و ضرایب DWT بدون تغییر، می‌توان تصویر نهان‌نگاری شده را به‌دست آورد.

#### ۴-۲- استخراج تصویر نهان‌نگاری شده

در ابتدا تبدیل موجک یک‌سطحی از نوع هار برای تجزیه تصویر نهان‌نگاری شده به چهار زیرباند (HH, HL, LH, LL) استفاده می‌شود. پس از آن، روش تجزیه مقدار تکین بر روی زیرباندهای LH و HL اعمال می‌شود.

$$A_W^{*K} = U^{*K} S_W^{*K} V^{*KT} \quad (۵)$$

پس از آن فرمول زیر اعمال می‌شود:

$$D^{*K} = U_W^K S_W^{*K} V_W^{KT} \quad (۶)$$

پس از آن تصویر نهان‌نگاری شده می‌تواند از طریق زیرباند

روش SVD بر روی ماتریس تولید شده برای یافتن مقادیر تکین اصلاح شده اعمال می‌شود. این مقادیر تکین با جزء شناخته‌شده ترکیب می‌شود تا تصویر نهان‌نگاری شده به‌دست آید. برای به‌دست آوردن تصویر اصلی در این حالت، نیاز به گرفتن معکوس فرآیند داریم.

روش SVD یک روش عمومی و محبوب برای حل مسائل کمترین مربعات، تحلیل چند متغیره برای محاسبه شبه معکوس یک ماتریس توصیف می‌کند. تصاویر در واقع یک ماتریس با ورودی‌های غیر منفی اسکالر است. یک تصویر با اندازه  $m \times m$  را در نظر بگیرید. برای یافتن SVD این تصویر می‌توان از فرمول زیر بهره برد.

$$\begin{aligned} A &= USV^T \\ S &= \text{diag}(\lambda_i) \\ i &= 1, \dots, n \end{aligned} \quad (۱)$$

که در آن،  $S$  یک ماتریس قطری شامل مقادیر تکین است که به‌صورت نزولی مرتب شده است و  $U$  و  $V$  ماتریس‌های متعامد را توصیف می‌کنند.

ستون‌های  $V$  شامل بردارهای تکین سمت راست و ستون‌های  $U$  شامل بردارهای تکین سمت چپ می‌باشند. با استفاده از روش SVD برای نهان‌نگاری تصویر، هر بلوک یا تصویر پوشش می‌یابد و سپس مقادیر تکین را برای نهان‌نگاری توسعه می‌دهد.

#### ۴-۱- روش پیشنهادی برای نهان‌نگاری به‌روش ترکیبی تبدیل موجک گسسته و روش تجزیه مقدار تکین

در ادامه دو مرحله‌ای که در روش پیشنهادی برای نهان‌نگاری تصویر مورد استفاده قرار گرفته‌اند، توضیح داده خواهند شد. این مطالعه دو مرحله‌ای برای نهان‌نگاری عبارتند از: تعبیه نهان‌نگاری و استخراج نهان‌نگاری که در ادامه به توضیح آن‌ها خواهیم پرداخت.

##### ۴-۱-۱- تعبیه نهان‌نگاری تصویر

در ابتدا تبدیل موجک یک‌سطحی از نوع هار (Haar) برای تجزیه تصویر پوشش  $A$  به چهار زیر-باند (HH, HL, LH, LL) استفاده می‌شود. پس از آن، روش تجزیه مقدار تکین بر روی زیر باندهای LH و HL اعمال می‌شود.

$$A^K = U^K S^K V^{KT} \quad (۲)$$

<sup>۱</sup> Scale Factor

توسط معادله زیر استخراج و بازیابی شود:

$$D^{*K} = U_W^K S_W^{*K} V_W^{KT} \quad (7)$$

پس از آن، نیمی از تصویر نهان‌نگاری شده براساس فرمول‌های (۳) و (۷) به صورت زیر استخراج می‌گردد:

$$W^{*K} = \frac{(D^{*K} - S^K)}{\alpha} \quad (8)$$

در نهایت با ترکیب نتایج  $W^{*K}$ ، تصویر نهان‌نگاری شده از دستور  $W^* = W^{*K} + W^{2*}$  استخراج می‌شود.

### ۵- ارزیابی و نتایج تجربی

کدنویسی روش پیشنهادی در محیط MTALAB و نسخه R2017b انجام شده است. عملکرد روش پیشنهادی بر روی تصاویر رنگی با اندازه‌های مختلف آزمایش شده است. معیارهای مختلفی برای تایید حضور نهان‌نگاری و نشان دادن شباهت بین مقادیر تکین اصلی و استخراج شده وجود دارد. در این پژوهش، ضریب همبستگی به شرح زیر مورد استفاده قرار گرفت:

$$\rho(w, \bar{w}) = \frac{\sum_{i=1}^r w(i) \bar{w}(i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^r \bar{w}^2(i)} \sqrt{\sum_{i=1}^r w^2(i)}} \quad (9)$$

که در آن،  $w$  و  $\bar{w}$  به ترتیب تصویر نهان‌نگاری شده اصلی و مقادیر تکین استخراج شده را نشان می‌دهند، و  $r = \max(M_1, N_1)$  به طوریکه،  $M_1, N_1$  تعداد سطر و ستون (اندازه) تصویر را نشان می‌دهد.

اگر مقدار  $\rho=1$  باشد، مقادیر تکین استخراج شده برابر با تصویر اصلی خواهد بود، در صورتی که  $\rho = -1$  باشد، سپس تفاضل برای بزرگترین مقدار تکین منفی است. در این حالت، یک تصویر نهان‌نگاری شده را ایجاد می‌کند که شبیه نکاتیو یک فیلم است. در جدول زیر ضرایب همبستگی برای تمام نهان‌نگاری‌های استخراج شده نشان داده شده است.

جدول (۱): ضریب همبستگی تصاویر استخراج شده

تصویر	فلفل	بابون	کره ماه	پرتره
فیلتر میانگین [۲۸]	-۰/۳۴۵۱	-۰/۳۳۳۱	-۰/۴۲۱۵	-۰/۳۲۸۱
فیلتر میانه [۲۹]	-۰/۴۱۵۸	-۰/۴۲۳۷	-۰/۴۰۵۳	-۰/۳۹۶۵
نویز گاوسین	۰/۵۸۲۳	۰/۵۶۱۱	۰/۱۲۶۳	۰/۵۱۲۳
تعدیل هیستوگرام [۳۰]	۰/۵۱۵۲	۰/۵۳۲۱	۰/۷۶۱۱	۰/۵۲۳۴

توجه شود که اندازه فیلتر هم برای میانگین و هم میانه برابر  $13 \times 13$  در نظر گرفته شده و شدت نویز گاوسین برابر با ۰/۷۵ انتخاب شده است.

از نتایج مشاهده می‌شود که روش پیشنهادی تا حدودی در برابر تعدیل هیستوگرام مقاوم است. شکل‌های (۳-۲) به ترتیب تصویر نهان‌نگاری شده و اطلاعات موجک را برای دو تصویر نمونه نشان می‌دهند. از نتایج شبیه‌سازی می‌توان مشاهده کرد که روش پیشنهادی در برابر حملات پردازش سیگنال مانند فیلترگذاری میانگین، فیلترگذاری میانه، نویز گاوسین، و تعدیل هیستوگرام مقاوم است.

برای بررسی بیشتر، نتایج PSNR سیستم پیشنهادی با مقایسه با دو روش مشابه دیگر در جدول (۲) نشان داده شده است. PSNR تصویر بر اساس فرمول زیر به دست می‌آید:

$$PSNR = 20 \log_{10} \left( \frac{255}{RMSE} \right) \quad (10)$$

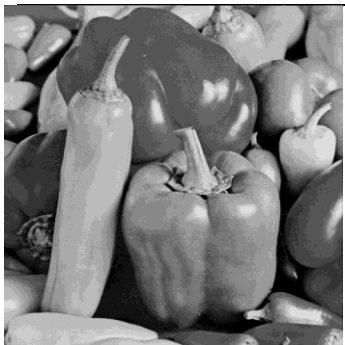

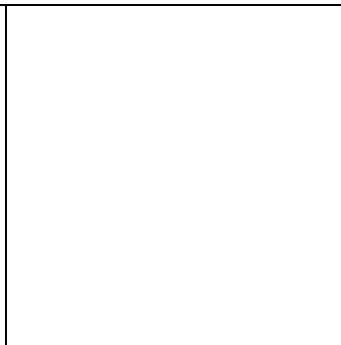
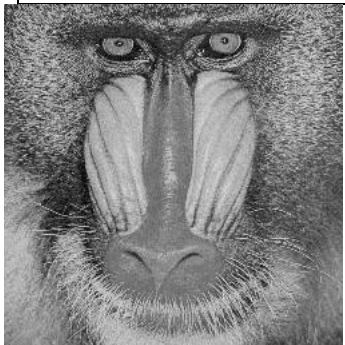

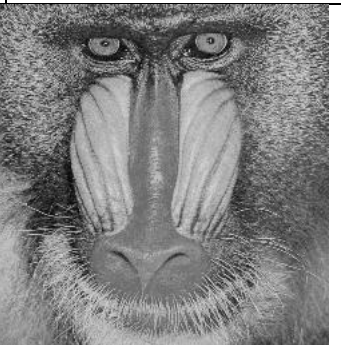
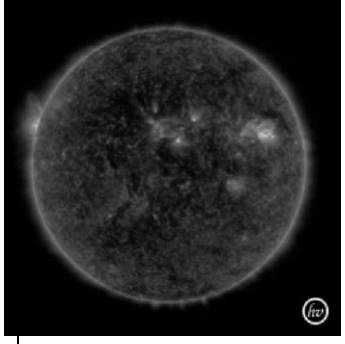
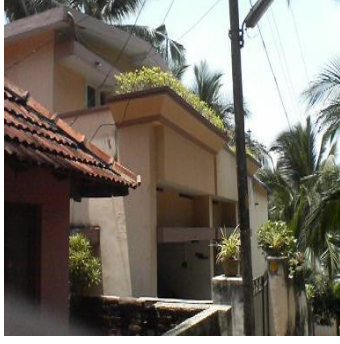
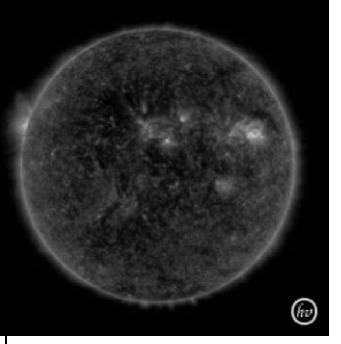



که در آن، RMSE خطای میانگین مربعات است و به صورت زیر به دست می‌آید:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{MN} \left( \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I(i,j) - \hat{I}(i,j))^2 \right)} \quad (11)$$

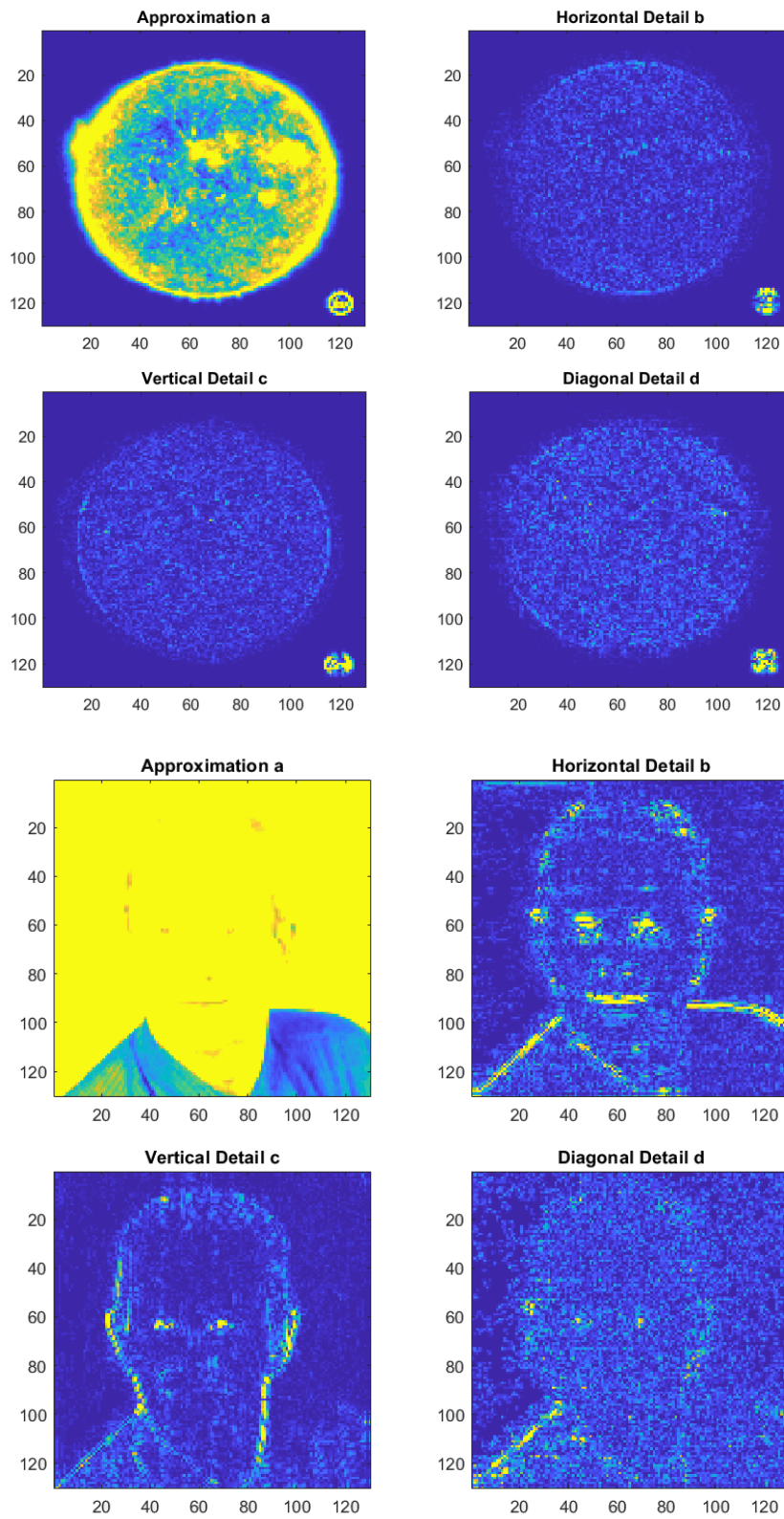
که در آن،  $I(i,j)$  تصویر اصلی و  $\hat{I}(i,j)$  تصویر نهان‌نگاری شده است.

جدول (۲): مقایسه مقدار PSNR برای چهار تصویر و مقایسه با دو روش مشابه

الگوریتم	مقدار PSNR		
	روش پیشنهادی	روش DWT [۱۱]	روش SVD [۳۱]
فلفل	۹۵/۱۴	۸۵/۵۵	۴۷/۶۲
بابون	۹۰/۷۹	۸۱/۲۷	۴۴/۱۳
کره ماه	۹۰/۳۲	۸۸/۶۴	۴۳/۱۲
پرتره	۹۷/۵۳	۸۷/۴۳	۵۴/۱۷

		
		
		
		
(ج)	(ب)	(الف)
اصلی	پوشش	بازسازی شده

شکل (۲): دو نمونه تصویر نهان‌نگاری شده و استخراج شده: (الف) تصویر مورد نظر، (ب) تصویر پوشش و (ج) تصویر اصلی پس از استخراج نهایی



شکل (۳): اطلاعات زیرباند LL, LH, LH و HH برای دو تصویر نمونه

Journal of Modern Education and Computer Science, vol. 4, p. 50, 2012.

- [11] S. P. Ambadekar, J. Jain, and J. Khanapuri, "Digital Image Watermarking Through Encryption and DWT for Copyright Protection," in *Recent Trends in Signal and Image Processing*, ed: Springer, pp. 187-195, 2019.
- [12] M.-J. Hwang, J. Lee, M. Lee, and H.-G. Kang, "SVD-based adaptive QIM watermarking on stereo audio signals," *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 20, pp. 45-54, 2018.
- [13] M. Kaur and V. K. Attri, "A Survey on Digital Image Watermarking and Its Techniques," *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, vol. 8, pp. 145-150, 2015.
- [14] T. K. Araghi, A. B. A. Manaf, M. Zamani, and S. K. Araghi, "A survey on digital image watermarking techniques in spatial and transform domains," *Int. J. Adv. Image Process. Techn.-IJIPT*, vol. 3, pp. 6-10, 2016.
- [15] C. Kumar, A. K. Singh, and P. Kumar, "A recent survey on image watermarking techniques and its application in e-governance," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 77, pp. 3597-3622, 2018.
- [16] E. Ganic and A. M. Eskicioglu, "Robust DWT-SVD domain image watermarking: embedding data in all frequencies," in *Proceedings of the 2004 Workshop on Multimedia and Security*, pp. 166-174, 2004.
- [17] D. Kahaner, C. Moler, and S. Nash, "Numerical methods and software," Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1989.
- [18] H. Andrews and C. Patterson, "Singular value decomposition (SVD) image coding," *IEEE transactions on Communications*, vol. 24, pp. 425-432, 1976.
- [19] A. M. Rufai, G. Anbarjafari, and H. Demirel, "Lossy image compression using singular value decomposition and wavelet difference reduction," *Digital signal processing*, vol. 24, pp. 117-123, 2014.
- [20] J. C. S. de Souza, T. M. L. Assis, and B. C. Pal, "Data compression in smart distribution systems via singular value decomposition," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 8, pp. 275-284, 2017.
- [21] J. SairaBanu, R. Babu, and R. Pandey, "Parallel implementation of Singular Value Decomposition (SVD) in image compression using open Mp and sparse matrix representation," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 8, 2015.
- [22] N. M. Makbol, B. E. Khoo, and T. H. Rassem, "Block-based discrete wavelet transform-singular value decomposition image watermarking scheme using human visual system characteristics," *IET Image Processing*, vol. 10, pp. 34-52, 2016.
- [23] N. M. Makbol and B. E. Khoo, "A new robust and secure digital image watermarking scheme based on the integer wavelet transform and singular value decomposition," *Digital Signal Processing*, vol. 33, pp. 134-147, 2014.
- [24] M. Ali, C. W. Ahn, and M. Pant, "A robust image watermarking technique using SVD and differential evolution in DCT domain," *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, vol. 125, pp. 428-434, 2014.
- [25] A. Cichocki, D. Mandic, L. De Lathauwer, G. Zhou, Q. Zhao, C. Caiafa, et al., "Tensor decompositions for signal processing applications: From two-way to multiway component analysis," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 32, pp. 145-163, 2015.
- [26] S. Chakraborty, S. Chatterjee, N. Dey, A. S. Ashour, and A. E. Hassanien, "Comparative approach between singular value decomposition and randomized singular value decomposition-based watermarking," in *Intelligent techniques in signal processing for multimedia security*, ed: Springer, pp. 133-149, 2017.

## ۶- نتیجه گیری

در این مقاله، روش جدیدی برای نهان‌نگاری تصویر بر اساس تبدیل موجک گسسته و روش تجزیه مقدار تکین پیشنهاد شده است که حاوی نهان‌نگاری یک تصویر اصلی (رنگی یا خاکستری) است. در روش پیشنهادی، ابتدا تصویر با کمک روش تبدیل موجک گسسته، به چهار زیرباند خود تجزیه می‌شود. سپس، تجزیه مقدار تکین برای فرکانس بالا و پایین هر باند محاسبه می‌شود و در نهایت، مقادیر تکین تصاویر با حداقل ابعاد به دست آمده و به باند اضافه می‌شود. از جمله مزایای این روش می‌توان به افزایش مقاوم بودن آن در برابر حملات هندسی برای اطلاعات جاسازی شده و کاهش پیچیدگی محاسباتی آن اشاره کرد. روش پیشنهادی در انتها بر روی دو تصویر مرجع اعمال شده و مقدار مقاومت آن‌ها برای نهان‌نگاری و استخراج داده مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج تجربی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در برابر تعدیل هیستوگرام مقاوم است.

## ۷- منابع

- [1] M. Ghayoori Sales, Gh. R. Bazdar, and A. Sarkardei, "Introduction of the Entropy-Based Method for Finding Influential Nodes in Information Dissemination on Online Social Networks," *Journal of Electronical & Cyber Defence*, vol. 6, pp. 1-9, 2018.
- [2] A. A. P. K. V. Hosseinnezhad, "Bayesian Networks Based Trust Model in Social Networks," *Journal of Electronical & Cyber Defence*, vol. 6, p. 10, 2018.
- [3] N. Jiang, N. Zhao, and L. Wang, "LSB based quantum image steganography algorithm," *International Journal of Theoretical Physics*, vol. 55, pp. 107-123, 2016.
- [4] M. M. Hashim, M. S. M. Rahim, F. A. Johi, M. S. Taha, and H. S. Hamad, "Performance evaluation measurement of image steganography techniques with analysis of LSB based on variation image formats," *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, pp. 3505-3514, 2018.
- [5] F. Ahmed and I. S. Moskowit, "Correlation-based watermarking method for image authentication applications," *Optical Engineering*, vol. 43, pp. 1833-1839, 2004.
- [6] S. A. Parah, J. A. Sheikh, N. A. Loan, F. Ahad, and G. M. Bhat, "Utilizing neighborhood coefficient correlation: a new image watermarking technique robust to singular and hybrid attacks," *Multidimensional Systems and Signal Processing*, vol. 29, pp. 1095-1117, 2018.
- [7] K. Chaitanya and K. G. Rao, "A Novel Approach To Medical Image Watermarking for Tamper Detection and Recovery of Region of Interest using Predictive Coding and Hashing," *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, vol. 96, 2018.
- [8] W. C. Chu, "DCT-based image watermarking using subsampling," *IEEE transactions on multimedia*, vol. 5, pp. 34-38, 2003.
- [9] M. Singh and A. Saxena, "Image watermarking using discrete cosine transform [DCT] and genetic algorithm [GA]," 2017.
- [10] N. Kashyap and G. Sinha, "Image watermarking using 3-level discrete wavelet transform (DWT)," *International*



- [30] E. Reddy and R. Reddy, "Dynamic clipped histogram equalization technique for enhancing low contrast images," Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences, pp. 1-26, 2018.
- [31] R. A. Ghazy, A. M. Abbas, N. Al-Zubi, E. S. Hassan, N. A. El-Fishawy, M. M. Hadhoud, et al., "Block-based SVD image watermarking in spatial and transform domains," International Journal of Electronics, vol. 102, pp. 1091-1113, 2015.
- [27] F. Fioranelli, M. Ritchie, and H. Griffiths, "Classification of unarmed/armed personnel using the NetRAD multistatic radar for micro-Doppler and singular value decomposition features," IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 12, pp. 1933-1937, 2015.
- [28] P. Moallem and N. Razmjooy, "A multi layer perceptron neural network trained by invasive weed optimization for potato color image segmentation," Trends in Applied Sciences Research, vol. 7, p. 445, 2012.
- [29] N. Razmjooy, B. S. Mousavi, M. Khalilpour, and H. Hosseini, "Automatic selection and fusion of color spaces for image thresholding," Signal, Image and Video Processing, vol. 8, pp. 603-614, 2014.

## A New Method for Image Steganography Using Discrete Wavelet Transforms

M. Shahrezaei, N. Razmjoei\*

\*Imam Hossein Comprehensive University

(Received: 01/12/2018, Accepted: 05/03/2019)

### ABSTRACT

*In the present era, along with the spread of technology in different fields and the possibility of remotely accomplishing different tasks and using internal networks and the Internet, related problems and challenges have occurred. One of these problems is maintaining the security of information while sending and receiving, to prevent unauthorized access. Watermarking is the science of hiding and covering the information with the highest degree of accuracy in security, in order to securely transfer information between the points of interest, so that even when an unauthorized access happens, there is no access to the watermarked data. There are two important features in watermarking. First, the information embedding should not make significant changes in the host environment, and second, the statistical properties of the cover image and the message should be as close as possible in order to have better cryptography. The main purpose of this paper is to provide a new method based on discrete wavelet transform to achieve a suitable cryptographic method. In this method, based on wavelet transforms, color images are watermarked so that they are not normally visible and their key is needed to view them. Simulation results indicate the efficiency of the proposed method.*

**Keywords:** Authentication, cryptography, digital image, wavelet transform, singular value decomposition

---

\* Corresponding Author Email: mshahrezaee@alumni.iust.ac.ir