

حمله کور بر روی تصاویر نشانه‌گذاری شده مبتنی بر قطعه‌بندی و تشابه غیر محلی

سیدحسین سلیمانی^۱، دانشجوی دکتری؛ امیرحسین طاهری‌نیا^۲، استادیار

۱- گروه کامپیوتر- دانشکده مهندسی - دانشگاه فردوسی مشهد - مشهد - ایران - seyedhosein.soleymani@stu.um.ac.ir

۲- گروه کامپیوتر- دانشکده مهندسی - دانشگاه فردوسی مشهد - مشهد - ایران - taherinia@um.ac.ir

چکیده: در این مقاله یک حمله جدید بر روی تصاویر نشانه‌گذاری شده معرفی شده است که قادر است نشانه جاسازی شده توسط روش‌های نشانه‌گذاری مبتنی بر کوانتیزه کردن و مدولاسیون لرزش را تخریب کند. این حمله از سه مرحله کلی تشکیل شده است که دو مرحله اول آن سعی در قطعه‌بندی و یافتن قطعه‌هایی از تصویر دارد که شباهت بیشتری به یکدیگر دارند و مرحله آخر سعی در از بین بردن نشانه با استفاده از جابه‌جایی قطعات متشابه پیدا شده دارد. یکی از ایده‌های اصلی روش پیشنهادی، الگوریتم یافتن زوج قطعه‌های مشابه از تصویر است که ممکن است در فاصله دور و نامشخص از هم باشند. با توجه به اینکه در حمله معرفی شده، دانستن دقیق الگوریتم‌های نشانه‌گذاری و استخراج استفاده شده مطرح نیست، می‌توان این روش را یک روش کور نامید. نتایج بدست آمده از پیاده‌سازی این روش و مقایسه انجام شده با سایر حملات عمد و غیرعمد نشان می‌دهد که روش پیشنهادی نشانه را به حد قابل قبولی از بین می‌برد و کیفیت تجاری تصویر را حفظ می‌کند. مقدار معیار NC بدست آمده برای این روش کمتر از ۰/۴ و مقدار معیار PSNR بین تصویر نشانه‌گذاری شده و تصویر مورد حمله قرار گرفته حدود ۳۹ دسی‌بل می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: نشانه، نشانه‌گذاری، حمله، قطعه‌بندی، تشابه غیر محلی.

Blind Attack on Watermarked Images Based on Segmentation and Non-Local Similarity

S. H. Soleymani¹, PhD Student; A. H. Taherinia², Assistant Professor

1- Department of Computer Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Email:

seyyedhosein.soleymani@stu.um.ac.ir

2- Department of Computer Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Email: taherinia@um.ac.ir

Abstract: In this paper a new attack is proposed on blind image watermarking, which is able to destroy the watermark embedded in an image using quantization and dither modulation embedding methods. This attack consists of three main steps: The first two steps are segmentation and finding more similar regions of image and the third step is swapping similar regions with each other. One of the main ideas in the proposed method is the algorithm of finding similar segments, which are far from each other and also are in indistinctive locations. This attack does not need to know the embedding and extraction algorithms and their parameters which are used. Therefore, this method is a blind attack. The results of this algorithm and its comparison with other intentional and unintentional attacks show that it can destroy embedded watermark properly and can preserve the quality of watermarked image. The value of NC metric is less than 0.4 and the value of PSNR metric is about 39 dB between the watermarked image and the attacked image.

Keywords: Watermark, watermarking, attack, segmentation, non-local similarity.

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۰۵

تاریخ اصلاح مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۲۱

نام نویسنده مسئول: امیرحسین طاهری‌نیا

نشانی نویسنده مسئول: ایران - مشهد - دانشگاه فردوسی مشهد - دانشکده مهندسی - گروه کامپیوتر.

۱- مقدمه

با توجه به گسترش روز افزون ارتباطات، حفاظت از داده‌هایی همانند تصویر، صدا و ویدئو از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از روش‌هایی که امروزه برای حفاظت از مالکیت تصویر و همچنین حفاظت از جعل و کپی‌برداری از آن استفاده می‌شود و روز به روز در حال پیشرفت است، نشانه‌گذاری^۱ می‌باشد. همچنین به منظور انتقال امن پیام در تصویر از روش‌های پنهان‌نگاری^۲ نیز استفاده می‌شود. روش‌های پنهان‌نگاری، در بیشتر موارد مقاومت خاصی در برابر عملیات رایج پردازش تصویر مانند فشرده‌سازی ندارند؛ گرچه تلاش‌هایی در این زمینه نیز انجام شده است و سعی در انتقال امن و مقاوم پیام نیز شده است [۱].

با استفاده از الگوریتم‌های نشانه‌گذاری می‌توان یک نشانه را به‌طور نامحسوس و یا محسوس در تصویر قرار داد. فرآیند استفاده از هر یک از الگوریتم‌های نشانه‌گذاری شامل مرحله جاسازی نشانه، مرحله انتقال تصویر حامل نشانه و مرحله استخراج نشانه می‌باشد [۲]. یکی از ویژگی‌هایی که هر الگوریتم نشانه‌گذاری باید آن را دارا باشد مقاومت آن در برابر حملات^۳ مختلف تخریب نشانه است، بنابراین برای ارزیابی روش‌های نشانه‌گذاری، آن‌ها را با حملات مختلف آزمایش می‌کنند. این حملات در مرحله دوم که همان مرحله انتقال است بر روی تصویر نشانه‌گذاری شده اعمال می‌شود. حمله کننده سعی دارد حمله‌ای را طراحی کند که در وهله اول بیشترین تخریب را بر روی نشانه ایجاد کند و همچنین تصویر حامل نشانه کاهش کیفیت محسوسی پیدا نکند و یا به عبارتی دیگر، ارزش تجاری تصویر حفظ شود.

در ادبیات تخریب نشانه، حملات را از جنبه مقدار اطلاعات مورد نیاز برای طراحی حمله می‌توان به دو دسته حمله کور^۴ و غیر کور تقسیم کرد. حملات کور، هیچ‌گونه اطلاعی در مورد روش نشانه‌گذاری و همچنین پارامترهایی که در زمان جاسازی نشانه استفاده شده است ندارد، یعنی می‌توان آنها را بر روی خانواده‌ای از الگوریتم‌های نشانه‌گذاری مختلف یا بر روی تمامی الگوریتم‌های نشانه‌گذاری اجرا کرد. حملات هدفمند^۵ (غیر کور)، با در نظر گرفتن روش نشانه‌گذاری سعی دارند که نشانه را از بین ببرند. به عبارتی دیگر این حملات فرآیند دقیق انجام روش نشانه‌گذاری و یا حتی پارامترهای استفاده شده در جاسازی را می‌دانند و در نتیجه حمله‌ای که صورت می‌گیرد یک حمله کور نیست بلکه مختص یک روش نشانه‌گذاری خاص ارائه شده است [۷، ۹، ۱۰]. از نقطه نظر دیگری نیز می‌توان حملات مختلف نشانه‌گذاری را به دو دسته حملات عمد و غیر عمد تقسیم‌بندی نمود. در حملات عمد یک حمله کننده با هدف تخریب نشانه محتمل در تصویر، حمله را اعمال می‌کند. در حالی که در حملات غیر عمد نشانه جاسازی شده در تصویر بر اثر عواملی مانند فشرده‌سازی تصویر و یا نویزهای رایج ممکن است مورد تخریب قرار گیرد.

یکی از روش‌های نشانه‌گذاری که به منظور جاسازی نشانه بسیار مرسوم است و بسیار استفاده شده است روش‌های مبتنی بر کوانتیزه کردن و در حالت تعمیم یافته، روش‌های مبتنی بر مدولاسیون لرزش

می‌باشند. در روش کوانتیزه کردن یک ضریب از دامنه مکان و یا فرکانس (مانند تبدیل موجک) انتخاب می‌شود و برای معنادار کردن آن ضریب، مقداری به آن اضافه و یا کم می‌شود و یا به عبارت دیگر در بازه مقادیر گسسته نمایش داده می‌شود. در این صورت هر ضریب کوانتیزه شده به بازه خاصی نزدیک به ضریب قبلی خود منتقل می‌شود تا بتواند یک بیت از نشانه را در خود نگه‌داری کند. با استفاده از این کار در صورتی که مقدار ضریب، بعد از حمله از بازه تعیین شده خارج نشود می‌تواند مقدار بیت نشانه‌ای که در خود دارد را نشان دهد.

برای مثال روش کوانتیزه کردن استفاده شده در [۱۷] بر روی ضرایب موجود در یک بلاک عمل می‌کند به گونه‌ای که دو ضریب ماکزیمم موجود در بلاک مورد نظر را انتخاب کرده و جاسازی را بر اساس اختلاف بین دو ضریب بیشینه در هر بلاک انجام می‌دهد. روش مدولاسیون لرزش، تعمیم یافته روش کوانتیزه کردن است و به جای اعمال شدن بر روی تنها یک ضریب، بر روی تعدادی ضریب به صورت همزمان برای جاسازی یک بیت از نشانه اعمال می‌شود تا مقاومت بالاتر رود. این در حالی است که ماهیت ایجاد تغییرات در هر ضریب مشابه روش‌های کوانتیزه کردن می‌باشد.

با توجه به اینکه روش‌های مبتنی بر کوانتیزه کردن و مدولاسیون لرزش سعی در ایجاد تغییراتی محدود در ضرایب خاصی از یک دامنه تبدیل دارند و همچنین در بسیاری از روش‌های نشانه‌گذاری مبتنی بر بلاک که اطلاعات مربوط به نشانه در تعداد محدودی بلاک قرار می‌گیرند، می‌توان با جابجایی بلاک‌های حاوی اطلاعات با بلاک‌هایی که در آنها اطلاعات معنی‌داری ندارد باعث تخریب نشانه شد و در فرآیند کشف نشانه اختلال ایجاد کرد. بنابراین در مقاله پیشنهادی سعی شده است که با جابجایی تعدادی از نواحی مشابه تصویر با هم، به امید جابجایی بلاک‌های حاوی اطلاعات با بلاک‌های بدون اطلاعات موجب تخریب نشانه شود. چالش اصلی در روش پیشنهادی یافتن نواحی مشابه به صورت کارا می‌باشد به نحوی که در طی این جابجایی‌ها کمترین تنزل کیفیت در تصویر نشانه‌گذاری شده وارد شود.

در این مقاله یک حمله جدید مبتنی بر قطعه‌بندی^۶ و جابجایی قطعه‌ها معرفی شده است تا بتوان با در نظر گرفتن این حمله، مقاومت^۷ الگوریتم‌های نشانه‌گذاری مبتنی بر کوانتیزه کردن^۸ و مدولاسیون لرزش^۹ را در آینده بهبود بخشید. روش ارائه شده بر اساس دسته‌بندی‌های صورت گرفته در بالا، یک روش عمد و کور می‌باشد که بر روی یک خانواده از الگوریتم‌های نشانه‌گذاری اعمال می‌شود؛ چرا که در آن هیچ‌گونه فرضی در مورد وجود و یا عدم وجود الگوریتم‌های نشانه‌گذاری و استخراج و پارامترهای به کار گرفته شده در الگوریتم نشانه‌گذاری مطرح نیست. بنابراین روش ارائه شده یک روش عمد و کور است و می‌توان از آن به عنوان ابزاری برای ارزیابی انواع روش‌های نشانه‌گذاری مبتنی بر کوانتیزه کردن و مدولاسیون لرزش استفاده شود. ادامه بخش‌های این مقاله در ادامه بیان شده است. در بخش ۲ کارهای مرتبط مورد بررسی قرار می‌گیرند. در بخش ۳ روش پیشنهادی و در

همسایگی محلی که در مقاله تعریف شده است، ترمیم می‌شود. نویزهایی که به تصویر اعمال می‌شود در قالب بلوک‌های 3×3 و با توزیع یکنواخت می‌باشد. تعداد این بلوک‌ها می‌تواند متغیر باشد و هر چه تعداد بلوک‌ها بیشتر باشد قدرت حمله بیشتر می‌شود. به‌منظور ترمیم قسمت‌های تخریب شده از تصویر در این حمله از روش معرفی شده در مقاله [۱۳] استفاده شده است. در این روش به‌منظور حفظ کیفیت تصویر ترمیم شده نسبت به تصویر اولیه، در یک پنجره محلی اطراف هر بلوک تخریب شده، به دنبال بلوکی می‌گردد که بیشترین شباهت را با همسایگی‌های بلوک تخریب شده داشته باشد. می‌توان یکی از مشکلات این روش را، در نظر نگرفتن اطلاعات سایر قسمت‌های تصویر به منظور بازسازی قسمت تخریب شده در نظر گرفت؛ چراکه در این روش به‌منظور افزایش سرعت، جستجو تقریباً به‌صورت محلی انجام می‌شود.

در مقاله [۱۴]، یک روش مبتنی بر تغییر اندازه تصویر پیشنهاد شده است. در این روش برای تغییر اندازه تصویر ابتدا سطرها و ستون‌هایی پیدا می‌شود که کمترین مقدار انرژی را دارا هستند و به کمک حذف این سطرها یا ستون‌ها تصویر تغییر اندازه می‌یابد. به عبارتی با در نظر گرفتن یک آگاهی از تصویر، آن تصویر تغییر اندازه می‌یابد. در مقابل این روش، اگر یک سطر یا یک ستون به طور دلخواه حذف شود ممکن است مقداری که حذف می‌شوند دارای انرژی بالایی باشند و با حذف آنها کیفیت تصویر از بین برود. بنابراین این روش برای حفظ کیفیت تصویر به دنبال پیدا کردن یک شکاف در تصویر نشان‌گذاری شده می‌باشد که این شکاف یک مسیر از پیکسل‌های تصویر است که دارای کمترین انرژی باشد. این شکاف شامل شکاف‌های عمودی و شکاف‌های افقی است. بعد از پیدا کردن شکاف‌ها، برای تغییر اندازه تصویر می‌توان این شکاف را حذف نمود به طوری که انرژی تصویر حفظ شده و کمترین خسارت از لحاظ بصری به تصویر وارد شود.

در مقاله [۱۵]، یک حمله کور مبتنی بر تبدیل موجک 1° پیشنهاد شده است. این روش نیز به منظور ایجاد کمترین خسارت از لحاظ بصری به تصویر، به دنبال یک آگاهی در تصویر می‌باشد. در این روش ابتدا از تصویر 3 سطح تبدیل موجک گرفته شده است. سپس زیرباند تقریب $LL3$ را در نظر گرفته و در این زیرباند بلوک‌های نرم 1° و زیر 2° را شناسایی کرده است و سپس بلوک‌هایی که نرم هستند، نرم‌تر و بلوک‌هایی که زبر می‌باشند توسط نویز زبرتر شده است.

در مقاله [۱۶]، یک حمله عمومی بر روی تصاویر رنگی مبتنی بر فیلتر رنگ 3° CFA پیشنهاد شده است. در این روش یک فیلتر رنگ بر روی هر سه کانال R، G و B تصویر اعمال شده است و از سه رنگ هر پیکسل طبق فیلتر رنگ، تنها یک رنگ انتخاب شده است. سپس برای هر کانال، سطوح خاکستری ناموجود از طریق مقادیر همسایه‌های موجود در فیلتر و با استفاده از روش‌های بازسازی استفاده شده در دوربین‌های رنگی، تخمین زده شده است. با توجه به اینکه ۷۵ درصد از

بخش ۴ نتایج تجربی بیان شده است و در نهایت در بخش ۵ نتیجه‌گیری گنجانده شده است.

۲- کارهای مرتبط

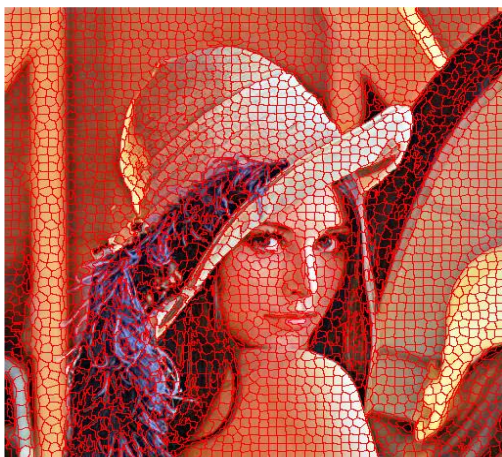
در این مقاله، حملات ایجاد شده بر روی تصاویر نشان‌گذاری شده به دو دسته‌ی حملات هدفمند بر روی یک روش خاص و حملات کور برای تمام و یا خانواده‌ای از روش‌های نشان‌گذاری تقسیم‌بندی شده است. در دسته اول به منظور ایجاد حمله نیاز به داشتن پیش اطلاعات به نسبت کاملی در مورد روش نشان‌گذاری همانند الگوریتم استفاده شده، دامنه‌ی جاسازی، روش جاسازی و ... می‌باشد [۱۰-۳]. در صورتی که فرد حمله‌کننده اطمینان داشته باشد که روش نشان‌گذاری استفاده شده برای یک تصویر دارای چه الگوریتم و مکانیزمی است در این صورت استفاده از روش‌های هدفمند می‌تواند مناسب باشد؛ چراکه تخریب نشان به قدرت بیشتری انجام می‌شود و کیفیت تصویر مورد حمله قرار گرفته بیشتر حفظ می‌شود. این در حالی است که در اکثر مواقع نمی‌توان چنین پیش‌فرض‌هایی برای تصویر نشان‌گذاری شده وجود داشته باشد. در مقابل روش‌های هدفمند، روش‌های کور قرار می‌گیرند که پیش‌فرض‌های خاصی در مورد روش نشان‌گذاری شده در نظر نمی‌گیرند و یا وجود پیش‌فرض‌ها، جنبه کلی دارد و برای خانواده بزرگی از روش‌های نشان‌گذاری کاربرد دارد.

از جمله روش‌های حمله (عموماً غیر عمد) که بیشتر روش‌های مرسوم پردازش تصویر می‌باشند می‌توان به مواردی همچون فیلتر میانگین، فیلتر میانه، فیلتر تیزکننده، چرخش، نویز گوسی، نویز نمک و لفل، فشرده سازی JPEG 2000، JPEG و برابری هیستوگرام اشاره نمود [۱۱]. به منظور اینکه این روش‌ها توانایی تخریب نشان را به اندازه قابل قبول داشته باشند نیاز به اعمال مقدار به نسبت زیادی از این روش‌ها می‌باشد. برای مثال ممکن است یک نشان در برابر فشرده سازی ۴۰ درصد هیچ‌گونه آسیبی نبیند ولی در برابر فشرده سازی ۲۰ درصد تخریب گردد. این در حالی است که با فشرده سازی ۲۰ درصد ممکن است کیفیت تصویر حامل نشان به میزان چشم‌گیری تنزل یابد به طوری که از نظر تجاری قابل قبول نباشد. از آنجا که بیشتر حملات موجود، حملات رایج پردازش تصویر می‌باشند، بنابراین در ادامه معدود حملات کور موجود معرفی می‌شوند که برخی از آنها در خانواده‌ای از روش‌های نشان‌گذاری و برخی دیگر برای کلیه روش‌های نشان‌گذاری استفاده می‌شوند. به دلیل تعداد کم حملات عمد موجود، حملاتی که خاص روش‌های نشان‌گذاری مبتنی بر حوزه موجک می‌باشند نیز معرفی شده است که در مقام مقایسه با روش پیشنهادی، از روش‌های رایج پردازش تصویر می‌تواند بهتر باشد. در ادامه به بررسی این روش‌ها که سعی در از بین بردن نشان با حفظ کیفیت تصویر دارند می‌پردازیم. در مقاله [۱۲]، یک روش مبتنی بر تخریب و ترمیم پیشنهاد شده است. در این روش بر روی تصویر حاوی نشان، نویزهایی بلوکی شکل ایجاد می‌شود و سپس قسمت تخریب‌شده توسط نویز با استفاده از یک

داخلی یکنواخت و به نسبت یکسانی داشته باشد. روش قطعه‌بندی که در روش پیشنهادی استفاده شده است روش SLIC Superpixels می‌باشد [۱۸]. با توجه به اینکه این روش تصویر را به قطعه‌های کوچک (آبر پیکسل) هم‌بافت تقسیم می‌کند می‌توان در پیدا کردن نواحی متشابه موثر باشد. پارامترهای کنترلی این روش قطعه‌بندی امکان تعیین تعداد قطعات ساخته شده از یک تصویر را فراهم می‌کند. در نتیجه می‌توان با افزایش تصویر به تعداد قطعات بیشتر، قطعات کوچکتری با توجه به کاربرد از آن استخراج نمود. با استفاده از این روش قطعه‌بندی می‌توان هر یک از قطعات تصویر را با اندیسی خاص نمایش داد و در نتیجه می‌توان به راحتی محتوای هر قطعه را آدرس‌دهی کرد. شکل ۱ و ۲ نمونه‌ای از الگوریتم قطعه‌بندی ذکر شده بر روی دو تصویر از مقاله [۱۸] و بر روی تصویر استاندارد Lena را نشان می‌دهد.



شکل ۱: قطعه‌بندی تصویر با اندازه‌های تقریبی ۶۴، ۲۵۶ و ۱۰۲۴ [۱۸].



شکل ۲: انجام قطعه‌بندی تصویر Lena با پارامتر ۳۰۰۰ قطعه.

۳-۲- یافتن قطعه‌های مشابه

بعد از قطعه‌بندی تصویر، از آنجا که قطعات دارای شکل هندسی مشخصی نیستند، بنابراین بزرگترین دایره محاط ممکن در هر قطعه محاسبه می‌شود و از آن به عنوان نماینده آن قطعه برای مقایسه مشابهت با قطعه‌های دیگر استفاده می‌شود. برای این منظور ابتدا مرکز هر قطعه با استفاده از رابطه (۱) بدست آمده است.

اطلاعات سطوح خاکستری سطوح رنگ از بین می‌رود و سپس از طریق تخمین بازسازی می‌شوند، این روش در تخریب اطلاعات نشانه‌کارا می‌باشد.

از بررسی روش‌های تخریب نشانه‌ای که در این قسمت به آن اشاره شد می‌توان دریافت که تقریباً تمام روش‌ها از ایده تخریب و سپس بازسازی تصویر برای از بین بردن نشانه‌جاسازی شده در تصویر استفاده می‌کنند. همان‌طور که بیان شد در روش بیان شده در مقاله [۱۲] برای بازسازی تصویر از یک پنجره‌ی محلی در نزدیکی بلوک تخریب شده استفاده شده است که این به معنی در نظر نگرفتن اطلاعات سایر قسمت‌های تصویر است. ایده اصلی روش پیشنهادی، ارائه روشی برای یافتن زوج قطعات و نواحی مشابه است که ممکن است در فاصله‌ی دور از یکدیگر قرار داشته باشند که خود موضوعی چالش‌انگیز است. دو قطعه متعلق به دو چشم از صورت یک فرد در یک تصویر، مثالی از این ادعاست؛ چراکه در صورت استفاده از پنجره محلی نمی‌توان قطعه مشابه در چشم دیگر را یافت. بنابراین روش‌های محلی ممکن است قادر به یافتن قطعه یا بلوک‌های مشابه در یک جستجوی محلی نباشند. روش پیشنهادی، با راهکارهایی که ارائه گردیده، نیاز به جستجوی جامع کل قطعات تصویر برای یافتن قطعات مشابه را از بین برده است؛ بنابراین از نظر سرعت پردازش بهینه‌تر از جستجوی جامع عمل خواهد.

۳-۳- روش پیشنهادی

روش ارائه شده در این مقاله از دسته حملات کور است که به صورت عمد بر روی تصاویر نشانه‌گذاری شده اعمال می‌شود. این روش با استفاده از تطبیق شباهت‌های قسمت‌های مختلف تصویر و سپس جایجایی آن‌ها با هم سعی در از بین بردن نشانه‌جاسازی شده با حفظ کیفیت و ارزش تصویر دارد. روش ارائه شده بر روی تصاویر رنگی عمل می‌شود و برای اعمال آن بر تصاویر سطح خاکستری نشانه‌گذاری شده می‌توان یک تصویر رنگی از طریق تصویر سطح خاکستری نشانه‌گذاری شده ایجاد کرد و از آن در پیش‌پردازش اولیه استفاده نمود [۱۶]. تصویر رنگی در مرحله قطعه‌بندی تصویر و پیدا کردن نواحی متشابه مورد استفاده قرار می‌گیرد. سپس در مراحل بعد قطعات متشابه را در تصویر نشانه‌گذاری شده بر اساس معیارهای مشابهت جایجایی نماید. روش پیشنهادی دارای ۳ مرحله کلی می‌باشد که هر یک به طور کامل در قسمت‌های بعد شرح داده شده است.

۳-۱- الگوریتم قطعه‌بندی

از آنجا که روش پیشنهادی سعی در یافتن نواحی مشابه در تصویر دارد بنابراین نیازمند یک روش برای انجام قطعه‌بندی تصویر می‌باشد تا بتواند تصویر را به تعدادی ناحیه (قطعه) تقسیم‌بندی کند و سپس قطعه‌های مختلف را با یکدیگر تطبیق دهد. به همین منظور باید یک روش قطعه‌بندی مناسب برای استفاده در روش پیشنهادی به کار گرفته شود که تا حد امکان قطعات کوچکی ایجاد نماید و هر قطعه بافت^{۱۴}

$$x_{center}^j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} x_i}{n_j} \quad y_{center}^j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} y_i}{n_j} \quad (1)$$

مرجع با هر یک از دایره‌های محاط در قطعه‌های محدوده مجاور مقایسه می‌شود. برای این منظور در دو دایره محاطی که قرار است با یکدیگر مقایسه شوند، ابتدا به اندازه دایره کوچکتر، از مرکز دایره بزرگتر انتخاب می‌شود. سپس به منظور تولید تصویر مربع شکل، به هر دو دایره، Zero-PAD افزوده می‌شود. در هر مقایسه، معیار PSNR بین مربع ایجاد شده برای قطعه مرجع و قطعه‌های مجاور محاسبه می‌شود و هر دایره‌ای که دارای مقدار معیار شباهت PSNR بیشتری به دایره مرجع مورد نظر باشد جایگزین دایره مرجع می‌شود. همچنین این نکته در نظر گرفته شده است که ممکن است دایره‌های محاطی موجود در دسته سه دارای اندازه بزرگی باشند و در نتیجه جابجایی آنها در تصویر نشانه گذاری شده آ سیب بصری وارد می‌نماید. برای جلوگیری از این عمل، برای قطعه‌های موجود در دسته سه، در صورتی جابجایی انجام می‌شود که مقدار معیار PSNR دو دایره محاطی Zero-PAD شده بیشتر از یک مقدار آستانه باشد. بر اساس آزمایشات و نتایج، مقدار این آستانه برابر ۲۰ dB در نظر گرفته شده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود روش ارائه شده دارای سه مرحله اصلی می‌باشد که مرحله اول و دوم برای قطعه‌بندی و پیدا نمودن قطعات مشابه در تصویر به کار می‌رود و مرحله آخر مرحله جابجایی قطعات مشابه با هم برای از بین بردن نشانه در تصویر نشانه‌گذاری شده می‌باشد. مراحل اجرای روش روش پیشنهادی به صورت مختصر در ادامه بیان شده است:

۱. قطعه‌بندی تصویر نشانه گذاری شده با روش SLIC Superpixels.

۲. پیدا کردن مرکز هر قطعه با استفاده از رابطه (۱).

۳. ایجاد بزرگترین دایره محاط در داخل هر قطعه به مرکز پیدا شده در مرحله قبل.

۴. دسته‌بندی قطعه‌ها بر اساس اندازه شعاع دایره محاط در آن به سه دسته.

۵. محاسبه میانگین سطح خاکستری برای پیکسل‌های دایره محاطی پیدا شده در هر قطعه.

۶. مرتب کردن قطعه‌ها در هر دسته بر اساس میانگین سطح خاکستری دایره محاط در آن.

۷. برای سه دسته اندازه موجود، مراحل زیر انجام می‌شود:

۱.۷. انتخاب تعدادی قطعه که در کنار یکدیگر و بعد از

مرتب‌سازی در یک مجاورت قرار گرفته‌اند (۱۱) قطعه مجاور).

۲.۷. انتخاب قطعه وسط از بین قطعه‌های انتخاب شده در مرحله قبل به عنوان قطعه مرجع.

۳.۷. مقایسه دایره محاط در قطعه مرجع با دایره محاط در قطعه‌های مجاور آن. برای این منظور به اندازه دایره کوچکتر از دایره بزرگتر انتخاب می‌شود.

در رابطه (۱)، (x_i, y_i) مختصات هر پیکسل در قطعه z ام می‌باشد و n_j تعداد پیکسل‌های قطعه z ام می‌باشد. بعد از پیدا کردن مرکز هر قطعه برای مشخص کردن دایره محاط مربوط به قطعه z ام (s_j)، بزرگترین دایره با شعاع r که از آستانه R کوچکتر باشد پیدا می‌شود که تمام پیکسل‌های درون آن متعلق به قطعه s_j می‌باشد.

بعد از پیدا نمودن بزرگترین دایره محاط برای هر قطعه، به منظور این که در مرحله بعد بیشترین صدمه به نشانه و همچنین کمترین خسارت به تصویر از لحاظ تجاری وارد شود، قطعه‌ها بر اساس شعاع دایره محاط در آن به سه دسته تقسیم شده است. این دسته‌بندی باعث می‌شود که در مراحل تطبیق شباهت و جابجایی قطعات مشابه، قطعاتی که از نظر اندازه تا حدی به هم نزدیک بوده‌اند انتخاب شوند. کدام از این دسته‌ها در قسمت زیر معرفی شده است.

دسته اول، قطعه‌هایی که شعاع دایره محاط در آن کوچکتر از سه می‌باشد ($r < 3$): این قطعه‌ها دارای شکل هندسی عموماً نامنظم بوده، بنابراین مرکز این قطعه‌ها ممکن است در حاشیه قطعه قرار گرفته باشند. تعداد این دسته از قطعه‌ها که دارای دایره محاطی با شعاع کمتر از سه می‌باشند، عموماً کم است.

دسته دوم، قطعه‌هایی که شعاع دایره محاط در آن کوچکتر از پنج و بزرگتر از دو می‌باشد ($2 < r < 5$): با توجه به پارامتر تعداد قطعات ساخته شده از تصویر توسط روش قطعه‌بندی، نسبت زیادی از قطعات تولید شده در این دسته قرار می‌گیرند.

دسته سوم، قطعه‌هایی که شعاع دایره محاط در آن بزرگتر از چهار می‌باشد ($r > 4$): نواحی مسطحی از تصویر که دارای بافت بسیار یکنواختی هستند در این دسته قرار می‌گیرند.

بعد از دسته‌بندی قطعه‌ها، میانگین رنگ پیکسل‌های درون دایره محاطی برای هر قطعه محاسبه شده و قطعات هر دسته بر اساس مقدار میانگین محاسبه شده با حفظ اندیس قطعه مرتب می‌شوند. برای جلوگیری از پیچیدگی به جای تصویر رنگی از تصویر خاکستری در محاسبه مقدار میانگین استفاده می‌شود. در این صورت در هر دسته قطعه‌هایی که میانگین سطح خاکستری دایره محاط موجود در آنها بیشتر به هم نزدیکتر است، در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند.

۳-۳- جابجایی

بعد از اینکه قطعه‌ها دسته‌بندی شده و قطعه‌های مشابه در اثر مرتب سازی در کنار یکدیگر قرار گرفتند برای هر دسته عملیاتی که در ادامه بیان شده است صورت می‌گیرد.

برای هر یک از قطعه‌ها که بر اساس مقدار میانگین سطوح خاکستری در کنار یکدیگر مرتب شده‌اند، تعداد پنج قطعه سمت راست و پنج قطعه سمت چپ هر قطعه انتخاب می‌شوند و قطعه مرکزی را قطعه مرجع نام‌گذاری شده است. سپس دایره محاط در داخل قطعه

ایجاد نمی‌کند. به عبارتی معیار SSIM شباهت دو تصویر را با استفاده از معیارهای آماری از قبیل میانگین، واریانس و ... می‌سنجد و ویژگی های بیشتری از تصویر را در محاسبات خود در نظر می‌گیرد. همچنین معیار شباهت NC که برای برسی شباهت بین نشانه اصلی و نشانه استخراج شده به کار می‌رود در صورتی بیشتر است که بین نشانه جاسازی شده و نشانه استخراج شده همبستگی بیشتری وجود داشته باشد. از این رو در صورت ایجاد حمله بر روی یک تصویر نشانه گذاری شده اگر معیار NC زیاد باشد در این صورت روش نشانه گذاری مورد نظر در مقابل حمله مقاوم بوده و در صورتی که این معیار عدد کوچکی باشد نشان دهنده عدم مقاومت روش نشانه گذاری مذکور در مقابل آن حمله است. از این رو در روش پیشنهادی تمایل داریم که بعد از ایجاد حمله بر روی روش نشانه گذاری، مقدار NC به شدت پایین باشد و دو معیار PSNR و SSIM بیشترین مقدار ممکن باشند.



Watermarked Image



R=4, PSNR=41.16, SSIM=0.98, NC=0.55



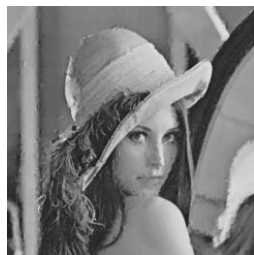
R=5, PSNR=38.75, SSIM=0.96, NC=0.48



R=6, PSNR=37.16, SSIM=0.94, NC=0.41



R=7, PSNR=36.98, SSIM=0.93, NC=0.38



R=8, PSNR=36.32, SSIM=0.91, NC=0.35

شکل ۳: حمله ارائه شده بر روی تصویر Lena با پارامترهای

مختلف.

نتایج حاصل از آزمایش روش ارائه شده بر روی مجموعه ۵۰ تصویر ذکر شده در شکل های ۹-۴ نشان داده شده است. روش ارائه شده با ۸ پارامتر قدرت مختلف بر روی مجموعه تصاویر اعمال شده و همچنین علاوه بر معیارهای PSNR, SSIM, NC, میزان تغییرات در تصویر بر اساس واحد پیکسل نیز بدست آمده که این معیار نشان دهنده تعداد

PAD.۴.۷ کردن دو دایره مورد نظر به مقادیر صفر برای

تولید قطعه ای مربع شکل.

۵.۷. مقایسه دو قطعه مربع شکل بر اساس معیار PSNR

۶.۷. جایجا کردن دایره واقع در قطعه مرجع با دایره ای

که به آن شباهت بیشتری دارد (اگر قطعه ها در

دسته سوم هستند باید مقدار شباهت PSNR از

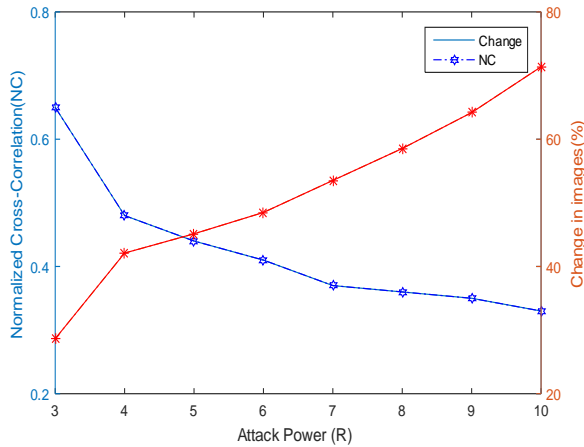
آستانه ۲۰ دسی بل بیشتر باشد).

۴- نتایج تجربی

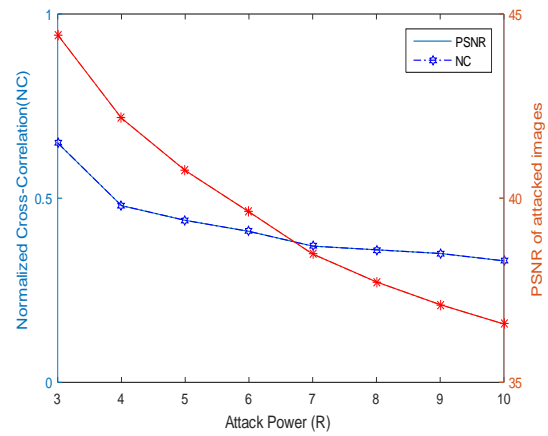
در این بخش کارایی روش ارائه شده بررسی شده است. برای این منظور روش مورد نظر با قدرت های مختلف (شعاع دایره محاط) بر روی تصویر نشانه گذاری شده Lena و همچنین بر روی مجموعه ای شامل ۵۰ تصویر نشانه گذاری شده با اندازه ۵۱۲×۵۱۲ آزمایش شده که این مجموعه شامل تصاویر معروف پردازش تصویر مانند Lena, Barbara, F14, Baboon و ... نیز می‌باشد. سپس با استفاده از دو معیار ارزیابی از قبیل PSNR و SSIM مورد ارزیابی قرار داده شده است. همان طور که بیان شد الگوریتم پیشنهاد شده قادر به تخریب نشانه در روش های نشانه گذاری مبتنی بر کوانتیزه کردن و مدولاسیون لرزش می‌باشد که در این مقاله از کار ورما و همکاران در مقاله [۱۷] استفاده شده است و در نهایت نتیجه مقایسه این روش با چند روش که در بخش ۲ اشاره شد بر روی چند تصویر نشانه گذاری شده، آورده شده است.

پارامتر مربوط به تعداد قطعه هایی که باید برای یک تصویر ۵۱۲×۵۱۲ تولید شود با مقدار ۳۰۰۰ تنظیم شده است. به این معنی که روش قطعه بندی انتخابی تصویر را به تعداد ۳۰۰۰ قطعه با اندازه های نزدیک به هم تقسیم می‌کند که هر قطعه دارای بافت یکنواختی است. شکل ۲ نشان دهنده تصویر نشانه گذاری شده Lena می‌باشد که با قدرت های مختلف مورد حمله قرار گرفته است. اطلاعات مربوط به شکل های نتایج شامل R (حداکثر شعاع هر دایره محاط به عنوان پارامتر قدرت الگوریتم)، PSNR (معیار شباهت بیشینه نسبت سیگنال به نویز بین تصویر نشانه گذاری شده و تصویر بعد از حمله)، SSIM (معیار شباهت ساختاری بین تصویر نشانه گذاری شده و تصویر بعد از حمله) و NC (همبستگی نرمال شده بین نشانه اصلی و نشانه استخراج شده از تصویر) می‌باشد. همان طور که بیان شد در این مقاله از هر دو معیار شباهت PSNR و SSIM برای مقایسه شباهت بین تصویر اصلی و تصویر بعد از حمله استفاده می‌شود. در صورتی که این معیارها دارای بیشترین مقدار ممکن باشد بیانگر کمترین تغییر در تصویر بعد از حمله است. از جمله تفاوت این دو معیار می‌توان این گونه در نظر گرفت که SSIM شباهت ساختار تصویر را در نظر می‌گیرد و دارای توجیه بهتری در نمایش شباهت بین دو تصویر نسبت به روش PSNR است؛ چرا که اگر پیکسل های یک تصویر را یک واحد شیفت دهیم و سپس این دو معیار را برای تصویر حاصل و تصویر اصلی حساب کنیم مقدار PSNR به شدت افت کرده در حالی که مقدار SSIM به درستی تغییر چندانی

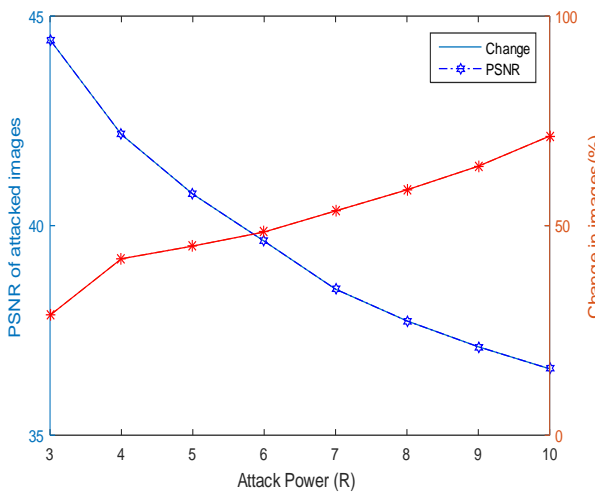
پیکسل‌های تغییر یافته (جابجا شده) در تصویر می‌باشد. در شکل‌های ۴-۹ مقدار پارامتر قدرت (R) برابر ۸ مقدار متفاوت ۱۰-۳ در نظر گرفته شده است.



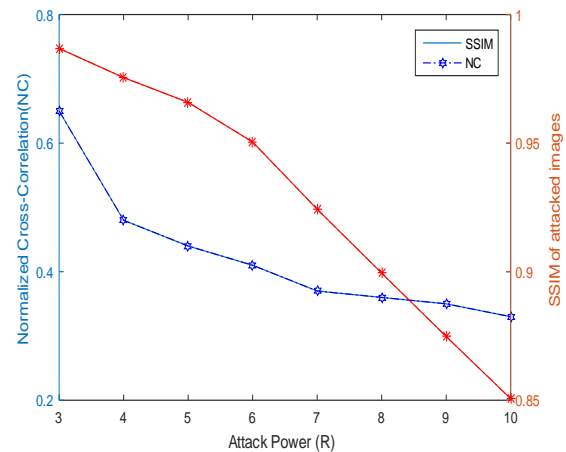
شکل ۷: ارتباط بین پارامتر قدرت حمله (R)، NC و میزان تغییرات در تصویر بر حسب درصد.



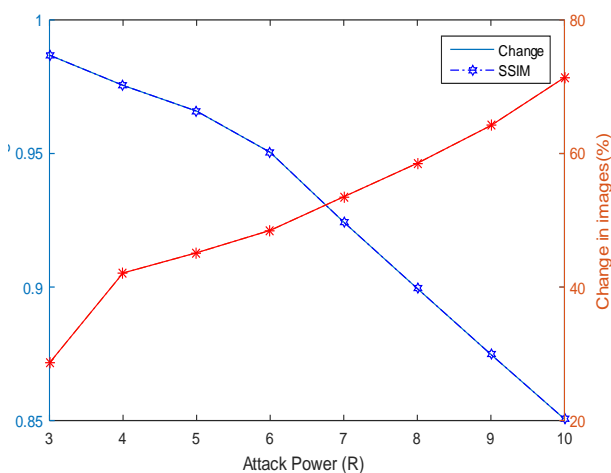
شکل ۴: ارتباط بین پارامتر قدرت حمله (R)، NC و PSNR برای ۵۰ تصویر آزمایش شده.



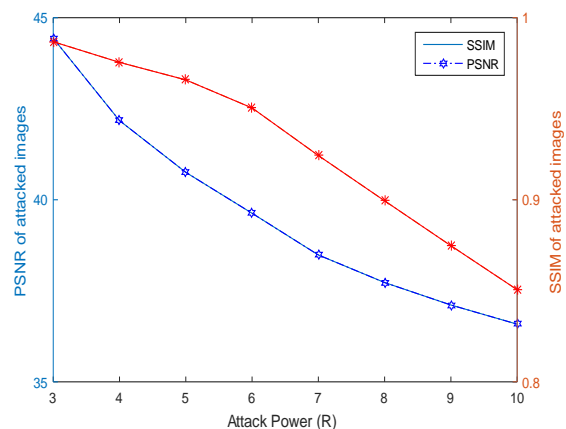
شکل ۸: ارتباط بین پارامتر قدرت حمله (R)، PSNR و میزان تغییرات در تصویر بر حسب درصد.



شکل ۵: ارتباط بین پارامتر قدرت حمله (R)، NC و SSIM برای ۵۰ تصویر آزمایش شده.



شکل ۹: ارتباط بین پارامتر قدرت حمله (R)، SSIM و میزان تغییرات در تصویر بر حسب درصد.



شکل ۶: ارتباط بین پارامتر قدرت حمله (R)، PSNR و SSIM برای ۵۰ تصویر آزمایش شده.

جدول ۱ مقایسه بین روش پیشنهادی را با چندین روش رایج از قبیل فیلتر میانه، فیلتر میانگین و چند روش که در بخش ۲ اشاره شده است را نشان می‌دهد. مقدار NC شباهت بین نشانه اصلی و نشانه استخراج شده بعد از حمله است و PSNR شباهت تصویر اصلی با تصویر بعد از حمله می‌باشد. همچنین این مقادیر میانگین بدست آمده بر روی ۵ تصویر معروف پردازش تصویر F14، Baboon، Barbara، Lena و Pepper می‌باشد. خروجی‌های بدست آمده از روش پیشنهادی در مقایسه با حملات غیر عمد و عمد ارزیابی شده، برتری روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

از آنجا که این نتایج بر روی تصاویر 512×512 گزارش شده است در صورتی که بخواهیم کارایی روش پیشنهادی را بر روی تصاویر با ابعاد مختلف بررسی کنیم کافی است به همان نسبت اندازه پارامتر قطعه‌بندی را تغییر دهیم به‌عنوان مثال در صورتی که اندازه تصویر نصف شود (256×256) پارامتر قطعه‌بندی را هم به همین نسبت باید کاهش داده شود و برابر ۱۵۰۰ در نظر گرفته شود. در صورت افزایش اندازه تصویر از آنجا که تعداد قطعه‌ها بیشتر می‌شود مرتبه زمانی این روش افزایش می‌یابد. به‌منظور اعمال روش پیشنهادی بر روی یک تصویر رنگی کافی است که بعد از انجام عمل قطعه‌بندی مراحل بعدی الگوریتم در هر یک از سه زیر باند اعمال شود و از لحاظ زمانی تقریباً سه برابر مدت زمانی است که برای یک تصویر خاکستری مورد نیاز است.

با توجه به نتایج بدست آمده برای مجموعه ۵۰ تصویر می‌توان گفت که روش پیشنهادی با حداکثر شعاع ۶ ($R=6$) نشانه را از بین برده به‌طوری که دیگر قابل تشخیص نمی‌باشد و همچنین مقدار PSNR بدست آمده در حدود ۳۹ دسی‌بل می‌باشد که می‌توان گفت کیفیت تصویر حفظ شده و تغییرات از لحاظ بصری قابل تشخیص نمی‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک حمله بر روی تصاویر نشانه‌گذاری شده ارائه شده است که دارای سه مرحله کلی می‌باشد. هدف از دو مرحله اول، قطعه‌بندی و پیدا کردن نواحی مشابه در تصویر و هدف مرحله سوم از بین بردن نشانه جاسازی شده از طریق جابجایی قطعات مشابه پیدا شده توسط دو مرحله قبل می‌باشد. همچنین روش ارائه شده یک روش عمومی و حمله کور است که به صورت عمد بر روی تصاویر نشانه‌گذاری شده مبتنی بر کوانتیزه کردن و مدولاسیون لرزش اعمال می‌شود و مقاوت روش‌های نشانه‌گذاری را ارزیابی می‌کند. روش پیشنهادی به طور قابل قبولی نشانه را از بین برده به‌طوری که در سمت گیرنده قابل تشخیص نمی‌باشد و همچنین کمترین خسارت را از لحاظ تجاری به تصویر نشانه‌گذاری شده وارد می‌نماید. روش پیشنهادی دارای پارامتر قدرت (R) می‌باشد که با افزایش این مقدار نشانه بیشتر تخریب شده و از سوی دیگر کیفیت تصویر کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج تجربی بدست آمده می‌توان گفت که روش ارائه شده با پارامتر قدرت به اندازه $R=6$ می‌تواند نشانه را تخریب و همچنین کمترین خسارت را به

شکل ۴ ارتباط بین دو پارامتر شباهت PSNR و NC را به ازای مقادیر مختلف پارامتر قدرت (R) نشان می‌دهد و بیان می‌کند که با افزایش پارامتر قدرت هر دو معیار شباهت کاهش می‌یابد و می‌توان مشاهده کرد که با پارامتر قدرت ۷ به مقدار NC زیر ۰/۴ می‌رسد و کیفیت تصویر بر اساس معیار PSNR در حدود ۳۹ دسی‌بل می‌باشد.

شکل ۵ بیانگر کاهش مقدار شباهت ساختاری و کاهش مقدار NC در روند افزایش پارامتر قدرت می‌باشد که در صورت افزایش پارامتر قدرت مقدار NC به شدت کاهش یافته و نشانه دیگر قابل استخراج نمی‌باشد. شکل ۶ رابطه بین پارامتر قدرت، PSNR و SSIM را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش پارامتر قدرت هر دو معیار شباهت کاهش یافته است که نشان‌دهنده ارتباط مستقیم این دو معیار است و با افزایش بیش از حد پارامتر قدرت کیفیت تصویر بعد از حمله از دست می‌رود.

شکل ۷ رابطه بین پارامتر قدرت، NC و میزان تغییرات را نشان می‌دهد. که با افزایش پارامتر قدرت تعداد پیکسل‌های بیشتری از تصویر جابجا شده است؛ بنابراین تغییرات بیشتر سبب کاهش پارامتر NC شده و نشانه بیشتر تخریب می‌شود.

شکل ۸ و شکل ۹ به ترتیب میزان کاهش شباهت PSNR و SSIM را در برابر افزایش پارامتر قدرت و در نتیجه آن جابجایی بیشتر پیکسل‌ها را نشان می‌دهد. در صورت افزایش تغییرات و جابجایی بیشتر پیکسل‌های تصویر مقدار کیفیت تصویر کاهش یافته و هر دو معیار شباهت بیان شده کمتر می‌شوند.

از نمودارهای نشان داده شده در شکل‌های ۹-۴ می‌توان مقادیر بهینه برای پارامتر قدرت را بر اساس تصویر به منظور رسیدن به تخریب کافی نشانه و حفظ کیفیت بصری تصویر تعیین نمود.

جدول ۱. مقایسه روش پیشنهادی با چند روش دیگر بر روی چند تصویر نشانه‌گذاری شده با استفاده از روش کوانتیزه کردن [16].

حمله	PSNR	NC
فیلترگوسی (5×5)	۴۲/۷۷	۰/۷۳
فیلترگوسی (6×6)	۲۶/۱۳	۰/۷۱
فیلتر میانگین (5×5)	۳۷/۶۹	۰/۶۹
نویز نمک و فلفل (0.2)	۳۶/۳۵	۰/۸۸
نویز نمک و فلفل (0.4)	۲۹/۳۸	۰/۷۷
تبدیل موجک ($\alpha=1$) [14]	۲۸/۴۲	۰/۶۱
تبدیل موجک ($\alpha=2$) [14]	۳۱/۷۸	۰/۴۹
تبدیل موجک ($\alpha=3$) [14]	۲۷/۴۵	۰/۳۰
تخریب و بازسازی (noise=0.2) [11]	۴۰/۲۳	۰/۵۱
تخریب و بازسازی (noise=0.4) [11]	۳۵/۶۲	۰/۴۲
تخریب و بازسازی (noise=0.5) [11]	۳۱/۳۴	۰/۳۶
روش پیشنهادی با $R=5$	۴۱/۷۵	۰/۴۶
روش پیشنهادی با $R=6$	۳۹/۱۶	۰/۴۱
روش پیشنهادی با $R=7$	۳۷/۹۸	۰/۳۶
روش پیشنهادی با $R=8$	۳۴/۱۳	۰/۳۳

- Journal of Electronics and Communications*, vol. 68, no. 9, pp. 816-834, 2014.
- [9] P. Nikbakht, and M. Mahdavi, "Targeted watermark removal of a SVD-based image watermarking scheme," *Information and Knowledge Technology (IKT)*, pp. 1-6, 2015.
- [10] P. Nikbakht, and M. Mahdavi, "Targeted dewatermarking of two non-blind SVD-based image watermarking schemes," *In Proc. Computer and Knowledge Engineering (ICCKE)*, pp. 80-86, 2015.
- [11] O. O. Khalifa, Y. binti Yusof, and A. H. Abdalla, "State-of-the-art digital watermarking attacks," *IEEE International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCCE)*, pp. 744-750, 2012.
- [12] A. H. Taherinia, and M. Jamzad, "A two-step watermarking attack using long-range correlation image restoration," *Security and Communication Networks*, vol. 5, no. 6, pp. 625-635, 2012.
- [13] D. Zhang, and Z. Wang, "Image information restoration based on long-range correlation," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 12, no. 5, pp. 331-341, 2002.
- [14] A. H. Taherinia, and M. Jamzad, "A new watermarking attack based on content-aware image resizing," *In Proc. Multimedia, Signal Processing and Communication Technologies*, pp. 177-180, 2009.
- [15] A. H. Taherinia, and M. Jamzad, "Blind dewatermarking method based on wavelet transform," *Optical Engineering*, vol. 50, no. 5, pp. 057006-057006, 2011.
- [16] P. L. Shrestha, M. Hempel, T. Ma, D. Peng, and H. Sharif, "A general attack method for steganography removal using Pseudo-CFA re-interpolation," *In Proc. Internet Technology and Secured Transactions (ICITST)*, pp. 454-459, 2011.
- [17] V. S. Verma, and R. K. Jha, "Improved watermarking technique based on significant difference of lifting wavelet coefficients," *Signal, Image and Video Processing*, vol. 9, no. 6, pp. 1443-1450, 2015.
- [18] R. Achanta, A. Shaji, K. Smith, A. Lucchi, P. Fua, and S. Susstrunk, "SLIC superpixels compared to state-of-the-art superpixel methods," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 34, no. 11, pp. 2274-2282, 2012.
- تصویر ایجاد کند؛ به گونه که در این حالت مقدار معیار NC کمتر از ۰/۴ و مقدار معیار PSNR حدود ۳۹ دسی بل می باشد.

مراجع

- [۱] امیرمسعود مولائی کرمانی، محمدحسین صدیقی، حسین ابراهیم‌نژاد، «استگانوگرافی کور مبتنی بر کدهای Reed-Solomon و جدول جانشانی بهینه با بهبود بار مفید جاسازی و مقاومت»، *مجله مهندسی برق تبریز*، دوره ۴۳، شماره دو، صفحه ۵۹-۴۳، زمستان ۹۲.
- [2] C. Song, S. Sudirman, M. Merabti, and D. Llewellyn-Jones, "Analysis of digital image watermark attacks," *In Proc. Consumer Communications and Networking Conference (CCNC)*, pp. 1-5, 2010.
- [3] M. F. Mansour, and A. H. Tewfik, "Attacks on quantization-based watermarking schemes," *In Proc. Signal Processing and Its Applications*, vol. 2, pp. 367-370, 2003.
- [4] T. C. Hsu, W. S. Hsieh, and T. S. Su, "A new watermark attacking method based on eigen-image energy," *In Proc. Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal, (IIHMSP)*, pp. 29-32, 2008.
- [5] G. C. Ting, B. M. Goi, and S. H. Heng, "Attacks on a robust watermarking scheme based on self-reference image," *Computer Standards & Interfaces*, vol. 30, no. 1, pp. 32-35, 2008.
- [6] H. C. Ling, R. C. Phan, and S. H. Heng, "Attacks on SVD-based watermarking schemes," *In Proc. Intelligence and Security Informatics*, pp. 83-91, 2008.
- [7] P. Meerwald, C. Koidl, and A. Uhl, "Targeted attacks on quantization-based watermarking schemes," *In Proc. Image and Signal Processing and Analysis (ISPA)*, pp. 465-470, 2009.
- [8] J. M. Guo, and H. Prasetyo, "Security analyses of the watermarking scheme based on redundant discrete wavelet transform and singular value decomposition," *AEU-International*

زیر نویس ها

⁸ Quantization

⁹ Dither modulation

¹⁰ Wavelet

¹¹ Smooth

¹² Rough

¹³ Color Filter Array

¹⁴ Texture

¹ Watermarking

² Steganography

³ Attacks

⁴ Blind

⁵ Target

⁶ Segmentation

⁷ Robustness