Archive of SID

(مقاله پژوهشی)

نهان‌نگاری تصویر دیجیتال با استفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک و روش طیف گسترده در حوزه تبدیل کسینوسی گسسته

سید مجید حسنی اژدری[۱]، آذر محمود زاده[۲]، محمد خویشه[۳*]، محمدعلی رضایی[۴]

m_khishe@alumni.iust.ac.ir

۱. دانشجوی دکتری مهندسی برق- مخابرات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز
۲. دکتری مهندسی برق – مخابرات، هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز
۳. استادیار گروه الکترونیک، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر
۴. کارشناسی مهندسی برق – مخابرات، دانشگاه بیرجند

چکیده

در این مقاله روشی برای پنهان‌سازی سیگنال نهان‌نگاره در یک تصویر خاکستری، با استفاده از ترکیب الگوریتم فراابتکاری ژنتیک و روش طیف گسترده در حوزه‌ی تبدیل کسینوسی گسسته ارائه می‌شود، در ابتدا سیگنال نهان‌نگاره با استفاده از ماتریس هادامارد گسترش می‌یابد که این امر باعث افزایش امنیت و سهولت در بازیابی سیگنال نهان‌نگاره می‌گردد. سپس تصویر به بلوک‌های ۴×۴ تقسیم‌شده و تبدیل کسینوسی گسسته بر روی هر بلوک انجام می‌شود. برای درج سیگنال نهان‌نگاره گسترش‌یافته با استفاده از الگوریتم ژنتیک بلوک‌هایی از کل تصویر انتخاب می‌گردد که بر اساس پارامترهای سنجش NC، PSNR و SIM بهینه هست همچنین در هر بلوک انتخابی، مهم‌ترین ضریب AC در جدول کوانتیزه JPEG برای درج سیگنال نهان‌نگاره انتخاب می‌شود. در ادامه برای به دست آوردن حساسیت روش پیشنهادی بر روی ضریب بهره نهان‌نگاری α آنالیز حساسیتی بر اساس مقدار مختلف α انجام‌گرفته و بهترین مقدار آن تعیین می‌گردد. روش پیشنهادی مقاومت مناسبی در برابر حملات عمدی و غیرعمدی، برای چند تصویر نمونه که خواص فرکانسی متفاوتی دارند، نسبت به روش‌های مرسوم انتخاب بلوک‌ها به‌صورت منظم و تصادفی، از خود نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: تبدیل کسینوسی گسسته، طیف گسترده، نهان‌نگاری دیجیتال، فراابتکاری، الگوریتم ژنتیک.

10.22034/IJMST.2021.39044
20.1001.1.17355346.1400.25.1.2.2

CC BY NC

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۰۳/۲۲
تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۰۸/۰۱
صص ۳۳-۱۴

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه با پیشرفت مخابرات داده و شبکه‌های ارتباطی و فضای سایبر به اشتراک گذاشتن اطلاعات چندرسانه‌ای با استفاده از کانال‌های عمومی و دسترسی به آن‌ها به‌آسانی صورت می‌گیرد؛ بنابراین استفاده از ساختاری امن جهت تبادل اطلاعات مهم و محرمانه در این‌گونه کانال‌ها اجتناب‌ناپذیر است. نهان‌نگاری دیجیتال به‌عنوان یکی از محبوب‌ترین روش‌ها برای محافظت از اطلاعات چندرسانه‌ای در یک محیط اشتراکی استفاده می‌شود [۱-۴].

نهان‌نگاری به‌عنوان نوشتار پنهانی تعریف‌شده و قرن‌هاست که وجود دارد؛ اما با ابداع ارتباطات دیجیتال، این مبحث نیز شکل تازه‌ای پیداکرده است [۵] و به‌صورت نهان نمودن اطلاعات دیجیتال که نهان‌نگاره نامیده می‌شود به‌صورت غیرقابل رؤیت در یک رسانه‌ی دیجیتال همچون تصویر، فیلم و صوت و متن که پوشش نامیده می‌شود، تعریف می‌گردد [۶ – ۸]. با استفاده از سیگنال‌های دیجیتال می‌توان به فرصت‌های بسیاری برای پنهان‌سازی اطلاعات به‌صورت داده دست‌یافت.

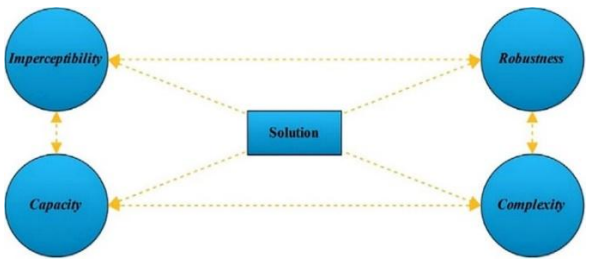
در مقایسه دو مبحث نهان‌نگاری و رمزنگاری، می‌توان از تفاوت بین امنیت ارسال و امنیت پیام در مسیرهای سیگنال ارسالی استفاده کرد [۵]. در حقیقت فلسفه‌ی نهان‌نگاری اطلاعات این است که پیام را به شکلی مخفی کند که کسی متوجه حضور آن نشود درحالی‌که در رمزنگاری هدف تغییر پیام به شکلی است که برای شخص دیگری نامفهوم باشد و اینکه کسی متوجه پیام بشود یا نه، اهمیتی ندارد. درواقع نهان‌نگاری با پنهان کردن حتی حضور اطلاعات محرمانه در فرایند انتقال از طریق کانال ناامن، در پی افزایش امنیت سیستم ارسال اطلاعات است [۹-۱۱].

از کاربردهای نهان‌نگاری می‌توان به مواردی همچون، ارتباطات پوشیده و پنهان‌سازی داده، محافظت در مقابل جعل و تحریف، محافظت از حق تألیف، محافظت در مقابل کپی غیرمجاز، بانک‌های اطلاعاتی، اثبات مالکیت تصویر و درستی داده و جنگ طیف الکترومغناطیس و غیره اشاره کرد [۱۲-۱۶].

حال سؤال این است که نهان‌نگاری چگونه به جنگ طیف مرتبط می‌گردد؟ درواقع با نهان‌نگاری، اطلاعات سری ما با داده‌هایی که نامربوط به نظر می‌رسند پوشانده می‌شود، بنابراین دشمن حتی متوجه نمی‌شود که ارتباطات مهمی (معمولاً اطلاعات نظامی) در حال انجام است، درنتیجه امنیت ارسال حاصل می‌شود. همچنین، می‌توان از نهان‌نگاری برای جاسازی یک بدافزار در پیام‌های به‌ظاهر ساده یا تصاویر گرافیکی جهت انجام حملات سایبری استفاده کرد. حال اگر نهان‌نگاری به‌طور موفقیت‌آمیز انجام شود، دشمن از این مزیت عملیاتی محروم خواهد ماند [۵].

اگر نهان‌نگاری را در اینترنت جستجو کنید، اطلاعات زیادی ازجمله تاریخچه دقیق، نظریه، اقدامات متقابل و نرم‌افزارهای موجود برای عمل و شناسایی آن برمی‌خورید. هدف ما در این مقاله بهره‌مندی از نهان‌نگاری در جنگ الکترونیک (جنگ طیف) می‌باشد به همین دلیل حجم نهان‌نگاره و ارسال امن اطلاعات و پیچیدگی، بیشتر موردتوجه قرار می‌گیرد.

در هر یک از کاربردها، روش نهان‌نگاری بایستی مجموعه‌ای از شروط را برآورده نماید و جوابگوی تعدادی از نیازمندی‌ها باشد. نیازمندی‌ها و شروط نهان‌نگاری در کاربردهای مختلف با یکدیگر متفاوت‌اند. شکل (۱) روابط متقابل الزامات اساسی در نهان‌نگاری را نشان می‌دهد.



شکل (۱) رابطه بین الزامات اساسی نهان‌نگاری [۴]

www.SID.ir

Archive of SID

در هر کاربرد بخصوص، میزان اهمیت و ضرورت هریک از شروط و نیازمندی‌های اشاره‌شده متفاوت است و ایجاد مصالحه بین این نیازهای متقابل با حفظ میزان اهمیت هرکدام، چالش اصلی در طراحی روش نهان‌نگاری برای آن کاربرد خواهد بود.

پیشینه‌ی کار

به‌طورکلی عملیات نهان‌نگاری شامل دو مرحله می‌باشد. در مرحله‌ی اول اطلاعات موردنظر جهت نهان‌نگاری بر روی رسانه گنجانده می‌شود و سپس در مرحله‌ی دوم این اطلاعات از رسانه‌ی نهان‌نگاری شده بازیابی و اطلاعات اصلی استخراج می‌گردد [۱۷]. استخراج می‌تواند با استفاده از همبستگی با نهان نگاره‌ی اصلی و یا مستقل از آن صورت گیرد. واضح است انتخاب روش درج و نحوه‌ی استخراج نهان‌نگاره به هم وابسته‌اند.

در دهه گذشته، روش‌های مختلفی برای نهان‌نگاری دیجیتال ارائه‌شده است. این روش‌ها را از نقطه نظرات گوناگون می‌توان دسته‌بندی کرد. مهم‌ترین دسته‌بندی مربوط به انواع روش‌های حوزه جاسازی نهان‌نگاره است. از این نظر سامانه‌های نهان‌نگاری را می‌توان به دودسته حوزه مکان (تصویر) و حوزه تبدیل تقسیم‌بندی نمود [۱۷-۱۹].

در روش‌های حوزه‌ی مکان (تصویر)، نهفته‌سازی اطلاعات در تصویر میزبان مستقیماً با تغییر میزان شدت روشنایی و یا هیستوگرام تمام یا برخی از پیکسل‌های آن انجام می‌شود [۲۰ و ۲۱]. با توجه به اینکه انتخاب پیکسل‌ها و تغییر شدت روشنایی آن‌ها به طرق مختلف امکان‌پذیر است، لذا روش‌های مختلفی در حوزه‌ی تصویر ارائه‌شده‌اند. سامانه‌هایی که نهان‌نگاره را در حوزه مکانی تصویر نهان می‌کنند خود به ۳ روش تقسیم می‌شوند که این سه روش عبارت‌اند از: روش‌های مبتنی بر LSB[1] [۲۲] روش‌های مبتنی بر بلاک و روش‌های آماری و مبتنی بر ویژگی‌های تصویر [۲۳].

روش‌های حوزه مکان علی‌رغم داشتن مزایای زیادی همچون سادگی پیاده‌سازی، نرخ پیاده‌سازی بالا و شفافیت قابل‌قبول دارای نقاط ضعفی نیز هستند. مهم‌ترین ضعف این روش‌ها مقاومت بسیار پایین آن‌ها در مقابل پردازش‌های تصویری همچون برش، افزودن نویز، تغییر فرمت تصویر و یا چرخاندن تصویر می‌باشد [۱۷ و ۲۴].

بهترین راه‌حل برای این مشکل این است که به‌جای حوزه‌ی مکان، اطلاعات را در داخل لایه‌های بالاتر تصویر همچون فرکانس پنهان نماییم. لذا روش‌های پنهان‌سازی در حوزه‌ی تبدیل همچون تبدیل فوریه گسسته [۲۵-۲۷] و تبدیل کسینوس گسسته [۲۸ و ۲۹] تبدیل موجک گسسته [۳۰] به وجود آمده و گسترش یافتند که پیچیده‌تر و دارای مقاومت بیشتر در مقابل حملات هستند [۱۷]. نهان‌نگاری بر اساس بلوک‌بندی تصاویر از تکنیک‌های مناسب دیگر هستند که تصویر را بلوک‌بندی کرده و نهان‌نگاری در این بلوک‌ها انجام می‌گیرد ظرفیت و مقاومت نهان‌نگاری در این روش در مقایسه با نهان‌نگاری در کل تصویر افزایش می‌یابد [۷].

در سال‌های اخیر، تعداد زیادی از طرح‌های نهان‌نگاری تصویر [۲۸-۳۳] معرفی گردیده‌اند. نهان‌نگاری به روش طیف گسترده از یک مفهوم مخابرات طیف گسترده استفاده می‌کند که در آن یک سیگنال باند باریک در داخل یک سیگنال شبه‌نویز منتقل می‌شود. توانایی این روش در تحمل تداخلات ناخواسته بسیار بالاست. این روش همچنین دارای مزایای امنیت حاصل از رمزنگاری است که بر مبنای کلیدهای استفاده‌شده در تولید رشته‌های شبه تصادفی متعامد مانند رشته‌های گلد، کاسامی و غیره حاصل می‌شود [۳۴ و ۳۵].

این مقاله درباره‌ی نهان‌نگاری تصاویر دیجیتال ثابت به روش طیف گسترده، در حوزه‌ی تبدیل کسینوسی

[1]. Least Significant Bit

www.SID.ir

Archive of SID

گسسته و استفاده از الگوریتم ژنتیک است. این روش سیگنال نهان‌نگاره را در مهم‌ترین مؤلفه‌های تصویر ازنظر بینایی انسان، قرارمی‌دهد. به‌منظور ایجاد مقاومت بیشتر در برابر فشرده‌سازی JPEG، همان‌طور که در JPEG ابتدا تصویر به بلوک‌های ۴×۴ تقسیم‌شده و سپس DCT هر بلوک گرفته می‌شود. در اینجا نیز از روش مشابه استفاده‌شده و در بلوک‌های ۴×۴ انتخاب‌شده از تصویر، سیگنال نهان‌نگاره، درج می‌شود.

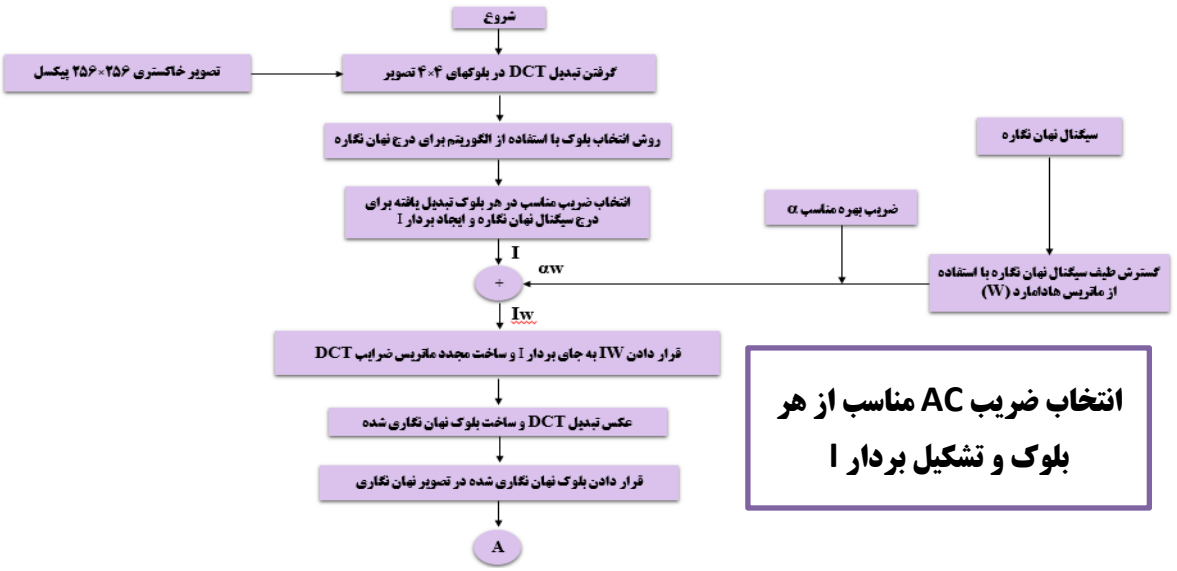
همچنین برای جلوگیری از حذف این ضرایب در اثر فشرده‌سازی با اتلاف، در هر بلوک انتخاب‌شده از تصویر، ضریب موردنظر از سیگنال نهان‌نگاره‌ی طیف گسترده که یک عدد حقیقی است، در مهم‌ترین ضریب DCT بلوک ازنظر JPEG، درج می‌شود. در این روش از مزایای تبدیل DCT مانند مقاومت در برابر حملات فشرده‌سازی با اتلاف و حملات هندسی بهره گرفته می‌شود. تبدیل DCT-4×4، تبدیل جدیدترین استاندارد فشرده‌سازی یعنی استاندارد H.264 است.

با توجه به خواص این تبدیل که در نواحی اطراف لبه‌ها نویز کمتری ایجاد می‌کند، پیش‌بینی می‌شود که استفاده از این تبدیل سبب بهبود در شفافیت تصویر نهان‌نگاری شده گردد [۳۶ و ۳۷]. پیامی که جهت نهان‌نگاری مورداستفاده قرار می‌گیرد پیامی باینری می‌باشد که در موقع بازیابی نیز با همان اندازه‌ی استفاده‌شده در فرایند گنجاندن بازیابی می‌گردد. جهت گنجاندن پیام از روش مبتنی بر طیف گسترده استفاده‌شده است به همین خاطر روش ارائه‌شده از امنیت بالایی برخوردار است.

مقاومت این روش نهان‌نگاری در برابر انواع تغییرات در تصویر به‌خصوص فشرده‌سازی JPEG با ضریب کیفیت‌های مختلف، اضافه شدن نویزهای ناشی از انتقال در یک کانال مخابراتی، تغییرات هندسی مانند تغییر مقیاس و اندازه‌ی شکل و بریده شدن بخشی از تصویر بررسی می‌شود. همچنین روشی که روش ما را از سایر روش‌ها متمایز کرده استفاده از ماتریس هادامارد در تولید سیگنال طیف گسترده می‌باشد که موجب می‌شود تا در مرحله‌ی بازیابی پیام گنجانده‌شده به‌درستی بازیابی گردد.

الگوریتم نهان‌نگاری پیشنهادی

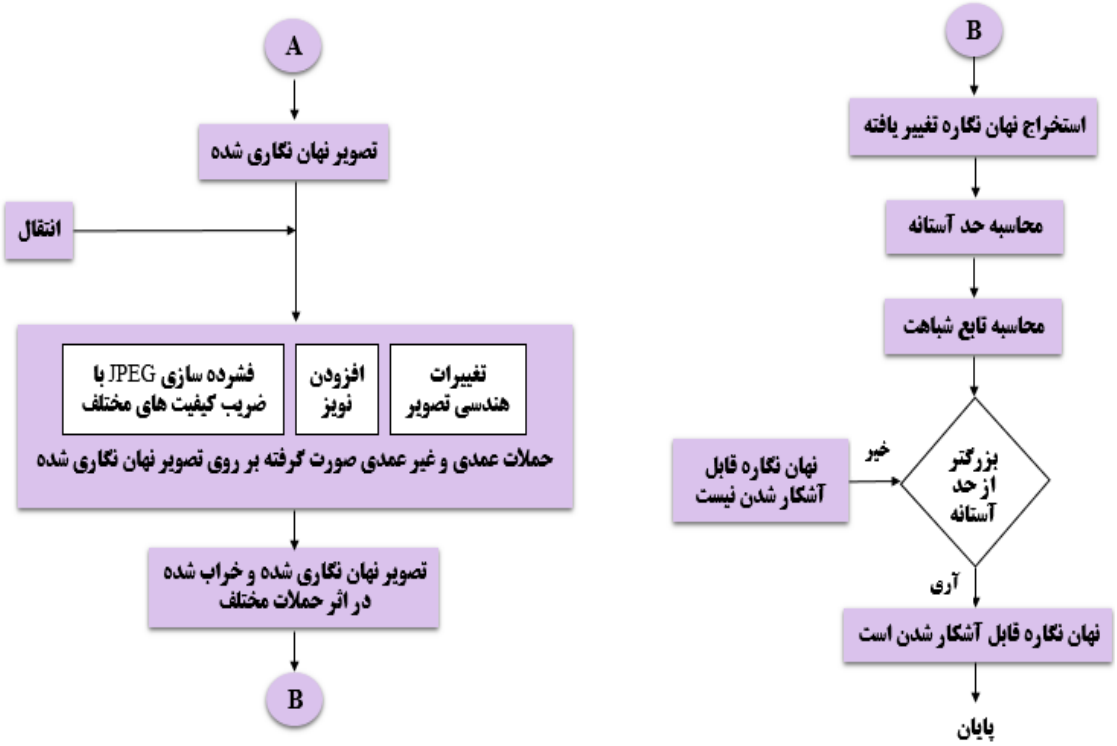
الگوریتم پیشنهادی برای نهان‌نگاری دیجیتال تصویر ثابت به روش طیف گسترده در حوزه‌ی DCT، در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده‌شده‌اند. شکل (۲) روند نمای درج نهان‌نگاره و شکل (۳) روند نمای استخراج آن را نشان می‌دهد.



شکل (۲) روند نمای درج نهان نگاره

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۳) روند نمای استخراج نهان نگاره

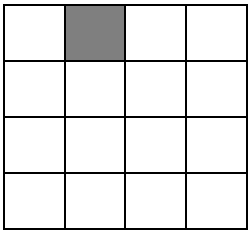
درج نهان‌نگاره

به‌عنوان سیگنال پیام ازجمله‌ی "this is a watermark" استفاده‌شده است که در ۳ تصویر آزمایش استاندارد خاکستری ۲۵۶×۲۵۶ پیکسل به نام‌های بابون، فلفل‌ها و لنا، به ترتیب مثال‌هایی از تصاویر فرکانس بالا، با نواحی یکنواخت و درعین‌حال دارای لبه‌های برجسته و تصویر هموار (لنا)، با فرمت bmp که قبلاً هیچ‌گونه عمل فشرده‌سازی، بر روی آن‌ها صورت نگرفته است، درج می‌شود. برای درج نهان‌نگاره، ابتدا سیگنال پیام به یک سیگنال ۲ قطبی تبدیل‌شده و سپس برای گسترش طیف سیگنال پیام، از ماتریس هادامارد که دارای خواص آماری مناسبی ازنظر همبستگی متقابل پایین هستند، استفاده‌شده است و سیگنال ۱۵۲ بیتی پیام {۱۵۲= (حرف) ۱۹ × ۸} با استفاده از ماتریس هادامارد از مرتبه ۱۰۲۴ به یک‌رشته‌ی ۱۰۲۴ بیتی، گسترده شده است. بنابراین در هر یک از ۱۰۲۴ بلوک انتخابی از ۴۰۹۶ بلوک ایجادشده از تصویر، یکی از ۱۰۲۴ مقدار سیگنال گسترش‌یافته درج می‌شود، ترتیب انتخاب بلوک‌ها به‌طور غیرمنظم و بر اساس بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک است که در این مقاله از ۱/۴ کل بلوک‌های ایجادشده برای نهان‌نگاری استفاده می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده با روش انتخاب بلوک‌ها به‌صورت منظم و روش انتخاب بلوک‌ها به‌صورت غیرمنظم تصادفی جهت نهان‌نگاری مقایسه گردیده است.

برای جلوگیری از حذف سیگنال نهان‌نگاره در اثر فشرده‌سازی با اتلاف، هر یک از مؤلفه‌های این سیگنال در مهم‌ترین ضریب AC از تبدیل DCT هر بلوک با توجه به جدول کوانتیزه JPEG درج می‌شود. این مورد در شکل (۴) نشان داده شده است. ما در این مقاله از کوچک‌ترین ضریب در جدول کوانتیزه JPEG که امکان حذف آن به هنگام حملات بخصوص فشرده‌سازی JPEG بسیار کم است [۳۸] استفاده خواهیم کرد. پس‌ازآن، تصویر نهان‌نگاری شده همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده‌شده، تحت تأثیر انواع حملات قرار می‌گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۴) ضریب AC انتخاب شده برای درج نهان نگاره

ایجاد رشته تصادفی

الگوهای $\mathbf{P_i}, \mathbf{i = 1, 2, 3, \dots, R}$ که در نهان‌نگاری به روش طیف گسترده استفاده می‌شوند چنانچه دارای خصوصیاتی باشند فرایند تشخیص بهبود می‌یابد و خطای کمتری در هنگام بازیابی خواهیم داشت. می‌توان شرایط زیر را برای آن‌ها در نظر گرفت [۳۹]:

۱. $\mathbf{P_i}, \mathbf{i = 1, 2, 3, \dots, R}$ می‌بایست با میانگین صفر باشد.

۲. همبستگی فاصله‌ای[1] $\langle \mathbf{P_i}, \mathbf{P_j} \rangle$ $\mathbf{i \neq j}$ بایستی حداقل باشد. به‌صورت ایده‌آل رشته‌های $\mathbf{P_i}$ و $\mathbf{P_j}$ بایست وقتی $\mathbf{i \neq j}$ است، متعامد باشند.

روشی که ما در این مقاله برای ایجاد رشته‌های تصادفی[2] از آن استفاده کرده‌ایم استفاده از ماتریس هادامارد است که شرایط فوق را دارا می‌باشد. نکته اصلی که باید در این انتقال به آن توجه کرد این است که ابعاد ماتریس هادامارد توانی از دو می‌باشد. لذا در آزمایش‌های مربوط به ارزیابی روش، طول بردار طیف گسترده همواره توانی از دو می‌باشد.

ضرب سیگنال پیام در ماتریس هادامارد

یک ماتریس هادامارد از مرتبه ۱۰۲۴ انتخاب کرده و برای برقراری شرایط بند ۲-۱-۱ ماتریس P را به‌صورت زیر در نظر می‌گیریم:

P=Hadamard (2:1+152,1:1024) (۱)

P ماتریس از مرتبه‌ی ۱۰۲۴×۱۵۲ (از سطر ۲ تا سطر ۱۵۳ ماتریس هادامارد) می‌باشد. گسترش طیف را به‌صورت زیر انجام می‌شود:

$$\mathbf{W_{1\times1024}} = [\text{سیگنال پیام}]_{\mathbf{1\times152}} \times [\mathbf{P}]_{\mathbf{152\times1024}} \quad (۲)$$

معیارهای سنجش

الف : میزان شباهت

چون احتمال دارد که سیگنال پیام استخراج‌شده‌ی $\mathbf{W^*}$ با سیگنال نهان‌نگاره‌ی اولیه‌ی $\mathbf{W}$ برابر نباشد، میزان مشابهت $\mathbf{W}$ و $\mathbf{W^*}$ را می‌توان با رابطه‌ی (۳) اندازه گرفت:

$$\mathbf{Sim(W, w^*)} = \frac{\mathbf{W.W^*}}{\sqrt{\mathbf{W^*W^*}}} \quad (۳)$$

رابطه‌ی فوق یک رابطه‌ی معمول برای اندازه‌گیری شباهت بین سیگنال اصلی نهان‌نگاره و سیگنال استخراج‌شده است [۳۵]. علاوه بر تابع شباهت که در روش کاکس استفاده‌شده [۳۵] در این مقاله از معیاری سنجش دیگر نیز استفاده خواهیم کرد.

ب) همبستگی نرمال شده

جهت اندازه‌گیری خطا بین نهان‌نگاره‌ی اصلی و نهان‌نگاره‌ی بازیابی شده از NC[3] که به‌صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود استفاده می‌کنیم [۴۰].

اگر نهان‌نگاره اصلی را M و نهان‌نگاره بازیابی شده را $\mathbf{M'}$ در نظر بگیریم و تعداد سطر و ستون‌های نهان‌نگاره را $\mathbf{M_{length}}$ و $\mathbf{M_{Width}}$ فرض کنیم آنگاه NC از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\mathbf{NC} = \frac{\sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{M_{length}}} \sum_{\mathbf{j=1}}^{\mathbf{M_{Width}}} [\mathbf{M(i,j)M'(i,j)}]}{\sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{M_{length}}} \sum_{\mathbf{j=1}}^{\mathbf{M_{length}}} [\mathbf{M(i,j)}]^2} \quad (۴)$$

NC بیانگر میزان تطابق نهان‌نگاره‌ی بازیابی شده با نهان‌نگاره‌ی اصلی است.

ج) معیار شفافیت

[1] Spatial correlations
[2] Pseudorandom sequences
[3] Normalized Correlation

www.SID.ir

Archive of SID

جهت مشخص نمودن شباهت بین تصویر اصلی و تصویر نهان‌نگاری شده نیز از PSNR[1] استفاده می‌کنیم. اگر تصویر اصلی را H و تصویر نهان‌نگاری شده را $\mathbf{H'}$ در نظر بگیریم و تعداد سطرها و ستون‌های تصاویر $\mathbf{H_{length}}$ و $\mathbf{H_{Width}}$ باشند، PSNR با استفاده از MSE[2] به‌صورت زیر تعریف می‌شود [۴۱]:

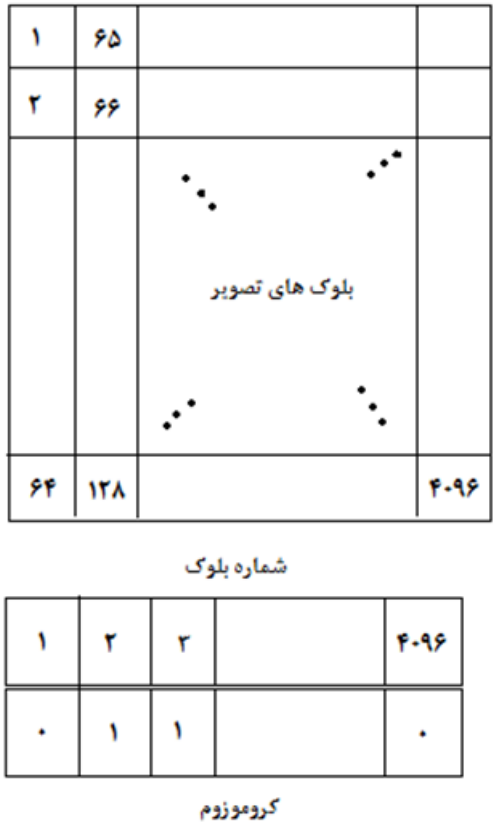
$$\mathbf{MSE} = \frac{1}{\mathbf{H_{length}H_{Width}}} \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{H_{length}}} \sum_{\mathbf{j=1}}^{\mathbf{H_{Width}}} [\mathbf{H(i,j)} - \mathbf{H'(i,j)}]^{\mathbf{2}} \quad (۵)$$

$$\mathbf{PSNR} = \mathbf{10}\log\left[\frac{\max(\mathbf{H'})^2}{\mathbf{MSE}}\right] \quad \mathbf{dB} \quad (۶)$$

PSNR بیانگر میزان شباهت تصویر نهان‌نگاره‌ی شده با تصویر اصلی است.

انتخاب بلوک‌ها

در این مقاله جهت پیدا کردن بهینه‌ترین ترکیب بلوک‌ها، جهت درج نهان‌نگاره، از الگوریتم ژنتیک استفاده‌شده است. هدف پیدا کردن بهترین ترکیب بلوک‌ها در تصویر است به‌گونه‌ای که معیارهای ارزیابی نهان‌نگاری بیشینه شود. همان‌گونه که بیان شد تعداد بلوک‌های موردنیاز جهت درج نهان‌نگاره ۱۰۲۴ و تعداد کل بلوک‌های $\mathbf{4 \times 4}$ تصویر برابر ۴۰۹۶ می‌باشد بنابراین باید $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{4}}$ کل بلوک‌ها انتخاب گردد. انتخاب ساختار کروموزوم‌ها در الگوریتم ژنتیک به این صورت است که هر کروموزوم شامل اندیس مربوط به شماره بلوک‌ها به‌صورت زیر می‌باشد.



شکل (۵) ساختار کروموزوم و شماره اندیس بلوک‌ها

عدد یک در کروموزوم به معنی انتخاب بلوک و عدد صفر به معنی عدم انتخاب بلوک مربوطه می‌باشد. در ابتدا کروموزوم‌ها به‌گونه‌ای مقداردهی اولیه می‌شوند که تعداد کل یک‌ها برابر ۱۰۲۴ باشد. همچنین در هنگام انجام فرایند جهش و بازترکیب درصورتی‌که تعداد یک‌ها از مقدار تعیین‌شده منحرف شد، با استفاده از روش انتخاب تصادفی یک‌ها به صفر و یا برعکس تبدیل می‌شود.

معیارهای ارزیابی نهان‌نگاری، همان‌گونه که بیان شد میزان شباهت[3] همبستگی نرمالیزه شده[4] و بیشینه‌ی نسبت سیگنال به نویز[5] می‌باشد. هدف بیشینه کردن مقدار این پارامترها در انتخاب بلوک‌ها می‌باشد. در انتخاب تابع برازندگی هر سه مقدار ارزیابی و تمام حملات انجام‌گرفته بر روی تصویر نهان‌نگاری شده، در نظر گرفته

[1] Power Signal to Noise Ratio
[2] Mean Squared Error
[3] Similarity (SIM)
[4] Normalized Cross Correlation (NC)
[5] Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

www.SID.ir

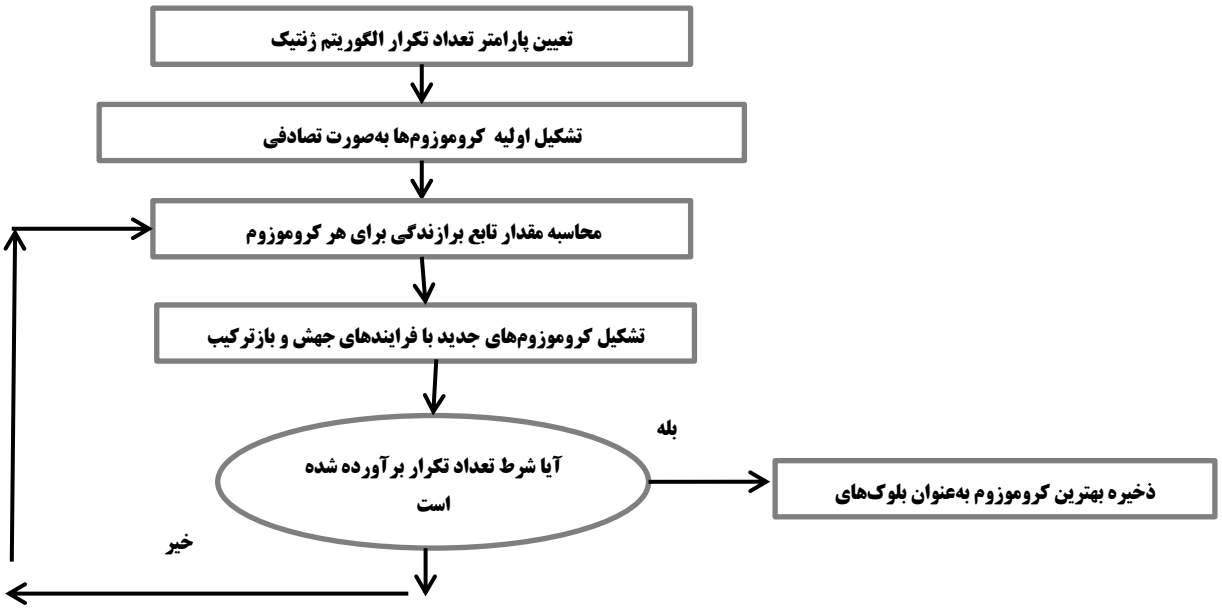
Archive of SID

می‌شود؛ بنابراین تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک به‌صورت زیر انتخاب می‌گردد:

$$\mathbf{Cost} = \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{nA}} \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{SIM_i} + \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{NC_i} + \boldsymbol{\gamma} \times \mathbf{PSNR_i} \quad (۷)$$

$$\mathbf{Fit} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{Cost}} \quad (۸)$$

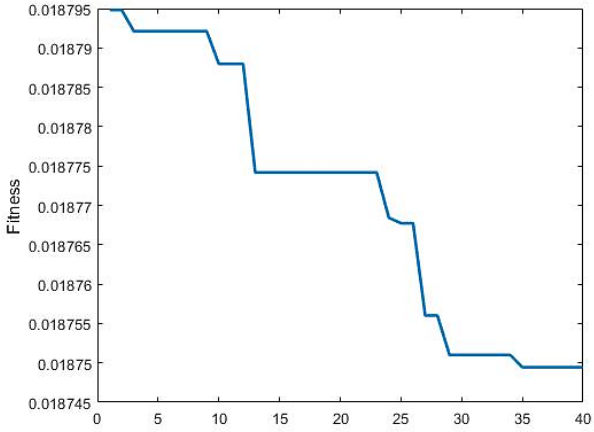
که در آن $\mathbf{nA}$ برابر تعداد حمله‌های انجام‌گرفته بر روی تصویر است. $\boldsymbol{\alpha}$، $\boldsymbol{\beta}$، و به ترتیب ضرایب سه معیار **SIM**، **NC** و **PSNR** بوده و **Fit** مقدار تابع برازندگی است. تعداد حملات مورداستفاده در روش پیشنهادی برابر $\mathbf{nA = 16}$ است و مقادیر ضرایب $\boldsymbol{\alpha}$، $\boldsymbol{\beta}$، و $\boldsymbol{\gamma}$ با در نظر گرفتن واقعیت که آشکارسازی صحیح پیام برای ما اولویت دارد (**NC**) و با آزمون‌وخطا به ترتیب برابر $\boldsymbol{\alpha} = \mathbf{1}$، $\boldsymbol{\beta} = \mathbf{2}$ و $\boldsymbol{\gamma} = \mathbf{1}$ انتخاب گردید. الگوریتم ژنتیک سعی در کمینه کردن مقدار **Fit** و بیشینه کردن مقدار **Cost** دارد که مجموع وزن‌دار سه پارامتر ارزیابی است. در زیر روند نمای انتخاب بلوک‌ها توسط الگوریتم ژنتیک با روش پیشنهادی آمده است. همچنین نتایج شبیه‌سازی در شکل‌های ادامه نمایش داده شده است.



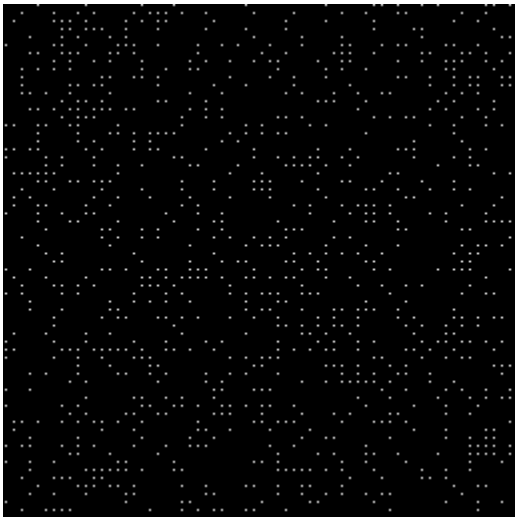
شکل (۶): روند نمای انتخاب بلوک ها توسط الگوریتم ژنتیک با روش پیشنهادی

www.SID.ir

Archive of SID

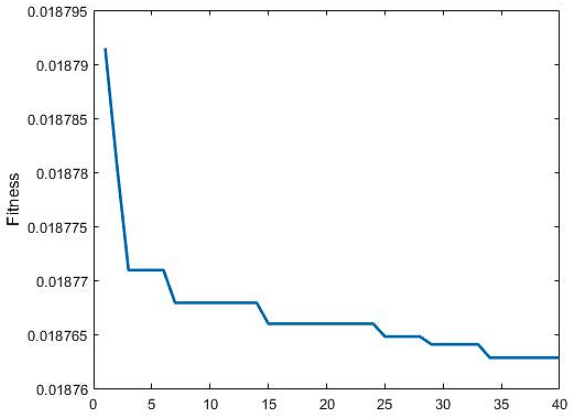


شکل (۷-الف) نمودار کاهش مقدار تابع برازندگی توسط الگوریتم ژنتیک

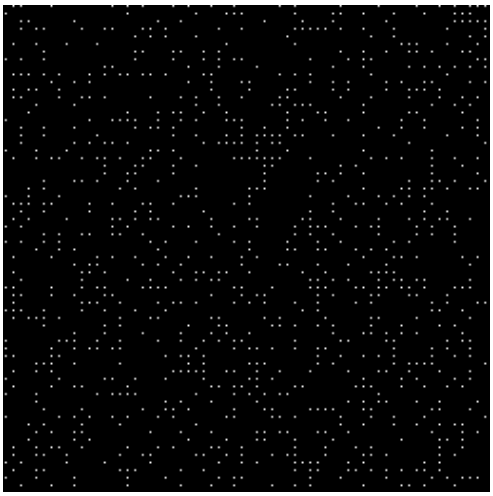


شکل (۷-ب) بلوک های بهینه انتخاب شده به منظور درج نهان نگاره

شکل (۷) نتایج روی تصویر **Baboon**



شکل (۸-الف) نمودار کاهش مقدار تابع برازندگی توسط الگوریتم ژنتیک

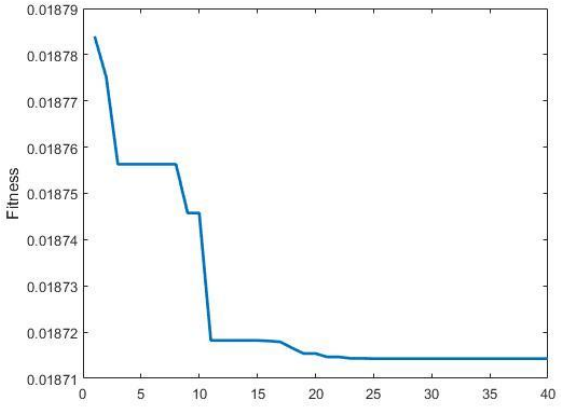


شکل (۸-ب) بلوک های بهینه انتخاب شده به منظور درج نهان نگاره

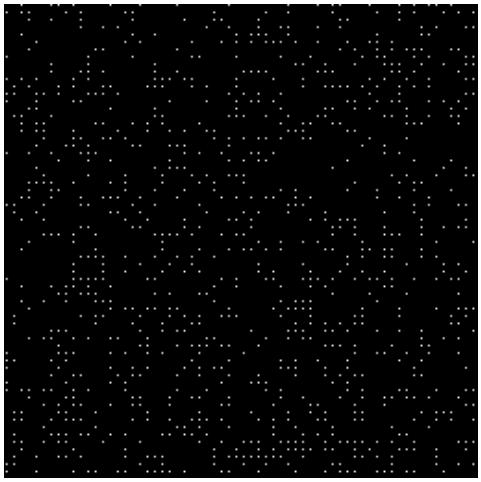
شکل (۸) نتایج روی تصویر **Lena**

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۹-الف) نمودار کاهش مقدار تابع برازندگی توسط الگوریتم ژنتیک



شکل (۹-ب) بلوک های بهینه انتخاب شده به منظور درج نهان نگاره

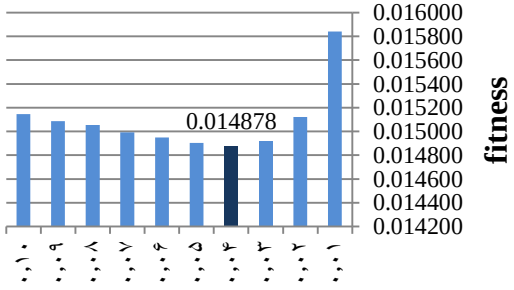
شکل (۹) نتایج روی تصویر Peppers

تعیین ضریب بهره α

برای درج سیگنال نهان‌نگاره از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

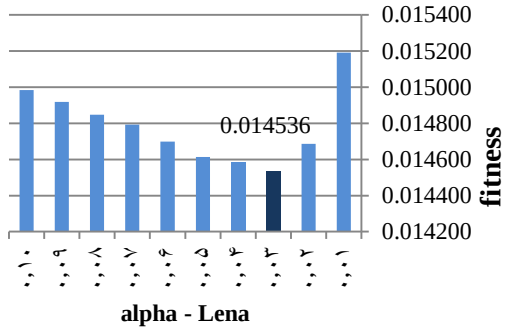
$$\mathbf{I_W(i) = I(i) + \alpha W(i)} \qquad (۹)$$

مقابل اعمال خرابکاری کمتر خواهد شد؛ بنابراین در هنگام گنجاندن نهان‌نگاره می‌بایست سعی کرد تا بهترین مقدار برای آن در نظر گرفته شود که هم شفافیت تصویر نهان‌نگاری حفظ شود و هم مقاومت الگوریتم ارائه‌شده در حد مطلوبی باقی بماند؛ بنابراین در اینجا بعد از تعیین بهترین بلوک‌ها برای درج نهان‌نگاره آنالیز حساسیتی بر اساس مقادیر مختلف α و مقدار تابع برازندگی انجام گردیده و بهترین α برای هر تصویر انتخاب گردیده است.

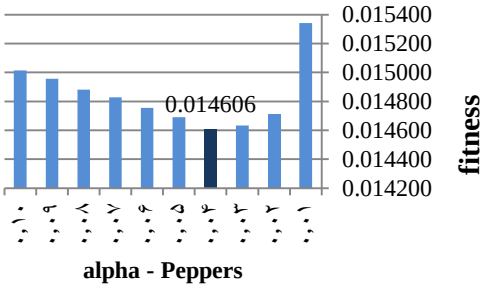


alfa - Baboon

که در آن α ضریب بهره نهان‌نگاری است و در هنگام گنجاندن هرچه مقدار آن کمتر باشد، PSNR یعنی شباهت بین تصویر نهان‌نگاری شده و تصویر اصلی افزایش می‌یابد اما در عوض مقاومت تصویر نهان‌نگاری شده در



alpha - Lena



alpha - Peppers

شکل (۱۰) تعیین α بهینه برای سه تصویر استاندارد لنا، بابون و فلفل ها

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج آزمایش‌ها

در جدول (۱) لیست حملاتی که جهت سنجش مقاومت الگوریتم پیشنهادی به تصویر نهان‌نگاری شده اعمال می‌گردد آورده شده است. همه حملات برای α بهینه برای هر تصویر آزمایش‌شده است؛ و نتایج حاصله در جداول ۲، ۳ و ۴ نشان داده‌شده است.

جدول (۱) حملات مختلف آزمایش‌شده بر روی تصویر نهان‌نگاری شده

ردیف	علائم مختصر	توضیحات
۱	**G + WF**	افزودن نویز گوسی (m=0, v=0. 05) و عبور از فیلتر وینر
۲	**S&P + MF**	افزودن نویز فلفل نمکی (D=2%) و عبور از فیلتر میانه
۳	**S&P+G+ MF+WF**	افزودن همزمان نویز گوسی و فلفل نمکی به تصویر و عبور از فیلترهای وینر و میانه
۴	**J67**	فشرده‌سازی JEPG با Q=67%
۵	**J84**	فشرده‌سازی JEPG با Q=84%
۶	**J+G+WF**	افزودن نویز گوسی و پس از فشرده‌سازی با Q=67,84% و عبور از فیلتر وینر
۷	**J+S&P+MF**	افزودن نویز فلفل نمکی پس از فشرده‌سازی با Q=67,84% و عبور از فیلتر میانه
۸	**J+2N2F**	افزودن نویز گوسی و فلفل نمکی پس از فشرده‌سازی با Q=67,84% و عبور از دو فیلتر وینر و میانه
۹	**C ½**	بریدن ۱/۲ از تصویر نهان‌نگاری شده
۱۰	**C ¾**	بریدن ۳/۴ از تصویر نهان‌نگاری شده
۱۱	**C 7/8**	بریدن ۷/۸ از تصویر نهان‌نگاری شده

جدول (۲) مقایسه حملات مختلف بر روی تصاویر مختلف با مقادیر بهینه α در بلوک‌های تصادفی

معیار سنجش /حمله	مشخصات تصویر											
	Baboon ($\alpha = 0.04$)				**Lena ($\alpha = 0.03$)**				**Peppers ($\alpha = 0.04$)**			
	SIM	NC	PSNR	M	SIM	NC	PSNR	M	SIM	NC	PSNR	M
none	12.32	1	28.05	this is a watermark	12.32	1	27.78	this is a watermark	12.32	1	27.54	this is a watermark
Resize	12.00	1	24.38	this is a watermark	12.05	1	27.95	this is a watermark	12.10	1	27.56	this is a watermark

www.SID.ir

Archive of SID

G_WF	9.67	1	19.00	this ic a watermark	9.57	1	20.13	this is a watermark	9.31	1	19.95	this is a w!termark
SP_MF	11.34	1	23.77	this is a watermark	11.44	1	29.28	this is a watermark	11.46	1	29.57	this is a watermark
SP_G_MF_WF	8.24	0.94	20.34	4` c is a watermark	8.11	0.91	21.88	this is a wate6larj	8.16	0.97	22.04	tèis is$a(wAtermark
C1_2	8.17	1	31.12	this is a watermark	8.56	1	30.79	this is a watermark	8.17	1	30.55	this is a watermark
C3_4	5.23	1	33.20	this is a watermark	6.16	1	33.65	this is a watermark	5.24	1	33.38	this is a watermark
C7_8	3.41	0.88	35.99	‰s is a watermasv	3.74	0.88	36.61	ž œs is a watermasc	3.35	0.88	36.45	ž Œ‰s ió á ÷aôeòmasv
J84	12.30	1	26.45	this is a watermark	12.29	1	26.81	this is a watermark	12.15	1	26.03	this is a watermark
J84_G_WF	9.80	1	19.30	this is a watermark	9.64	1	20.15	this is a watermark	9.39	1	19.57	this is a watermark
J84_SP_MF	11.43	1	20.50	this is a watermark	11.45	1	26.87	this is a watermark	11.42	1	22.88	this is a watermark
J84_G_WF_SP_MF	8.40	0.92	18.94	4has is a watermark	8.73	0.97	21.87	tiis is a 7atermarj	8.52	0.98	21.43	tHis is a watermark
J67	12.27	1	25.63	this is a watermark	12.25	1	26.10	this is a watermark	12.10	1	23.62	this is a watermark
J67_G_WF	9.67	1	19.03	this is a watermark	9.71	1	20.21	this is a watermark	9.42	0.98	19.52	this is a watermark
J67_SP_MF	11.01	1	19.31	this is a watermark	11.25	1	25.45	this is a watermark	11.29	1	21.36	this is a watermark
J67_G_WF_SP_MF	8.50	0.98	20.05	tHis is a watermark	8.39	0.97	21.15	t`ic is	8.38	0.98	20.80	this is a watermark

جدول (۳) مقایسه حملات مختلف بر روی تصاویر مختلف با مقادیر بهینه α در بلوک‌های منظم

معیار سنجش /حمله	مشخصات تصویر											
	Baboon ($\alpha = 0.04$)				**Lena ($\alpha = 0.03$)**				**Peppers ($\alpha = 0.04$)**			
	SIM	NC	PSNR	M	SIM	NC	PSNR	M	SIM	NC	PSNR	M

www.SID.ir

Archive of SID

none	12.32	1	28.11	this is a watermark	12.32	1	28.39	this is a watermark	12.32	1	29.04	this is a watermark
Resize	12.02	1	25.26	this is a watermark	12.10	1	28.37	this is a watermark	12.11	1	28.53	this is a watermark
G_WF	9.79	1	19.31	this is a watermark	9.76	1	20.19	this is a watermark	9.50	1	20.02	this is a watermark
SP_MF	11.41	1	23.93	this is a watermark	11.53	1	29.33	this is a watermark	11.59	1	30.03	this is a watermark
SP_G_MF_WF	8.24	1	20.37	th)s is a waterme rk	8.12	1	21.90	thaa is a watermark	8.25	1	22.13	this is a watermark
C1_2	8.71	1	31.62	this is a watermark	8.71	1	30.88	this is a watermark	8.71	1	30.99	this is a watermark
C3_4	6.16	1	34.13	this is a watermark	6.21	1	33.67	this is a watermark	6.16	1	33.56	this is a watermark
C7_8	4.06	0.89	36.47	Í<s is a waterm k6ã	4.06	0.89	36.66	^%ùs is a atermáv “	4.06	0.89	36.63	¾M´s is a waterma ²K
J84	12.30	1	26.49	this is a watermark	12.30	1	26.83	this is a watermark	12.21	1	26.31	this is a watermark
J84_G_WF	9.84	1	19.32	this is a watermark	9.83	1	20.28	this is a watermark	9.45	1	19.92	this is a watermark
J84_SP_MF	11.46	1	21.66	this is a watermark	11.49	1	29.05	this is a watermark	11.54	1	28.89	this is a watermark
J84_G_WF_SP_MF	8.67	0.98	19.76	this is a watermark	8.88	0.98	21.95	thas is a watermark	8.73	0.98	21.99	this is a watermark
J67	12.28	1	25.72	this is a watermark	12.26	1	26.10	this is a watermark	12.12	1	24.98	this is a watermark
J67_G_WF	9.90	1	19.17	this is a watermark	9.81	1	20.32	this is a watermark	9.48	1	19.69	this is a watermark
J67_SP_MF	11.24	1	20.81	this is a watermark	11.39	1	26.39	this is a watermark	11.37	1	26.74	this is a watermark
J67_G_WF_SP_MF	8.70	1	20.19	this ys a wateriar k	8.63	0.98	21.88	this is a$wateri ark	8.59	1	20.86	tHis is a watermark

www.SID.ir

Archive of SID

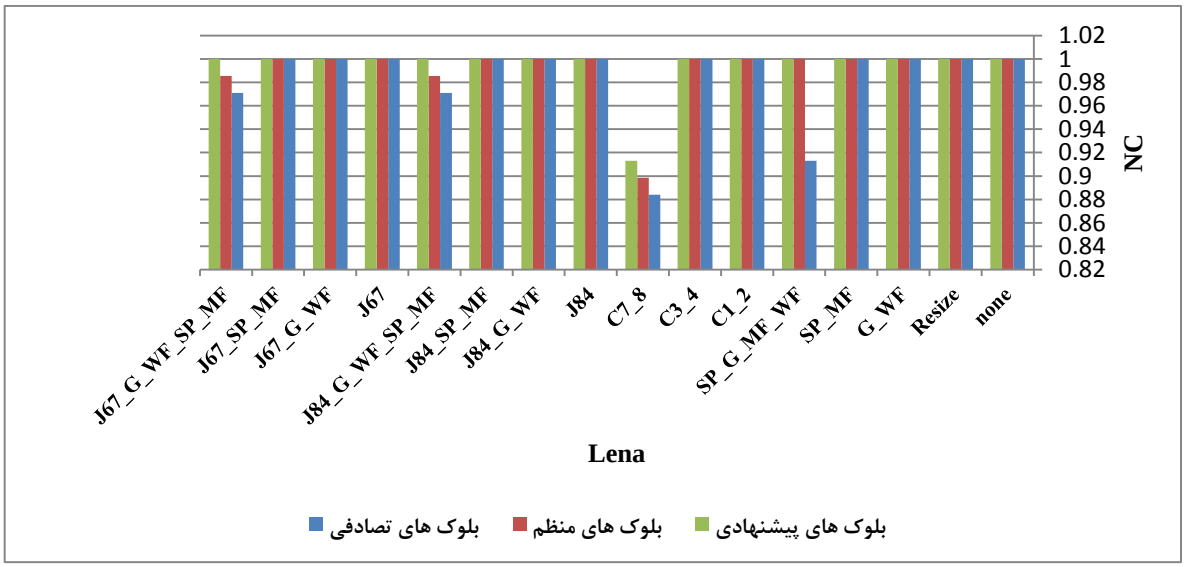
جدول (۴) مقایسه حملات مختلف بر روی تصاویر مختلف با مقادیر بهینه α در بلوک‌های پیشنهادی

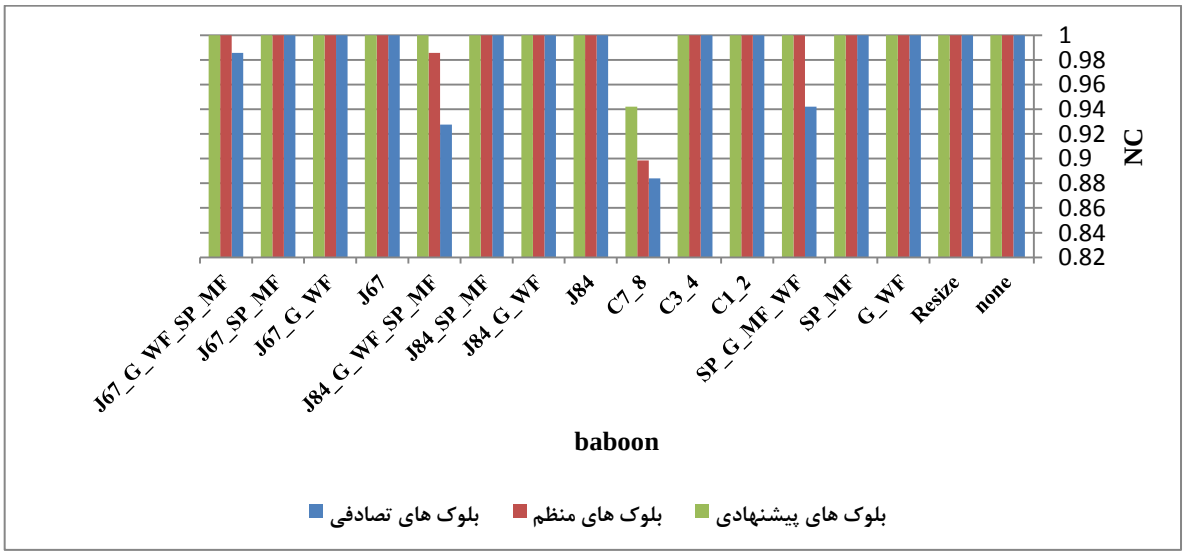
معیار سنجش / حمله	مشخصات تصویر											
	Baboon ($\alpha = 0.04$)				Lena ($\alpha = 0.03$)				Peppers ($\alpha = 0.04$)			
	SIM	NC	PSNR	M	SIM	NC	PSNR	M	SIM	NC	PSNR	M
none	12.32	1	28.80	this is a watermark	12.32	1	28.64	this is a watermark	12.32	1	29.27	this is a watermark
Resize	12.14	1	25.29	this is a watermark	12.20	1	28.43	this is a watermark	12.21	1	29.24	this is a watermark
G_WF	9.94	1	19.45	this is a watermark	9.84	1	20.22	this is a watermark	9.66	1	20.02	this is a watermark
SP_MF	11.41	1	24.42	this is a watermark	11.55	1	29.37	this is a watermark	11.62	1	30.23	this is a watermark
SP_G_MF_WF	8.25	1	20.38	this ms a watermark	8.14	1	21.93	thhs is a$Watermark	8.64	1	22.15	this is a!watermark
C1_2	8.85	1	31.67	this is a watermark	8.86	1	31.50	this is a watermark	8.75	1	31.92	this is a watermark
C3_4	6.22	1	34.30	this is a watermark	6.36	1	34.39	this is a watermark	6.27	1	34.42	this is a watermark
C7_8	4.29	0.94	38.01	th(s is a waterm ar*	4.31	0.91	37.09	tH(s is a watermaR *	4.31	0.91	38.30	tH(s is a waterma R*
J84	12.31	1	26.56	this is a watermark	12.30	1	26.83	this is a watermark	12.24	1	26.65	this is a watermark
J84_G_WF	9.92	1	19.37	this is a watermark	9.83	1	20.29	this is a watermark	9.54	1	20.22	this is a watermark
J84_SP_MF	11.57	1	24.41	this is a watermark	11.52	1	29.29	this is a watermark	11.56	1	28.91	this is a watermark
J84_G_WF_SP_MF	8.96	1	20.09	this is a watermark	9.00	1	22.44	this is a watermark	8.84	1	22.28	this is a watermark
J67	12.28	1	25.73	this is a watermark	12.27	1	26.51	this is a watermark	12.20	1	25.72	this is a watermark
J67_G_WF	9.96	1	19.44	this is a watermark	9.91	1	20.33	this is a watermark	9.51	1	19.75	this is a watermark
J67_SP_MF	11.48	1	24.54	this is a waterm	11.47	1	29.0	this is a watermar	11.45	1	27.19	this is a watermar

www.SID.ir

Archive of SID

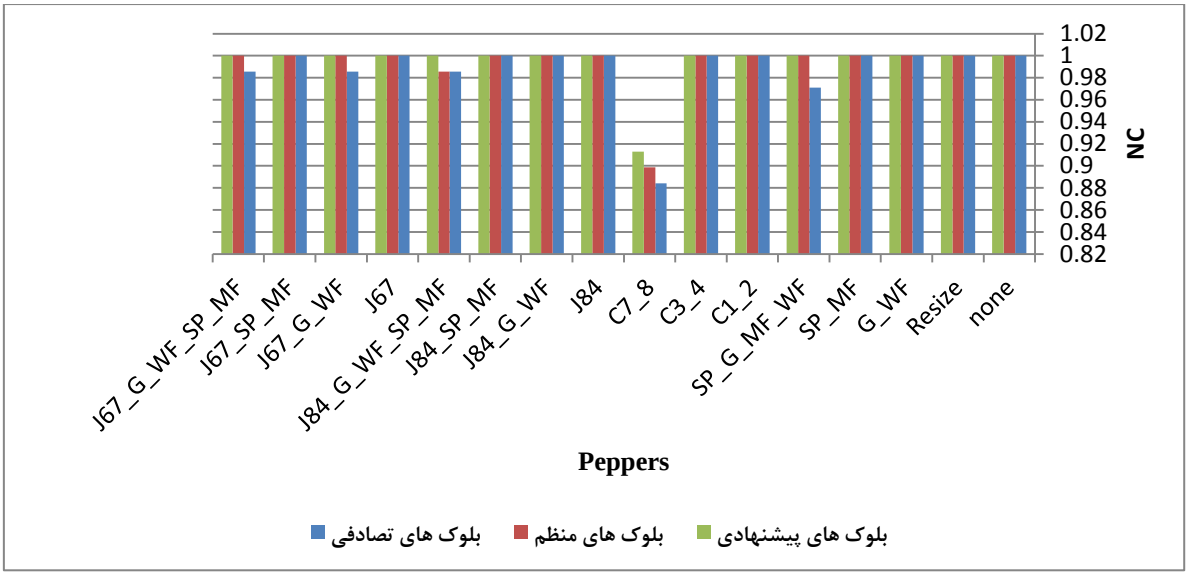
				ark				k				k
J67_G_WF_SP_MF	8.93	1	20.66	this is a watermark	8.89	1	22.3	this is a watermark	8.81	1	21.78	this is a watermark



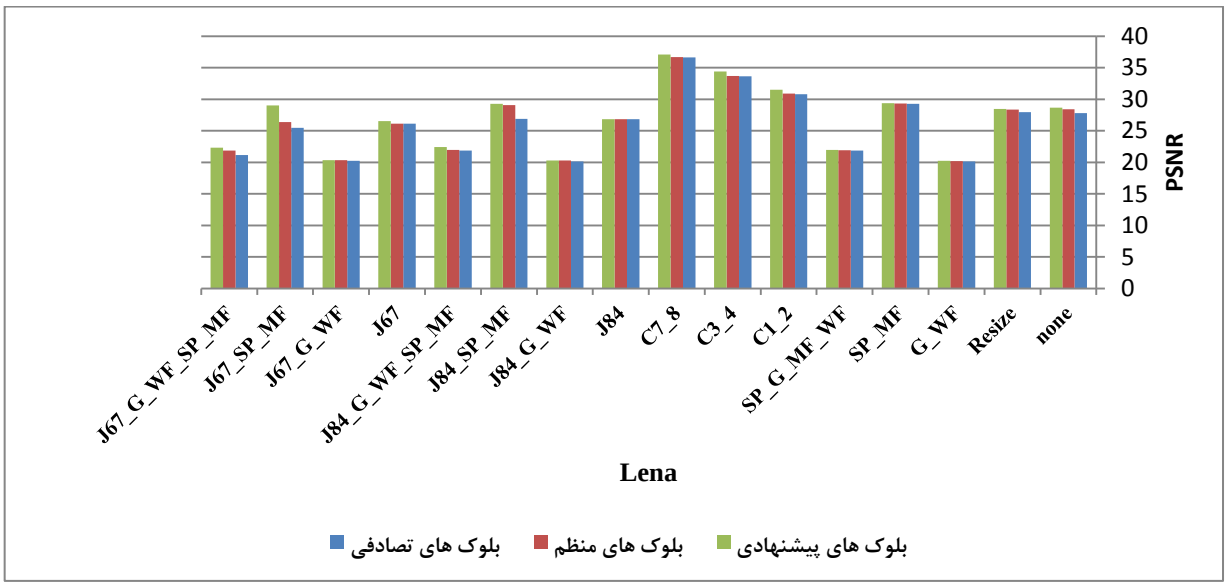


www.SID.ir

Archive of SID

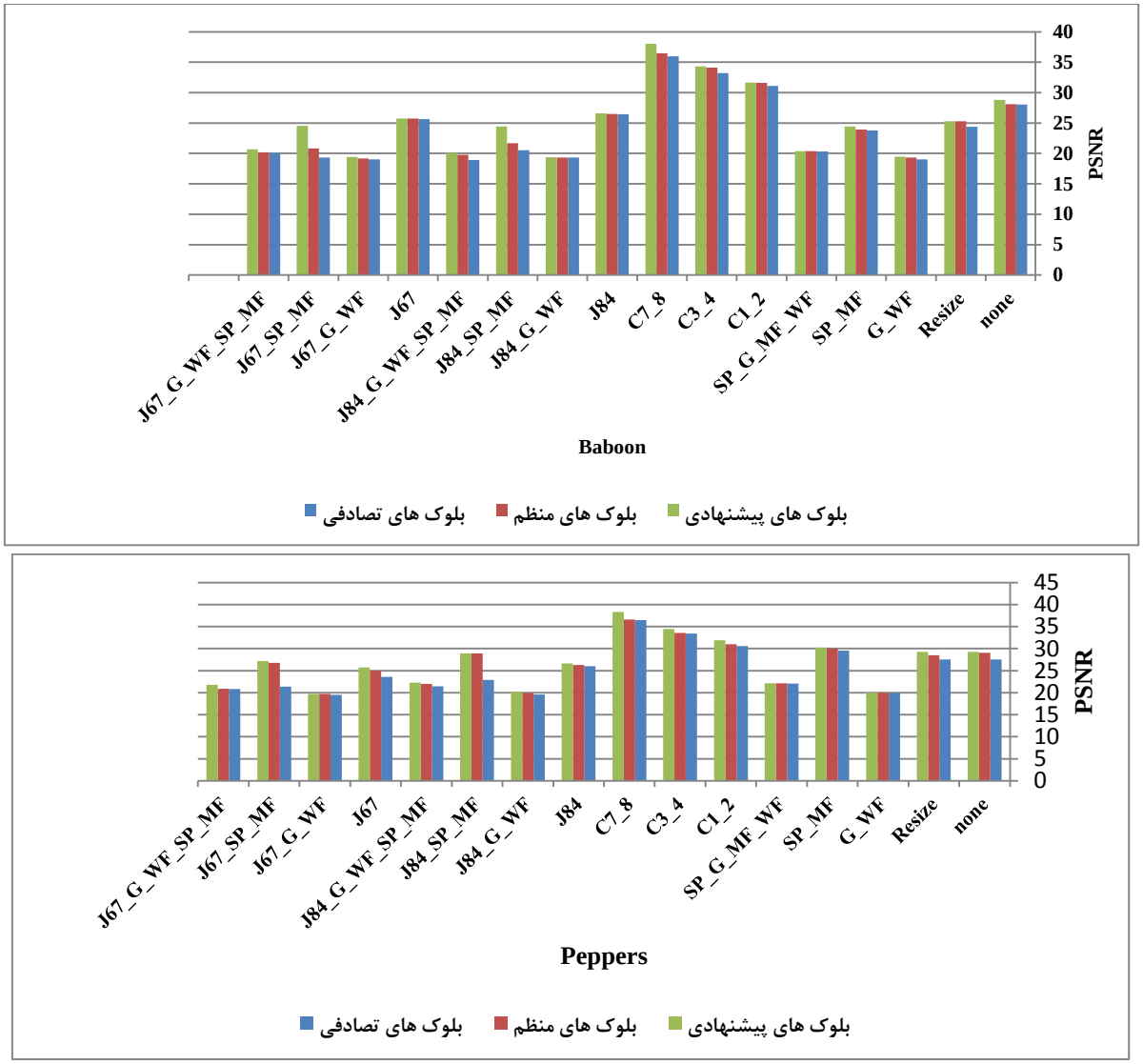


شکل (۱۱) مقایسه NC حاصل از روش پیشنهادی و روش انتخاب بلوک های منظم و انتخاب بلوک ها به صورت غیرمنظم تصادفی

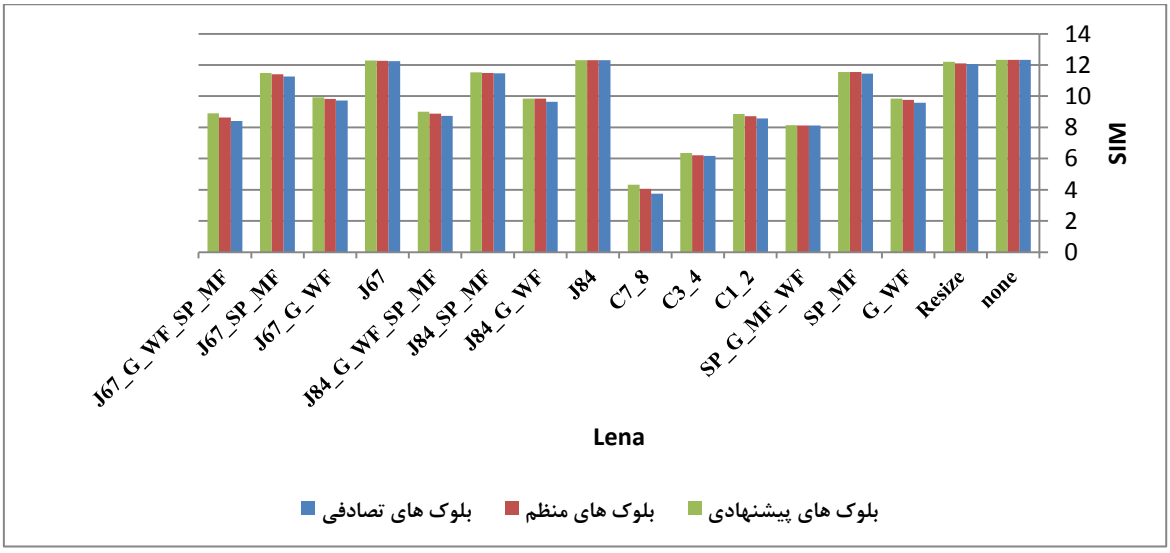


www.SID.ir

Archive of SID

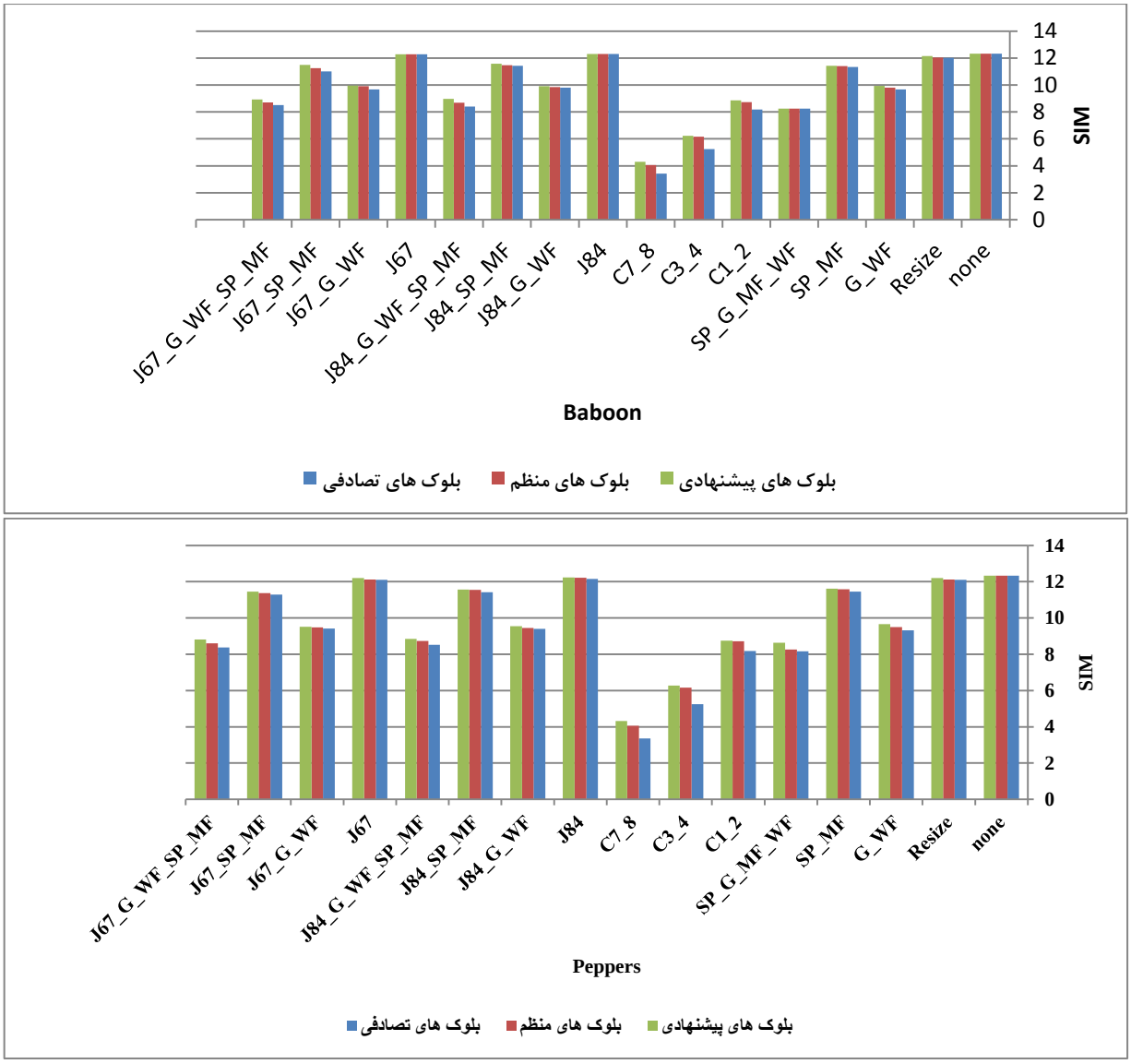


شکل (۱۲) مقایسه PSNR حاصل از روش پیشنهادی و روش انتخاب بلوک های منظم و انتخاب بلوک ها به صورت تصادفی



www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۱۳) مقایسه SIM حاصل از روش پیشنهادی و روش انتخاب بلوک‌های منظم و انتخاب بلوک‌ها به‌صورت تصادفی

نتیجه‌گیری

همان‌طور که از جداول و شکل‌های بالا مشاهده می‌شود استفاده از الگوریتم پیشنهادی نسبت به روش انتخاب بلوک‌ها به‌صورت منظم و روش انتخاب بلوک‌ها به‌صورت غیرمنظم تصادفی دارای PSNR یا به‌عبارت‌دیگر دارای شفافیت بیشتری می‌باشد. با توجه به اینکه همیشه بین شفافیت تصویر نهان‌نگاری شده و مقاومت مصالحه‌ای وجود دارد اما با بررسی مقاومت روش ارائه‌شده در مقابل اعمال خراب‌کاری‌های مختلف مشاهده می‌شود که روش پیشنهادی دارای مقاومت بهتری نیز در مقابل حملات مختلف دارد. از نتایج بسیار جالب، تغییر بسیار کم تابع شباهت در فشرده‌سازی JPEG است. این نتیجه‌ی جالب، نمایانگر مقاومت بسیار خوب سیگنال نهان‌نگاره در برابر فشرده‌سازی‌های مختلف است. به‌عبارت‌دیگر، از این نتایج چنین برمی‌آید که درج هر بیت از سیگنال طیف گسترده‌ی نهان‌نگاره در ضریبی از تبدیل DCT هر بلوک که ازنظر JPEG ارزش بیشتری دارد، سبب مقاوم شدن بسیار زیاد سیگنال نهان‌شده در تصویر، در برابر فشرده‌سازی‌های JPEG می‌شود. در حالت کلی، با مقایسه معیارهای سنجش مشاهده می‌شود که روش پیشنهادی دارای شفافیت و نتایج بهتری در برابر حملات مختلف دارد. به دلیل استفاده از روش طیف گسترده برای

www.SID.ir

Archive of SID

گسترش طیف پیام الگوریتم ارائه‌شده از امنیت خوبی برخوردار می‌باشد. همچنین به دلیل استفاده از ماتریس هادامارد، فرایند تشخیص بهبود می‌یابد و خطای کمتری در هنگام بازیابی خواهیم داشت. با توجه به تعداد بلوک‌های ایجادشده (استفاده از زیر تصویرها برای درج نهان‌نگاره) حجم ذخیره‌سازی هم بیشتر می‌گردد.

منابع

[1] M. R. Mosavi, M. Khishe and A. Ghamgosar, "Classification of Sonar Data Set using Neural Network Trained by Gray Wolf Optimization", Journal of Neural Network World, Vol.26, No.4, pp.393-415, 2016.

[2] A. M. Abdelhakim, H. I. Saleh and A. M. Nassar "Aquality guaranteed robust image watermarking optimization with Artificial Bee Colony" Expert Systems with Applications, Vol. 72 pp. 317–326, 2017.

[3] I. J. Cox, J. Kilian, F. T. Leighton, and T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 6, pp. 1673–1687, 1997.

[4] M. R. Mosavi, M. Khishe and M. Akbarisani, "Neural Network Trained by Biogeography-based Optimizer with Chaos for Sonar Data Set Classification," Wireless Personal Communications (WPC), Vol.95, No.4, pp.1-20, 2017.

[5] M. R. Mosavi, M. Khishe, "Training a Feed-Forward Neural Network using Particle Swarm Optimizer with Autonomous Groups for Sonar Target Classification," Journal of Circuits, Systems, and Computers (JCSC), Vol. 26, No. 11, pp.1-20, November 2017.

[6] I. J. Cox, M. L. Miller, J. A. Bloom and C. Honsinger, "Digital watermarking," Vol.53, Springer, 2002.

[7] M. L. Miller, I. J. Cox, J.-P. M.Linnartz and T. Kalker, "A review of watermarking principles and practices," Digital signal processing for multimedia systems, pp. 461–485, 1999.

[8] J. R. Aparna and S. Ayyappan "Image Watermarking using Diffie Hellman Key Exchange Algorithm" International Conference on Information and Communication Technologies, 2014.

[9] M. Tang, J. Hu and W. Song "A high capacity image steganography using multi-layer embedding," Optik International Journal for Light and Electron Optics, Vol. 125, pp. 3972-3976, 2014.

[10] A. Cheddad, J. Condell, K. Curran, P. K. Mc, "Digital image steganography: Survey and analysis of current methods," Signal Processing, Vol. 90, pp. 727752, 2010.

[11] S. Goel, A. Rana and M. Kaur"Comparison of image steganography techniques," International Journal of Computers and Distributed Systems, Vol. 3, pp. 20-30, 2013.

[12] C. Fung, A. Gortan, and W. J. Godoy "A review study on image digital watermarking," In Proceedings of the 10th international conference on networks, pp. 24–28, 2011.

[13] F. Husain, "A survey of digital watermarking techniques for multimedia data," International Journal of Electronics and Communication Engineering, Vol. 2, pp. 37–43, 2012.

[14] J. Liu and X. He, "A review study on digital watermarking," In Proceedings of 1st International Conference on Information and Communication Technologies, pp. 337–341, 2005.

[15] M. Khishe, M. R. Mosavi, and M. Kaveh, "Improved Migration Models of Biogeography-based Optimization for Sonar Data Set Classification using Neural Network," Applied Acoustic, Vol.118, pp.15-29, 2017.

[16] S. Mokhnache, T. Bekkouche and D. Chikouche "A Robust Watermarking Scheme Based on DWT and DCT Using Image Gradient," International Journal of Applied Engineering Research, Vol. 13, No. 4, pp. 1900-1907, 2018.

[17] A. L. Choodarathnakara, A. Manjunatha, K. K. Sneha and V. A. Chandana "Combined DWT-DCT Digital Image Watermarking for Improving Imperceptibility and Robustness" International Journal of Management, Technology And Engineering, Vol. 8, No. X, 2018.

[18] P. Fakhari, E. Vahedi and C. Lucas "Protecting patient privacy from unauthorized release of medical images using a bio-inspired wavelet-based watermarking approach," Digital Signal Process Vol. 21, pp. 433–446, 2011.

[19] S. Ravakhah, M. Khishe, M. Aghababaee and E. Hashemzadeh, "Sonar False Alarm Rate Suppression using Classification Methods Based on Interior Search Algorithm," IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, Vol.17, No.7, July 2017.

www.SID.ir

Archive of SID

[20] I. G. Karibali and K Berberidis "Efficient spatial image watermarking via new perceptual masking and blind detection scheme," IEEE Transaction on Information Forensics Secur, Vol. 1, No.2, pp. 256–274, 2006.
[21] M. Khishe, M. R. Mosavi and A. Moridi "Chaotic Fractal Walk Trainer for Sonar Data Set Classification using Multi-Layer Perceptron Neural Network and Its Hardware Implementation," Applied Acoustics, Vol.137, pp.121-139, 2018.
[22] N. Memon, "Analysis of LSB based image steganography techniques Chandramouli," Proceedings of International Conference on Image, Vol. 3. pp. 1019-1022, 2001.
[23] R. Wolfgang, E. Delp, "A watermark for digital images", Proceedings of International Conference on Images Processing, pp. 219222, 1996.
[24] S. Katzenbeisser and F. Petitcolas "Information hiding techniques for steganography and digital watermarking," Artech House Books, 2000.
[25] A. Poljicak, L. Mandic and D. Agic "Discrete Fourier transform–based watermarking method with an optimal implementation radius," Journal of Electron Imaging, Vol. 20, No. 3, pp. 033008-033008, 2011.
[26] K. Tanaka, Y. Nakmura and K. Matsui, "Embedding Secret Information into a Dithered Multi- Level Image," IEE Military Communications Conference, Vo1. 1, pp. 216-220, 1990.
[27] Y. Guo, B. Zh. Li, N. Goel "Optimized blind image watermarking method based on firefly algorithm in DWT-QR transform domain," IET Image Processing, 2017.
[28] A. Phadikar, S. P. Maity and B. Verma "Region based QIM digital watermarking scheme for image database in DCT domain," Computer Electronic Engineering, Vol. 37, pp. 339–355, 2011.
[29] S. Afrakhteh, M. Mosavi, M. Khishe, A. Ayatollahi," Accurate Classification of EEG Signals using Neural Networks Trained by Hybrid Population-physic-based Algorithm," International Journal of Automation and Computing, pp.1-15, 2018.
[30] P. Fakhari, E. Vahedi and C. Lucas "Protecting patient privacy from unauthorized release of medical images using a bio-inspired wavelet-based watermarking approach," Digital Signal Processing, Vol. 21, pp. 433–446, 2011.
[31] C. C. Lai, "An improved SVD-based watermarking scheme using human visual characteristics," Optic Communication, Vol. 284, pp. 938–944, 2011.
[32] A. Phadikar, S. P. Maity and B. Verma "Region based QIM digital watermarking scheme for image database in DCT domain," Computer Electronic Engineering, Vol. 37, pp. 339–355, 2011.
[33] Q. T. Su, Y. G. Niu, X. X. Liu and Y. Zhu "Embedding color watermarks in color images based on Schur decomposition," Optic Communication, Vol. 285, pp. 1792–1802, 2012.
[34] I. J. Cox, J. Kiliant, T. Leighton and T. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Transaction on Image Processing, Vol.6, pp. 1673-1687, 1997.
[35] M. Kaveh, M. Khishe, M. R. Mosavi, "Design and Implementation of a Neighborhood Search BBO Trainer for Classifying Sonar Data Set using Multi-Layer Perceptron Neural Network," Analog Integrated Circuits and Signal Processing, November 2018.
[36] Y. Q. Shi and H. Sun, "Image and Video Compression for Multimedia Engineering Fundamentals, Algorithms, and Standards," Florida, CRC Press LLC Inc, 2000.
[37] Th. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard, " IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 13, No7, July 2003.
[38] M. R. Mosavi, M. Khishe, G. R. Parvizi, M. J. Naseri, M. Ayat, "Training Multi-Layer Perceptron Utilizing Adaptive Best-mass Gravitational Search Algorithm to Classify Sonar Dataset," Archive of Acoustics, Vol. 44, No. 1, pp. 137–151, 2019 .
[39] J. Mayer, A. Vieria, S. Silverio, J. Carlos and M. Bermudez, "On the Design of Pattern Sequences for Spread Spectrum Image Watermarking" International Telecommunications Symposium- ITS 2002.
[40] M. Khishe, H. Mohammadi, "Sonar Target Classification using Multi-Layer Perceptron Trained by Salp Swarm Algorithm," Ocean Engineering, Vol. 181, pp. 98-108, 2019.
[41] Ch. Sh. Shieh, H. Ch. Huang, F. H. Wang, and J. Sh. Pan "Genetic Watermarking based on transform-domain techniques," Pattern Recognition, Vol. 37, pp. 555-565, 2004.

www.SID.ir