Archive of SID

نشانه‌گذاری نیمه شکننده به منظور شناسایی و بازیابی دستکاری در تصویر مبتنی بر دسته‌بندی ناحیه

سید حسین سلیمانی[1]، امیرحسین طاهری‌نیا[2]

[1]دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشجوی کارشناسی ارشد نرم‌افزار، seyyedhosein.soleymani@stu.um.ac.ir

[2]دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مهندسی کامپیوتر، استادیار گروه هوش مصنوعی، taherinia@um.ac.ir

چکیده

در این مقاله یک روش نشانه‌گذاری نیمه شکننده برای شناسایی و بازیابی دستکاری در تصویر مبتنی بر ناحیه پیشنهاد شده است. در این روش برای ناحیه با بافت نرم که حاوی اطلاعات کمتری از تصویر می‌باشد، مقدار بیت کمتر استخراج می‌شود و همچنین برای نواحی با بافت معمولی و زبر که حاوی اطلاعات بیشتری از تصویر است مقدار بیت بیشتری استخراج می‌شود. بعلاوه اطلاعات استخراج شده از بلاکی از نواحی با بافت نرم، معمولی و یا زبر در بلاک هم نوع خود درج خواهد شد. همچنین ساختار وابستگی بلاکی دو طرفه برای تشخیص مکان دستکاری تصویر پیشنهاد شده است که نسبت به ساختار وابستگی حلقه‌ای بلاک‌ها و ساختار وابستگی جفت بلاک‌ها قوی‌تر است و توانایی تشخیص بلاک‌های نیمه تخریب شده بر اثر حملات غیر عمد مانند فشرده‌سازی را دارد. در این روش از مزایای درونیابی مکعبی برای بازیابی ناحیه تخریب شده به منظور جلوگیری از ایجاد شکل بلاکی تصویر استفاده شده است. در این روش پیشنهادی، کیفیت تصویر نشانه‌گذاری شده و ناحیه بازیابی شده از قسمت دستکاری شده، در حضور فشرده‌سازی ۸۰ درصد به ترتیب ۳۴ و ۲۶,۱۸ دسی بل می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

نشانه‌گذاری، نیمه شکننده، تشخیص دستکاری، بازیابی دستکاری، مبتنی بر ناحیه

۱- مقدمه

نشانه‌گذاری را می‌توان به سه دسته‌ی شکننده، نیمه شکننده و مقاوم دسته‌بندی کرد. نشانه‌گذاری شکننده، در برابر هر دو نوع حمله‌ی عمد و غیر عمد مورد تغییر شدید قرار می‌گیرد و از کاربردهای اصلی آن تصدیق سلامت تصویر است. نشانه‌گذاری مقاوم، در برابر حملات عمد و غیر عمد مقاوم است و کاربرد اصلی آن حفاظت از حقوق مالکیت معنوی تصویر می‌باشد. دسته‌ی سوم نشانه‌گذاری نیمه شکننده است که در آن نشانه‌ی جاسازی شده در تصویر در برابر حملات غیر عمد، مقاوم و در برابر حملات عمد و خصمانه، شکننده است و مکان تغییرات را نشان می‌دهد[۱]. با توجه به اینکه در فضای اینترنت عملیاتی مانند فشرده‌سازی، پردازش‌های افزایش دهنده‌ی کیفیت تصویر و نویزهای ارتباطی امری رایج است بنابراین ما به نشانه‌گذاری نیمه شکننده نیازمندیم. برای بازیابی تغییرات ایجاد شده در تصویر باید خلاصه‌ای از اطلاعات تصویر را به عنوان نشانه در خود تصویر جاسازی کرد به گونه‌ای که حجم تصویر تغییر نکند و باعث ایجاد تغییرات محسوس در تصویر نگردد و همچنین بتوان از طریق استخراج اطلاعات خلاصه جاسازی شده، نواحی دستکاری شده از تصویر را با کیفیت مناسبی بازیابی کرد. روش‌های نشانه‌گذاری شکننده بسیار زیادی برای تشخیص و بازیابی دستکاری در تصویر پیشنهاد شده است که برای محیط‌های در معرض حملات غیر عمد مقاومتی از خود نشان نمی‌دهند و کاربرد ندارد. بنابراین هدف این مقاله پیشنهاد روشی نیمه شکننده برای تشخیص و بازیابی قسمت‌های دستکاری شده تصویر می‌باشد که باتوجه به چالش‌ها و محدودیت‌هایی که در این نوع روش‌ها وجود دارد کارهای کمتری بر روی آن انجام شده است.

در بخش ۲ تعدادی از جدیدترین کارهای ارائه شده به طور مختصر بیان شده است. روش پیشنهادی در بخش ۳ قرار دارد. در بخش ۴ و ۵ به ترتیب نتیجه آزمایش‌ها و نتیجه مقاله بیان شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- کارهای مرتبط

در این قسمت تعدادی از روش‌های نشانه‌گذاری نیمه شکننده‌ای که برای رسیدن همزمان به دو هدف تصدیق و بازیابی تصویر پیشنهاد شده‌اند به صورت مختصر بیان شده‌اند.

در سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳، Chamlavi و همکاران در [۲،۳] دو روش نشانه‌گذاری نیمه شکننده برای شناسای نواحی دستکاری شده و سپس بازیابی آن پیشنهاد کردند. در روش [۲] از دو نشانه جداگانه برای تصدیق و بازیابی قسمت های دستکاری شده استفاده شده است در حالی که در روش [۳] از تنها یک نشانه برای رسیدن به هر دو هدف استفاده شده است که باعث بهبود کیفیت تصویر شده است. در روش [۲]، نشانه اول که برای تصدیق تصویر استفاده می‌شود با استفاده از کلید ساخته شده است و نشانه دوم از ضرایب فرکانس پایین تبدیل بلاکیDCT تولید شده است. این نشانه‌ها توسط فشرده‌سازی هافمن، فشرده شده و برای افزایش مقاومت، توسط کدینگ تصحیح خطای BCH کد گذاری شده‌اند. اطلاعات نشانه در زیرباندهای غیر تقریب از تبدیل موجک صحیح به روش کوانتیزه کردن گروهی ضرایب موجک جاسازی شده است.

در سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۴، Wang و همکاران [۴،۵]، روشی مبتنی بر بلاک را پیشنهاد کردند که در آن از شش بیت ساخته شده از کلید برای تصدیق هر بلاک تصویر استفاده شده است. هر بلاک ۸×۸ به چهار بلاک ۴×۴ تقسیم‌بندی شده و میانگین هر بلاک ۴×۴ محاسبه می‌شود. چهار مقدار میانگین محاسبه شده به روش جایگذاری در ضرایب میانی تبدیل DCT بلاک جفت متناظر درج می‌شود و اطلاعات مربوط به تصدیق تصویر در ضرایب فرکانس پایین تبدیل DCT بلاک متناظر به روش کوانتیزه کردن درج می‌شود. در مرحله بازیابی چهار مقدار میانگین برای هر بلاک ۸×۸ استخراج شده و با استفاده از رگرسیون خطی تبدیل به مقادیری، به عنوان ضرایب با ارزش یک ماتریس ۸×۸ تمام صفر می‌شود و با اعمال تبدیل معکوس DCT اطلاعات تقریبی بلاک تولید می‌شود.

در [۵] به منظور بهبود کار پیشین [۴] و از بین بردن بلاکی شکل شدن تصویر بازیابی شده و افزایش کیفیت آن، از یک مدل بهینه‌سازی خطی به جای روش رگرسیون خطی استفاده شده است. اساس کار بازیابی در این روش مبتنی بر روش بازسازی ضرایبِ DCT بیان شده در [۶] می‌باشد که در آن هدف، تخمین ضرایب DCT مفقود شده در بلاک است. هزینه‌ی محاسباتی این روش به دلیل نیاز به محاسبه مدل بهینه‌سازی خطی استفاده شده از روش قبلی بیشتر است.

در سال ۲۰۱۴، Chunlei Li و همکاران [۷] روشی ارائه کردند که در آن، تصویر به بلاک‌های ۱۶×۱۶ غیر هم‌پوشان تقسیم‌بندی شده و ۵ بیت با ارزش از عدد دودویی حاصل از میانگین سطح خاکستری بلاک را به عنوان مرجع بازیابی در نظر می‌گیرد. اطلاعات هر بلاک به شیوه‌ای حلقه‌ای در بلاک بعدی درج می‌شود، به گونه‌ای که خود بلاک در بر دارنده‌ی اطلاعات بلاک قبل می‌باشد. اطلاعات ۵ بیتی برای دو هدف تصدیق تصویر و خودبازیابی در زیرباندهای غیر تقریب از سطح دوم موجک مربوط به بلاک بعدی به روش کوانتیزه کردن ماکزیمم مقدار موجود در یک گروه از ضرایب موجک، درج می‌شود.

در سال ۲۰۱۴، Yuhang Li و همکاران [۸] روشی نیمه شکننده مبتنی بر سنجش فشرده پیشنهاد کردند که ضرایب فرکانس پایین تبدیل DCT بلاک‌های ۴×۴ را در زیرباندهای LH_1 و HL_1 به روش جایگزینی درج می‌شود. مقاومت این روش در برابر فشرده‌سازی بالا نیست و تنها برای مقادیر کم فشرده‌سازی نتیجه می‌دهد.

در سال ۲۰۱۵، Korus و همکاران [۹] روشی مبتنی بر بازسازی ارائه کردند. در این روش تبدیل DCT خطوطی تصادفی از تصویر محاسبه و ضرایب قسمت‌های مختلف با اختصاص دادن تعداد بیت متفاوت و با معیار انتخاب ایجاد کمترین اعوجاج در تصویر انتخاب می‌شود. نشانه محاسبه شده به همراه مقدار کمی بیت به عنوان امضا، در ضرایب میانی تبدیل DCT بلاکی به روش کوانیزه کردن درج می‌شود. در مرحله‌ی بازیابی مقدار هر پیکسل‌که ناشناخته باقی مانده توسط روش بازسازی تصویر محاسبه می‌شوند.

در سال ۲۰۱۲، Phadikar [۱۰] روشی پیشنهاد کردند که در آن اطلاعات بازیابی از تصویر هالفتن حاصل از تقریب سطح دوم موجک صحیح بدست می‌آید. در این روش دو نشانه برای تصدیق تصویر و بازیابی تصویر جعل شده استفاده می‌شود. نشانه‌ی مورد استفاده برای تصدیق، مستقل از اطلاعات تصویر ساخته می‌شود و در سطوح LH_2 و HL_2 از موجک سطح دوم به روش کوانتیزه کردن QIM درج می‌شود. این روش برای کوانتیزه کردن از مدولاسیون لرزش گروهی از ضرایب استفاده می‌کند. اطلاعات مربوط به بازیابی که از تصویر هالفتن تقریب سطح دوم موجک به دست آمده است نیز با همان روش درج نشانه اول در سطوح LH_1 یا HL_1 از موجک صحیح سطح اول که فضای بیشتری دارد درج می‌شود.

در سال ۲۰۱۴، Benrhouma و همکاران [۱۱]، روشی را پیشنهاد کرده‌اند که در آن سعی شده است مقادیر محاسبه شده از میانگین بلوک‌های تقریب موجک سطح اول بدون استفاده از روش‌های کوانتیزه کردن مرسوم به گونه‌ای در ضرایب غیر تقریب موجک از طریق جایگزینی جاسازی شود که بتوان در مرحله بازیابی آن مقادیر را به صورت تقریبی محاسبه نمود.

همانطور که مشاهده می‌شود در روش‌های پیشین برای تمام نواحی تصویر با بافت‌های نرم، معمولی و یا زبر مقدار اطلاعات یکسانی را استخراج می‌کنند و اطلاعات استخراج شده را بدون در نظر گرفتن بافت ناحیه مقصد جاسازی می‌کنند. همچنین در این مقاله سعی شده است از نشانه جداگانه برای عمل تصدیق تصویر استفاده نشود و با بهره گیری از درونیابی در مرحله بازیابی ناحیه دستکاری شده از ایجاد شکل بلوکی، بدون اعمال ترم‌های نرم کننده مانند روش [۵]، جلوگیری کند. همچنین برای پوشش دادن نقاط ضعف روش وابستگی بلاکی حلقه‌ای استفاده شده در [۷]، روش وابستگی حلقه‌ای دوطرفه که ساختمان داده‌ی قوی‌تری را فراهم می‌کند پیشنهاد شده است.

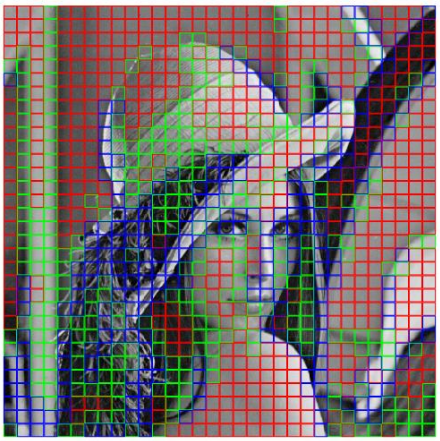
www.SID.ir

Archive of SID

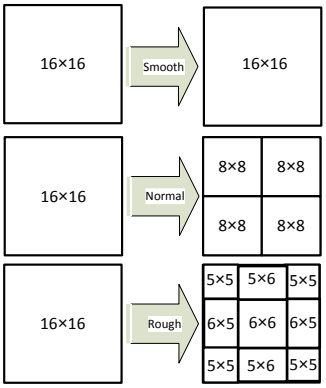
روش پیشنهادی

۲-۱- استخراج و جاسازی اطلاعات

در این روش تصویر ورودی تبدیل به بلاک‌هایی با اندازه ۱۶×۱۶ غیر همپوشان شده و انحراف معیار هر بلاک محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از دو آستانه تجربی Th1 و Th2 بلاک‌ها به سه دسته بلاک با بافت نرم، معمولی و یا زبر دسته بندی می‌شوند. در شکل ۱ دسته‌بندی بلاک‌های تصویر بر اساس بافت مشاهده می‌شود.



شکل۱: تصویر ناحیه‌بندی شده. بلاک‌های نرم با رنگ قرمز، بلاک‌های معمولی با رنگ سبز و بلاک‌های زبر با رنگ آبی.



شکل۲: نحوه زیربلاک‌بندی هر بلاک متعلق به نواحی نرم، معمولی و زبر.

در این روش هر بلاک با بافت زبر تبدیل به ۹ زیربلاک و هر بلاک با بافت معمولی به ۴ زیربلاک تقسیم‌بندی می‌شود و مقدار میانگین سطوح خاکستری هر زیربلاک محاسبه شده و نگهداری می‌شوند. همچنین به صورت جداگانه برای تمام بلاک‌های تصویر مقدار میانگین سطوح خاکستری بلاک‌های ۱۶×۱۶ محاسبه می‌شود. هر کدام از مقادیر میانگین محاسبه شده برای زیربلاک‌های هر بلاک با بافت نرم، معمولی یا زبر، به صورت یک عدد هشت بیتی تبدیل شده و ۵ بیت با ارزش آن برای استفاده در فرایند جاسازی، استخراج و تصدیق نگهداری می‌شود. زیربلاک‌بندی هر یک از بلاک‌های ۱۶×۱۶ برای سه دسته بلاک با بافت نرم، معمولی و زبر به صورت شکل ۲ می‌باشد.

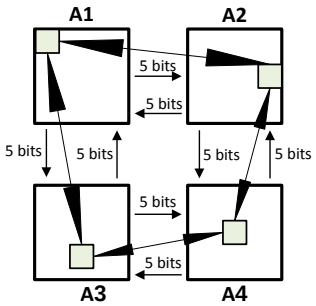
اطلاعات مربوط به هر بلاک معمولی شامل چهار رشته ۵ بیتی و در مجموع شامل ۲۰ بیت می‌باشد. همچنین اطلاعات بلاک زبر، شامل ۹ رشته ۵ بیتی است که در مجموع ۴۵ بیت می‌باشد. به صورت تصادفی هر بلاک ناحیه معمولی یا زبر را انتخاب کرده و دورترین بلاک هم نوع خود را به عنوان بلاک جفت متناظر آن، در نظر می‌گیریم. هر بلاک جفت متناظر پیدا شده که در فاصله‌ای دوردست قرار دارد برای نگهداری اطلاعات بلاک جفت متناظر خود در مرحله جاسازی، مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

همانطورکه گفته شد برای تمام بلاک‌های ۱۶×۱۶ تصویر مقدار میانگین سطوح خاکستری هر بلاک محاسبه و برای هر مقدار میانگین، ۵ بیت با ارزش نمایش دودویی آن نگهداری می‌شود. با توجه به حساسیت مقادیر میانگین به دلیل استفاده در فرایند تصدیق تصویر، باید ساختاری قوی‌تر از نظر مقدار فاصله‌ای که با بلاک‌های وابسته به خود دارد استفاده شود. برای این منظور ساختاری به صورت شکل ۳ پیشنهاد شده است که باعث می‌شود هر بلاک دارای یک مقدار فاصله مکانی مینینم و ماکزیمم با بلاک‌های وابسته به خود داشته باشد.

A1	B1	A2	B2
C1	D1	C2	D2
A3	B3	A4	B4
C3	D3	C4	D4

شکل۳:ناحیه بندی تصویر برای درج مقادیر میانگین بلاک‌های کل تصویر و نوع بلاک‌های تصویر. هر ناحیه دارای چهار زیرناحیه وابسته به هم می‌باشد.

هر بلاک موجود در زیرناحیه‌های A1، A2، A3 و A4، به یک بلاک قبل و بعد خود در زیرناحیه دیگر وابسته است و دو مقدار میانگین ۵ بیتی آنها را در خود نگهداری می‌کند. این وابستگی حلقه‌ای دو طرفه، برای زیرناحیه‌های موجود در ناحیه‌های B، C و D نیز وجود دارد و از ساختار وابستگی حلقه‌ای یا ساختار جفت بلاک قوی‌تر می‌باشد. وابستگی و مقدار اطلاعات دربرگیرنده هر بلاک تصادفی از زیرناحیه‌های مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل۴: وابستگی حلقه ای دو طرفه بین هر بلاک و بلاک‌های قبل و بعد برای نگهداری مقادیر میانگین.

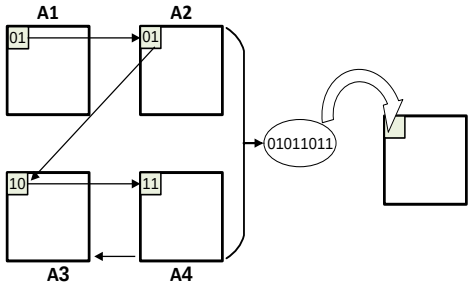
همانطور که مشاهده می شود برای جاسازی و استخراج اطلاعات جاسازی شده در بلاک‌های معمولی و زبر نیاز به دانستن نوع بلاک‌ها می‌باشد و همچنین این ساختار به دلیل حساسیتی که برای سایر بخش‌های الگوریتم

www.SID.ir

Archive of SID

ایجاد می‌کند باید قوی باشد. برای این منظور، نوع چهار بلاک متناظر انتخاب شده در زیرناحیه‌های A1، A2، A3 و A4، که اعدادی شامل ۱ برای بلاک نرم، ۲ بلاک معمولی و ۳ برای بلاک زبر است، به صورت عدد دو بیتی تبدیل شده و در مجموع هشت بیت ساخته می‌شود. نحوه تولید رشته ۸ بیتی مربوط به نوع چهار بلاک متناظر به صورت شکل ۵ می‌باشد. مقدار هشت بیت ساخته شده برای چهار بلاک متناظر، در چهار زیرناحیه جداگانه در مکان‌هایی تصادفی نیز به منظور استفاده در فرایند رای گیری، درج می‌گردد. برای نواحی B، C و D نیز عمل انجام شده برای ناحیه A انجام می‌شود.

در این مرحله برای هر بلاک، هشت بیت برای نوع بلاک‌ها و ۱۰ بیت برای مقادیر میانگین بلاک‌های قبل و بعد ساخته شده است و در عمل ۱۸ بیت برای هر بلاک (در ناحیه نرم، معمولی و یا زبر) ساخته شده است که باید در همان بلاک خود جاسازی شوند. بلاک‌های معمولی و زبر علاوه بر ۱۸ بیت محاسبه شده برای خود بلاک، باید به ترتیب اطلاعات ۲۰ و ۴۵ بیتی مربوط به بلاک‌های جفت متناظر خود را نگهداری کنند. بنابراین هر بلاک نرم ۱۸ بیت، هر بلاک معمولی ۳۸ بیت و هر بلاک زبر ۶۳ بیت اطلاعات را باید در خود نگهداری کند.



شکل۵: نحوه تشکیل هشت بیت اطلاعات مربوط به نوع(بافت نرم، معمولی و زبر) چهار بلاک موجود در چهار زیرناحیه مربوط به یک ناحیه.

جاسازی مقدار بیت محاسبه شده برای هر بلاک در تقریب سطح اول موجک صحیح و به روش QIM توسط روابط ۱ تا ۳ انجام می‌شود. برای این منظور تقریب سطح اول (LL1) از تبدیل موجک صحیح هر بلاک تصویر محاسبه می‌شود. برای بلاک‌های نرم، معمولی و زبر به ترتیب ۱۸، ۳۸ و ۶۳ ضریب از ۶۴ ضریب تقریب LL1، به تصادف انتخاب و جاسازی در آنها انجام می‌شود. رابطه استفاده شده برای جاسازی بیت‌های هر بلاک به صورت روابط ۱ تا ۳ می‌باشد.

$$\tilde{C}_n = \begin{cases} v_1 & if\ |C_n - v_1| \le |C_n - v_2| \\ v_2 & Otherwise \end{cases} \quad (۱)$$

$$v_1 = \begin{cases} \left\lfloor \frac{C_n}{2S} \right\rfloor 2S, & \text{if } w_n = 0 \\ \left\lfloor \frac{C_n}{2S} \right\rfloor 2S + S, & \text{if } w_n = 1 \end{cases} \quad (۲)$$

$$v_2 = v_1 + 2S \quad (۳)$$

در این روابط، C_n ضریب انتخاب شده از تقریب سطح اول موجک صحیح، S پارامتر قدرت جاسازی، w_n بیت نشانه و در نهایت $\tilde{C}_n$ ضریب تغییر یافته از تقریب سطح اول موجک صحیح می‌باشد. بعد از انجام عمل دستکاری بر روی تصویر، باید به ترتیب مکان دستکاری تصویر تشخیص داده شود و سپس نوع هر بلاک بدون هیچ اشتباه محاسبه شود و در نهایت ناحیه تخریب شده بازیابی گردد.

۲-۲- تشخیص دستکاری

همانطور که گفته شد در هر بلاک مربوط به چهار ناحیه A1، A2، A3 و A4، ۱۰ بیت اطلاعات مربوط به مقادیر میانگین سطح خاکستری بلاک‌های قبل و بعد وابسته جاسازی شده است. برای استخراج بیت‌های جاسازی شده در هر بلاک، تقریب سطح اول موجک صحیح مربوط به هر بلاک، محاسبه شده و سپس ضرایب جاسازی شده در هر بلاک، که با یک کلید مشخص شده‌اند، انتخاب و ۱۰ بیت جاسازی شده مربوط به مقادیر میانگین‌ها با استفاده از رابطه ۴ استخراج می‌شوند.

$$\widetilde{w}_n = \begin{cases} 0 & if\ \ \text{round}\left(\frac{\tilde{C}_n}{S}\right) = \text{even} \\ 1 & if\ \ \text{round}\left(\frac{\tilde{C}_n}{S}\right) = \text{odd} \end{cases} \quad (۴)$$

برای تشخیص سلامت هر بلاک باید اطلاعات میانگین خود بلاک در حداقل یکی از بلاک‌های بعد و یا قبل خود به درستی استخراج شود و همچنین خود بلاک در بردارنده اطلاعات حداقل یکی از بلاک‌های قبل و یا بعد از خود باشد. همچنین بلاکی کاملاً تخریب شده است که نه اطلاعات خود را در بلاک‌های قبل و بعد خود داشته باشد و نه اطلاعات گره‌های قبل و بعد را بتواند در خود استخراج نماید. علاوه بر بلاک‌های سالم و کاملاً خراب، دسته سومی برای بلاک‌ها در نظر گرفته شده است.

در حالتی که یک بلاک اطلاعات بلاک‌های قبل و یا بعد از خود را در بر نداشته باشد ولی اطلاعات خود بلاک در حداقل یکی از بلاک‌های قبلی و یا بعدی قابل استخراج باشد، در این صورت آن بلاک را نیمه خراب در نظر می‌گیرم. وابستگی حلقه‌ای یک طرفه استفاده شده در [۷] قادر به تشخیص این دسته از بلاک‌ها نیست. بلاک‌های نیمه خراب در واقع بلاک‌هایی هستند که توسط حملات غیر عمد مانند فشرده‌سازی تخریب جزئی شده‌اند و اطلاعات جاسازی شده در خود را از دست داده‌اند ولی ماهیت تصویر را حفظ کرده‌اند.

بعد از تشخیص بلاک‌های کاملاً تخریب شده، بلاک‌هایی که در همسایگی ۳×۳ خود بیشتر یا مساوی دو بلاک کاملاً خراب دارند و خود خراب شناخته نشده‌اند را به عنوان بلاک دستکاری شده در نظر می‌گیریم. عملیات تشخیص دستکاری با استفاده از مقادیر میانگین استخراج شده و تولید شده از بلاک‌ها که در بالا بیان شد در رابطه‌های ۵ تا ۷ قابل مشاهده است. این رابطه برای بررسی وضعیت بلاک B در شکل ۶ بیان شده است.

$$\text{if } (Gen_A == Ext_{B1} \text{ or } Gen_C == Ext_{B2}) \rightarrow B \text{ is healthful} \quad (۵)$$

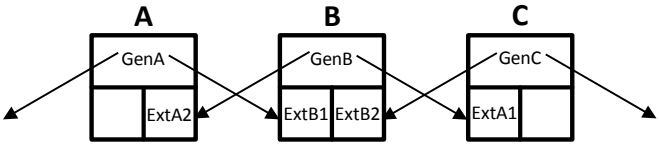
$$\text{if } (Gen_A <> Ext_{B1} \text{ and } Gen_C <> Ext_{B2} \text{ and } Gen_B <> Ext_{A2} \text{ and } Gen_B <> Ext_{C1}) \rightarrow B \text{ is Full Destroyed} \quad (۶)$$

$$\text{if } [(Gen_A <> Ext_{B1} \text{ and } Gen_C <> Ext_{B2}) \text{ and } (Gen_B == Ext_{A2} \text{ or } Gen_B == Ext_{C1})] \rightarrow B \text{ is Partially Destroyed} \quad (۷)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در رابطه (۶) منظور از Gen_B پنج بیت با ارزش از میانگین سطح خاکستری تولید شده از بلاک B می‌باشد. همچنین Ext_{B1} و Ext_{B2} به ترتیب مقادیر میانگین استخراج شده از بلاک B مربوط به اطلاعات میانگین سطوح خاکستری بلاک‌های A و C می‌باشند.



شکل۶:نحوه نگهداری اطلاعات میانگین در بلاک های وابسته به هم.

۲-۳- استخراج نوع بلاک‌ها

در این مرحله برای یک بلاک از زیرناحیه A1 هشت بیت استخراج شده است که همین مقدار هشت بیت باید برای بلاک متناظر در سه زیرناحیه A2، A3 و A4 نیز محاسبه شده باشد. تشخیص نوع بلاک‌ها با استفاده از عمل رای گیری انجام می‌شود. برای انجام رای گیری دو حالت وجود دارد. حالت اول رای گیری برای مواردی است که بلاک مورد نظر در دسته بلاک‌های دستکاری شده قرار داشته باشد و حالت دوم رای گیری برای مواردی است که بلاک مورد نظر در دسته بلاک‌های دستکاری شده قرار نداشته باشد.

برای تشخیص نوع بلاک در حالت اول نظر سه بلاک متناظر با بلاک فعلی در سه ناحیه دیگر اخذ می‌شود و اکثریت آرا نشان دهنده نوع بلاک فعلی است. در حالت دوم که بلاک در دسته بلاک‌های دستکاری نشده قرار دارد ممکن است یکی از بلاک‌هایی که قرار است در مورد نوع آن بلاک نظر بدهند خود دستکاری شده باشد بنابراین نباید نظر آن بلاک دستکاری شده را در نظر سنجی استفاده کرد. برای چنین مواردی اطلاعات استخراج شده از خود بلاک (یعنی نظر خود بلاک نسبت به خودش) و همچین دو بلاک دستکاری نشده دیگر به عنوان اعضای رای گیری در نظر گرفته می‌شوند.

۲-۴- بازیابی تصویر دستکاری شده

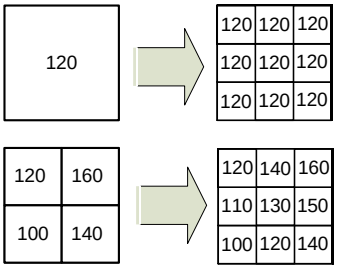
بعد از تشخیص نوع دقیق تمام بلاک‌ها، باید اطلاعات جاسازی شده متناظر با بلاک‌های دستکاری شده را محاسبه کرد. اطلاعات مربوط به بلاک‌های دستکاری شده که از نوع نرم هستند در بلاک‌های وابسته قبل و بعد طبق ناحیه‌بندی بیان شده قرار دارند. با توجه به اینکه ممکن است بلاک‌های قبل و یا بعد وابسته با این بلاک در دسته‌ی بلاک‌های نیمه تخریب شده قرار داشته باشند بنابراین باید از بین بلاک قبل و بعد، بلاکی انتخاب شود که حتماً در دسته بلاک‌های سالم قرار داشته باشد تا بتوان به صورت دقیق اطمینان داشت که اطلاعات استخراج شده از بلاک مورد نظر سالم است.

بعد از استخراج ۵ بیت اطلاعات استخراج شده از بلاک سالم متناظر رشته سه بیتی '100' در سمت بیت‌های کم ارزش ۵ بیت افزوده می شود و مقدار دسیمال آن هشت بیت به عنوان میانگین اطلاعات بلاک دستکاری شده در نظر گرفته می‌شود. بنابراین مشاهده می‌شود که وجود ساختار وابستگی حلقه‌ای دو طرفه امکان انتخاب بهتری را برای بلاک‌های تخریب شده فراهم می‌کند.

همانطور که در مرحله جاسازی گفته شد اطلاعات مربوط به بلاک‌های معمولی و زبر در یک فاصله نسبتاً دور از جفت متناظر با خود قرار دارند برای استخراج ۲۰ و ۴۵ بیت اطلاعات مربوط به بلاک معمولی و زبر باید با دانشی که از نوع بلاک‌های تصویر در مرحله قبل بدست آمد و همانند الگوریتم استفاده شده در مرحله جاسازی، بلاک دور دست متناظر را پیدا کرده و اطلاعات جاسازی شده در آن بلاک را با استفاده از رابطه ۴ استخراج نمود.

در این مرحله بلاک‌هایی که تخریب شده‌اند می‌توانند نرم، معمولی و یا زبر باشند و باید به گونه‌ای این اطلاعات در کنار همدیگر قرار بگیرند که کیفیت مناسبی را از ناحیه تخریب شده ایجاد کنند. برای اینکار یک ماتریس ساخته می‌شود که در آن بلاک‌های نرم حاوی یک مقدار میانگین، بلاک‌های معمولی حاوی ۴ مقدار میانگین و بلاک های زبر حاوی ۹ مقدار میانگین می‌باشند.

عملیات استخراج مقادیر میانگین برای کل زیربلاک‌های تصویر انجام می‌شود. سپس برای ایجاد تصویر نهایی، به صورت شکل ۷، بلاک‌های نرم و معمولی را به شکل بلاک‌های زبر تبدیل می‌کنیم تا تمام بلاک‌های تصویر به صورت یکپارچه حاوی ۹ مقدار میانگین باشند. سپس ماتریس تولید شده از مقادیر میانگین را توسط درونیابی مکعبی به تصویری به اندازه تصویر اصلی تبدیل می‌کنیم و بلاک‌های تخریب شده را از آن انتخاب و در تصویر دستکاری شده قرار می‌دهیم.



شکل۷: نحوه تبدیل بلاک‌های نرم و معمولی به یک بلاک از نوع زبر برای یکپارچه سازی یک تصویر با اطلاعات بافت زبر.

۳- نتایج آزمایش ها

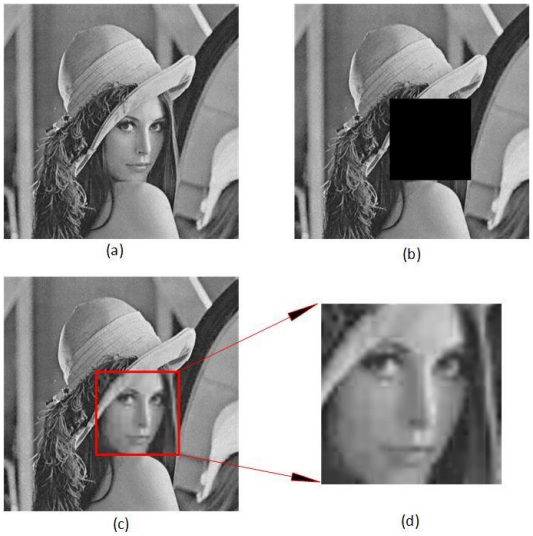
برای ارزیابی الگوریتم‌های نشانه‌گذاری معمولاً از تصاویر استاندارد پردازش تصویر که سطح خاکستری و با اندازه ی ۵۱۲×۵۱۲ می‌باشند استفاده می‌شود. در این مقاله از پایگاه‌های داده‌ی تصویر USC-SIPI [۱۲] استفاده شده است.

خروجی روش پیشنهادی بر روی تصویر استاندارد Lena که دارای سه بافت نرم، معمولی و زبر می‌باشد در شکل های ۸ و ۹ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تصویر در مناطقی که دارای بافت و یا لبه بیشتر می‌باشند با کیفیت بهتر بازیابی شده است؛ چراکه مقدار اطلاعات بیشتری برای آن مناطق نگهداری شده است و همچنین برای نواحی نرم

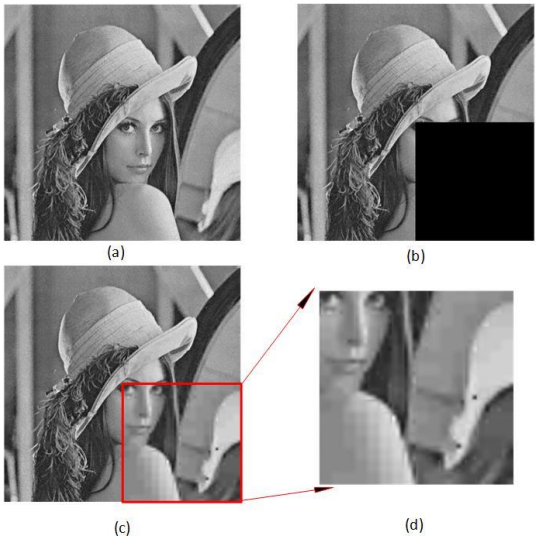
www.SID.ir

Archive of SID

تصویر که در عمل اطلاعات چندانی از تصویر را در بر ندارد اطلاعات کمتری نگهداری شده و در نتیجه این ناحیه با کیفیت کمتری بازیابی شده است اما این کیفیت پایین‌تر نواحی نرم، باعث از دست رفتن ماهیت تصویر و آنچه که باید نمایش دهد نمی‌شود.



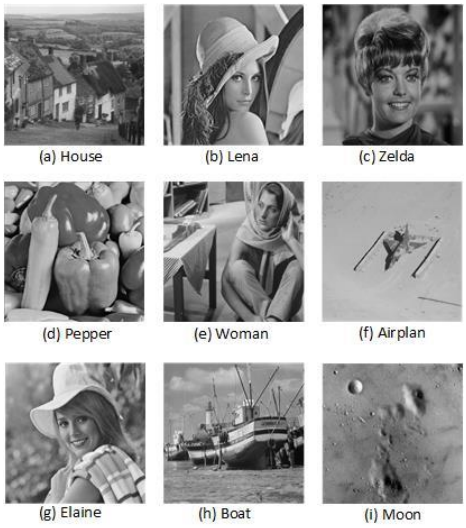
شکل۸: شکل (a)، تصویر نشانه‌گذاری شده دارای PSNR=34. شکل (b)، ناحیه دستکاری شده به اندازه ۱۷۶×۱۷۶. شکل (c)، تصویر بازیابی شده بعد از تشخیص دارای PSNR= 31.12. شکل (d)، ناحیه بازیابی شده به صورت بزرگنمایی شده دارای PSNR=24.87.



شکل۹: شکل (a)، تصویر نشانه‌گذاری شده دارای PSNR=34. شکل (b)، ناحیه دستکاری شده به اندازه ۲۵۶×۲۵۶. شکل (c)، تصویر بازیابی شده بعد از تشخیص دارای PSNR= 30.76. شکل (d)، ناحیه بازیابی شده به صورت بزرگ نمایی شده دارای PSNR=27.00.

در جدول ۱ خروجی الگوریتم پیشنهادی بر روی تصاویر استاندارد موجود در شکل ۱۰ نمایش داده شده است. در تمام تصاویر تست شده ناحیه با مختصات (۱:۲۵۶،۱:۲۵۶) مورد دستکاری قرار گرفته است و همزمان مورد فشرده‌سازی با قدرت‌های مختلف، تا مقدار ۷۵ درصد، قرار گرفته است.

خروجی‌های حاصل از تشخیص و بازیابی ناحیه دستکاری شده تا فشرده سازی ۸۰ درصد بدون خطا و با درصد اشتباه صفر در تشخیص مکان دستکاری عمل می‌کند ولی برای فشرده‌سازی‌های پایین‌تر به صورت تضمین شده نمی‌باشد.



شکل۱۰: تصاویر استاندارد استفاده شده

جدول ۱: نتایج قدرت روش پیشنهادی برای بازیابی ناحیه تخریب شده به میزان ۲۵۶×۲۵۶ در حضور فشرده سازی.

		QF(Quality Factor)					
تصویر		۱۰۰	۹۵	۹۰	۸۵	۸۰	۷۵
House	PSNR ناحیه بازیابی شده(۱:۲۵۶،۱:۲۵۶)	۲۶،۵۷	۲۶،۵۷	۲۶،۵۷	۲۵،۳۶	۲۵،۸۵	۲۳،۴۵
Lena		۲۷،۶۱	۲۷،۶۱	۲۷،۶۱	۲۷،۶۰	۲۶،۱۹	۲۶،۰۹
Zelda		۲۹،۱۱	۲۹،۱۱	۲۹،۱۱	۲۹،۰۶	۲۷،۵۵	۲۶،۰۶
Pepper		۲۵،۰۷	۲۵،۰۷	۲۵،۰۲	۲۴،۷۵	۲۳،۵۵	۱۷،۳۷
Woman		۲۵،۹۵	۲۵،۹۵	۲۵،۹۷	۲۵،۴۵	۲۴،۱۸	۱۸،۹۰
Airplan		۲۹،۹۹	۲۹،۹۹	۳۰،۰۰	۲۹،۹۸	۲۹،۴۴	۲۶،۷۵
Elaine		۲۷،۹۱	۲۷،۹۰	۲۷،۹۱	۲۷،۵۴	۲۶،۷۰	۲۵،۱۶
Boat		۲۶،۲۱	۲۶،۲۱	۲۶،۲۳	۲۶،۲۴	۲۵،۳۳	۲۴،۰۷
Moon		۲۹،۲۷	۲۹،۲۷	۲۸،۹۸	۲۸،۰۴	۲۶،۹۱	۲۵،۸۸
میانگین		**۲۷،۵۲**	**۲۷،۵۲**	**۲۷،۴۸**	**۲۷،۱۱**	**۲۶،۱۸**	**۲۳،۷۴**

جدول ۲: مقایسه قدرت کیفیت تصویر نشانه‌گذاری شده و ناحیه بازیابی شده برای بازیابی ناحیه تخریب شده به میزان ۲۵۶×۲۵۶ در حضور فشرده سازی ۸۰ درصد.

روش	PSNR (ناحیه بازیابی شده با ۲۵ درصد تخریب)	SSIM (تصویر جاسازی شده)	PSNR (تصویر جاسازی شده)
[۷] Li 2014	۲۱،۰۰	۰،۸۱	۳۶،۰۰
[۵] Wang 2014	۲۱،۶۸	۰،۹۵	۳۷،۴۱
[۹] Korus 2015	۲۱،۰۰	---	۳۶،۰۰
[۱۰] Phadikar 2012	۲۳،۴۶	۰،۸۶	۳۵،۰۰
روش پیشنهادی	**۲۶،۱۸**	**۰،۸۷**	**۳۴،۰۰**

در جدول ۲ مقایسه روش پیشنهادی و تعدادی از روش های مرتبط اخیر نمایش داده شده است. از نتایج روش پیشنهادی استنباط می‌شود که

www.SID.ir

Archive of SID

کیفیت ناحیه بازیابی شده از روش‌های مرتبط بالاتر و همچنین کیفیت تصاویر جاسازی شده تقریباً در سطح دیگر روش‌ها می‌باشد و قابل قبول است.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله یک روش نشانه‌گذاری نیمه شکننده برای شناسایی و بازیابی دستکاری مبتنی بر ناحیه در تصویر پیشنهاد شده است. از جمله مزایای روش پیشنهادی را می‌توان مواردی همچون استخراج مقدار بیت کمتر برای ناحیه‌های نرم که حاوی اطلاعات کمتری از تصویر می‌باشد و همچنین استخراج مقدار بیت بیشتر برای نواحی معمولی و زبر که حاوی اطلاعات بیشتری از تصویر است. همچنین اطلاعات استخراج شده از هر بلاک در یک بلاک دوردست هم نوع خود درج می‌گردد که باعث نامحسوس شدن تغییرات در نواحی نرم می‌شود. همچنین ساختار وابستگی بلاکی دو طرفه برای تشخیص مکان دستکاری تصویر پیشنهاد شده است که نسبت به ساختار وابستگی حلقه‌ای بلاک‌ها و ساختار وابستگی جفت بلاک‌ها قوی‌تر است و توانایی تشخیص بلاک‌های نیمه تخریب شده بر اثر حملات غیر عمد را داراست. از جمله مزایای دیگر روش پیشنهادی استفاده از درونیابی مکعبی برای بازیابی ناحیه تخریب شده است که از ایجاد شکل بلوکی جلوگیری می‌کند. کیفیت تصویر نشانه‌گذاری شده و ناحیه دستکاری شده در حضور فشرده‌سازی ۸۰ درصد، به ترتیب ۳۴ و ۲۶,۱۸ دسی بل می‌باشد که مقدار کیفیت ناحیه بازیابی شده مقدار بالایی در مقایسه با کارهای مشابه دارد. به عنوان یک کار آینده، استفاده از تصاویر هالفتن در چهارچوب روش پیشنهادی می‌تواند خروجی‌های مناسبی را داشته باشد.

مراجع

[1] Cox IJ, Miller ML, Bloom JA, Honsinger C. Digital watermarking. San Francisco: Morgan Kaufmann; 2002 Jul 1.

[2] Chamlawi R, Khan A. Digital image authentication and recovery: employing integer transform based information embedding and extraction. Information Sciences. 2010 Dec 15;180(24):4909-28.

[3] Ullah R, Khan A, Malik AS. Dual-purpose semi-fragile watermark: Authentication and recovery of digital images. Computers & Electrical Engineering. 2013 Oct 31;39(7):2019-30.

[4] Wang H, Ho AT, Zhao X. A novel fast self-restoration semi-fragile watermarking algorithm for image content authentication resistant to JPEG compression. InInternational Workshop on Digital Watermarking 2011 Oct 23 (pp. 72-85). Springer Berlin Heidelberg.

[5] Wang H, Ho AT, Li S. A novel image restoration scheme based on structured side information and its application to image watermarking. Signal Processing: Image Communication. 2014 Aug 31;29(7):773-87.

[6] Li S, Karrenbauer A, Saupe D, Kuo CC. Recovering missing coefficients in DCT-transformed images. In2011 18th IEEE International Conference on Image Processing 2011 Sep 11 (pp. 1537-1540). IEEE.

[7] Li C, Zhang A, Liu Z, Liao L, Huang D. Semi-fragile self-recoverable watermarking algorithm based on wavelet group quantization and double authentication. Multimedia tools and applications. 2015 Dec 1;74(23):10581-604.

[8] Li Y, Du L. Semi-fragile watermarking for image tamper localization and self-recovery. InSecurity, Pattern Analysis, and Cybernetics (SPAC), 2014 International Conference on 2014 Oct 18 (pp. 328-333). IEEE.

[9] Korus P, Białas J, Dziech A. Iterative filtering for semi-fragile self-recovery. In2014 IEEE International Workshop on Information Forensics and Security (WIFS) 2014 Dec 3 (pp. 36-41). IEEE.

[10] Phadikar A, Maity SP, Mandal M. Novel wavelet-based QIM data hiding technique for tamper detection and correction of digital images. Journal of Visual Communication and Image Representation. 2012 Apr 30;23(3):454-66.

[11] Benrhouma O, Hermassi H, Belghith S. Tamper detection and self-recovery scheme by DWT watermarking. Nonlinear Dynamics. 2015 Feb 1;79(3):1817-33.

[12] Signal and Image Processing Institute, University of South Califonia, USA, TheUSC-SIPI Image Database, http://sipi.usc.edu/database

www.SID.ir