

ارائه روشی برای پیش‌پردازش تصویر جهت بهبود عملکرد

JPEG 2000 در فشرده‌سازی تصویر

سکینه اسدی‌امیری^{۱*}، حمید حسن‌پور^۲

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>دو گام اساسی در فشرده‌سازی تصویر به شیوه JPEG 2000 تبدیل موجک و کدگذار صفحات بیتی می‌باشند. در این روش ابتدا از تصویر تبدیل موجک گرفته می‌شود، سپس بسته به نرخ فشرده‌سازی مورد نظر، تعدادی از صفحات بیتی ضرایب تبدیل موجک از پرارزش‌ترین بیت تا بیت کم‌ارزش‌تر کد می‌گردند. پس از دستیابی به نرخ فشرده‌سازی مورد نظر، سایر صفحات کم‌ارزش‌تر ضرایب موجک حذف می‌گردند. در به‌کارگیری این روش، تصاویری که وضوح کمتری دارند، ضرایب تبدیل موجک مربوط به نواحی فرکانس بالای آنها مقدار کوچکی پیدا می‌کنند و در نتیجه در صفحات بیتی کم‌ارزش‌تر واقع می‌شوند. این صفحات بیتی کم‌ارزش‌تر هنگام فشرده‌سازی، در مرحله کدگذاری حذف می‌گردند. از اینرو JPEG 2000 عملکرد محدودی در فشرده‌سازی تصاویر با وضوح کم، را دارا می‌باشد. در این مقاله به منظور بهبود عملکرد JPEG 2000 پیش‌پردازشی بر روی تصویر انجام می‌شود تا وضوح تصویر افزایش یابد. با افزایش وضوح تصویر، نواحی فرکانس بالا مقادیر قابل توجهی در ضرایب تبدیل موجک پیدا می‌کنند. در نتیجه اطلاعات این ضرایب در مرحله کدگذار صفحات بیتی تا حدود زیادی حفظ می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که پیش‌پردازش ارائه شده عملکرد JPEG 2000 را از لحاظ نرخ فشرده‌سازی و کیفیت تصویر بازبازی شده بهبود می‌بخشد. به طور دقیق‌تر، به ازای یک کیفیت تصویر بازبازی شده برابر در روش پیشنهادی و JPEG 2000، روش پیشنهادی به طور متوسط حدود ۳/۵ درصد نرخ فشرده‌سازی JPEG 2000 را بهبود می‌دهد.</p>	<p>دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۰۱ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۸/۱۲</p>
	<p>واژگان کلیدی: پیش‌پردازش، فشرده‌سازی تصویر، وضوح تصویر، روش JPEG 2000</p>

۱- مقدمه

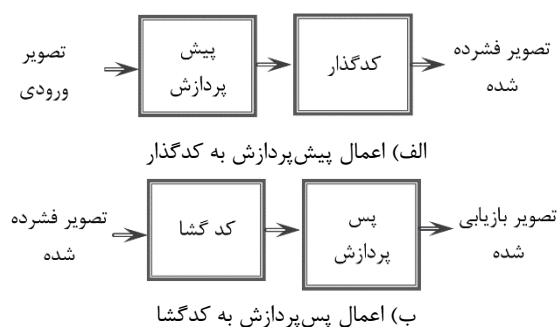
یک سیستم فشرده‌سازی از دو قسمت کلی کدگذار و کدگشا تشکیل می‌شود. در قسمت کدگذار تصویر اولیه با استفاده از الگوریتمی، فشرده شده و دنباله‌ای از بیت‌ها به دست می‌آید. اگر حجم این دنباله‌ی بیتی کمتر از حجم

تصویر اولیه باشد، فشرده‌سازی تحقق می‌یابد. در کدگشا عکس عملیات کدگذار بر روی دنباله بیتی فشرده شده اعمال می‌گردد تا تصویر اولیه یا تصویری نزدیک به آن به دست آید. تحقیقات زیادی بر روی فشرده‌سازی تصویر انجام گرفته است و در نتیجه آن طیف وسیعی از

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: asadi_amiri@yahoo.com

۱. دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه شاهرود

۲. استاد، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه شاهرود



شکل ۱- اعمال فرآیند پیش‌پردازش و پس‌پردازش برای بهبود عملکرد الگوریتم‌های فشرده‌سازی

علی‌رغم اینکه روش‌های فشرده‌سازی تصویر را می‌توان به سه دسته کلی بااتلاف، بی‌اتلاف و شبه بی‌اتلاف تقسیم‌بندی نمود، روش‌های پیش‌پردازش برای فشرده‌سازی را نیز می‌توان به این سه دسته کلی تقسیم‌بندی کرد. در روش‌های بااتلاف، اطلاعات تصویر اولیه را نمی‌توان به طور کامل بازیابی نمود. اما فشرده‌سازی در این روش می‌تواند با نرخ بالاتری انجام گیرد. در روش بی‌اتلاف، اطلاعات بازیابی شده دقیقاً با اطلاعات اولیه برابر می‌باشد اما اغلب میزان فشرده‌سازی داده در این روش در مقایسه با روش بااتلاف کمتر است. در روش شبه بی‌اتلاف، اطلاعات بازیابی شده اختلاف اندکی با داده اولیه دارد.

در این مقاله یک روش پیش‌پردازش شبه بی‌اتلاف به‌منظور بهبود عملکرد JPEG 2000 ارائه شده است. این روش با افزایش وضوح تصویر به کمک عملگر توان معرفی شده در [۸]، نرخ فشرده‌سازی روش JPEG 2000 را افزایش می‌دهد. دو گام اساسی در روش JPEG 2000 تبدیل موجک^۴ و کدگذار صفحات بیتی^۵ می‌باشند [۵]. در این روش ابتدا از تصویر تبدیل موجک گرفته می‌شود، سپس صفحات بیتی ضرایب موجک بسته به نرخ فشرده‌سازی مورد نظر از پرارزش‌ترین بیت تا بیت کم‌ارزش‌تر کد می‌شوند. وقتی نرخ فشرده‌سازی مورد نظر برآورده شد، از کدکردن صفحات بیتی باقیمانده پرهیز می‌شود و فرآیند کدگذاری پایان می‌یابد. اگر وضوح تصویر کم باشد، نواحی لبه و بافت متراکم تصویر در ضرایب تبدیل موجک مقدار

الگوریتم‌های فشرده‌سازی ارائه شده‌اند. الگوریتم‌های Huffman [۱]، Run Length [۲]، LZW [۳]، JPEG [۴] و JPEG 2000 [۵] چند الگوریتم متداول فشرده‌سازی هستند. هر یک از این روش‌ها بر روی یک تصویر، نرخ فشرده‌سازی متفاوتی را ارائه می‌دهند. در واقع هر یک از این روش‌های فشرده‌سازی به ویژگی‌های خاصی در تصویر تمرکز دارند. از اینرو می‌توان با شناسایی عوامل تاثیرگذار در عملکرد یک روش فشرده‌سازی و تقویت آنها در مرحله پیش‌پردازش، عملکرد آن روش را بهبود بخشید. در واقع با پیش‌پردازش یک تصویر مطابق شکل ۱ الف)، عملکرد الگوریتم فشرده‌سازی را می‌توان تقویت نمود. البته برای بازیابی تصویر نیاز است که مطابق شکل ۱ ب) معکوس فرآیند پیش‌پردازش (پس‌پردازش) به تصویر کدگشایی شده اعمال گردد.

نرخ فشرده‌سازی هافمن به میزان افزونگی آماری موجود در تصویر بستگی دارد. هر چه افزونگی آماری در تصویر بیشتر باشد، هافمن قادر خواهد بود آن تصویر را با نرخ بیشتری فشرده نماید [۶]. در صورتی که هر چه تعداد پیکسل‌های مجاور با مقادیر یکسان در تصویر بیشتر باشد، الگوریتمی چون کدگذار طول تداوم^۳ کارایی بالاتری در فشرده‌سازی آن تصویر خواهد داشت [۲]. هر چه وضوح تصویر کمتر باشد، جزئیات کمتری در آن قابل رویت است و JPEG قادر خواهد بود آن را بیشتر فشرده نماید. الگوریتم فشرده‌سازی JPEG از تبدیل کسینوسی در فرآیند فشرده‌سازی استفاده می‌کند. اگر وضوح تصویری کم باشد، بسیاری از مولفه‌های فرکانس بالای آن، در تبدیل کسینوسی، صفر یا نزدیک به صفر خواهند شد. از اینرو این تصویر را با نرخ بیشتری می‌توان کد کرد [۷]. بر این اساس نرخ فشرده‌سازی این‌گونه تصاویر در روش JPEG بالا است. با توجه به مطالب فوق، اگر پیش‌پردازشی به‌منظور تقویت ویژگی‌های تاثیرگذار بر روی تصویر انجام گیرد، عملکرد روش‌های فشرده‌سازی بهبود می‌یابد.

⁵ Bit-planes Encoder

³ Run Length Encoding

⁴ Wavelet transform

بهبود بخشید. قابل ذکر است برای بهبود هر روش فشرده سازی، پیش پردازشی متناسب با آن روش باید بر روی تصویر انجام گردد. در ادامه چند مقاله در رابطه با پیش پردازش در فشرده سازی معرفی می شوند.

در [۱۲] روشی مبتنی بر ماتریس هم‌رخداد^۶ برای افزایش افزودنی آماری تصویر ارائه شده است. این روش پیش پردازش، به عنوان یک روش بی اتلاف نرخ فشرده سازی روش هافمن را - اگر اندازه تصویر بزرگتر از 256×256 باشد - می تواند بهبود دهد ولی برای الگوریتم فشرده سازی JPEG مناسب نمی باشد. در [۷] روش پیش پردازش با اتلافی با استفاده از فیلتر حرکتی گوسین برای بهبود عملکرد JPEG ارائه شده است. با استفاده از این فیلتر، ابتدا تصویر مات^۷ می شود تا اطلاعات فرکانس بالای آن تضعیف یا حذف شود. با اعمال این تصویر پیش پردازش شده به JPEG، حجم آن کاهش می یابد. سپس برای بازیابی تصویر پیش پردازش شده، عکس عمل فیلتر حرکتی گوسین بر روی آن انجام می شود. ولی از آنجایی که فیلترهای حرکتی قابلیت بازگشت پذیری خوبی ندارند، تصویر بازیابی شده با تصویر اولیه تا حدودی متفاوت است. از اینرو می بایست تصویر را تنها اندکی مات نمود، تا بازگشت پذیری این روش مورد قبول واقع شود. از طرفی اعمال ماتی اندک، سبب بهبود ناچیز در نرخ فشرده سازی JPEG می شود.

در [۱۳] روش پیش پردازش بی اتلافی بر مبنای کاهش وضوح تصویر ارائه شده است. در این روش، تصویر به بلوک های ثابت 32×32 تقسیم می شود. سپس به ازای هر بلوک به کمک جدول نگاشت مناسب، مقادیر سطوح خاکستری تغییر می یابند تا وضوح تصویر در آن بلاک کاهش یابد. نقص این روش در این است که از بلوک هایی با اندازه ثابت و کوچک برای پیش پردازش استفاده می شود. بر این اساس تعداد بلوک های ایجاد شده در تصویر زیاد خواهد شد. از آنجایی که به ازای هر بلوک، جدول نگاشت مربوط به آن نیز ذخیره می شود، فضای قابل توجهی صرف ذخیره سازی جدول نگاشت خواهد شد. از اینرو این روش،

اندکی پیدا می کنند و در نتیجه در صفحات بیتی کم ارزش تر قرار می گیرند. بر این اساس، این اطلاعات مهم تصویر هنگام فشرده سازی به روش JPEG 2000 ممکن است حذف گردند، مگر آنکه تصویر مربوطه با نرخ کمتری فشرده شود. زیرا همان گونه که اشاره شد، صفحات بیتی کم ارزش تر، بسته به نرخ فشرده سازی، در مراحل کدگذاری حذف می شوند. ولی با افزایش وضوح تصویر، نواحی لبه و بافت متراکم تصویر، مقادیر بیشتری در ضرایب تبدیل موجک می گیرند و در صفحات بیتی با ارزش تر قرار می گیرند. بر این اساس، با افزایش وضوح تصویر و انتقال اطلاعات مهم تصویر به صفحات بیتی با ارزش تر، اطلاعات مهم تری از تصویر کد می گردند. در نتیجه کیفیت تصویر بازیابی شده با JPEG 2000 بهبود می یابد.

در بخش بعدی مروری بر کارهای پیشین در زمینه پیش پردازش در فشرده سازی تصویر انجام شده است. در بخش سوم نقش پیش پردازش در فشرده سازی تصویر شرح داده شده است. معیارهای ارزیابی عملکرد الگوریتم های فشرده سازی تصویر در بخش چهارم ارائه شده اند. در بخش پنجم روش پیشنهادی مطرح شده است. نتایج این مقاله در بخش ششم و نتیجه گیری نیز در بخش هفت بحث شده اند.

۲- مروری بر کارهای دیگران

روش های بسیاری در زمینه فشرده سازی تصویر مطرح شده اند. همه این روش ها مبتنی بر دو دیدگاه می باشند. دیدگاه اول، ارائه یک روش فشرده سازی است [۹-۱۱] و دیدگاه دیگر، بهبود روش های فشرده سازی موجود با انجام پیش پردازش بر روی تصویر اولیه می باشد. در دیدگاه دوم، تصویر اولیه طوری پیش پردازش می گردد تا با این پیش پردازش، پارامتر تاثیرگذار در روش فشرده سازی مورد نظر تقویت گردد. در واقع به جای ارائه یک روش فشرده سازی جدید، می توان با اعمال یک پیش پردازش ساده به تصویر، عملکرد روش های فشرده سازی موجود را

⁷ Blur

⁶ Co-occurrence

۳- پیش‌پردازش تصویر برای فشرده‌سازی

مناسب

عملکرد یک الگوریتم فشرده‌سازی براساس نرخ فشرده‌سازی و کیفیت تصویر بازبایی شده سنجیده می‌شود. در این مقاله روش پیش‌پردازشی برای الگوریتم فشرده‌سازی JPEG 2000 ارائه شده است که ضمن حفظ نرخ فشرده‌سازی، کیفیت تصویر بازبایی شده را افزایش می‌دهد. این روش، با افزایش گستردگی سطوح خاکستری، تصویری با وضوح بالا ایجاد می‌نماید که بسیاری از جزئیات تصویر در آن قابل مشاهده می‌باشد. در واقع این روش پیشنهادی، پارامتر تاثیرگذار در JPEG 2000، یعنی میزان وضوح تصویر، را تقویت می‌نماید.

در روش پیشنهادی، بازگشت‌پذیری و افزایش وضوح تصویر دو موضوع مهم در انتخاب پیش‌پردازش مناسب هستند. موضوع اول حاکی از این است که با اعمال معکوس عملیات به تصویر پیش‌پردازش شده، تصویری نزدیک به تصویر اولیه به‌دست آید. موضوع دوم نیز تصویری را برای پیش‌پردازش تهیه می‌نماید که گستردگی سطوح خاکستری آن زیاد باشد. اگر بتوان عملگری را به تصویر اعمال نمود که هر دو موضوع مذکور را رعایت نموده باشد، تصویر پیش‌پردازش شده مناسب برای بهبود عملکرد JPEG 2000 ایجاد می‌گردد. اگر مقادیر پیکسل‌ها به بازه [۰, ۱] نگاشت یابند، عملگر توان قادر خواهد بود که این دو هدف را برآورده نماید. با استفاده از عملگرهای دیگری نظیر جمع و ضرب اگر چه می‌توان وضوح تصویر را تغییر داد ولی قابلیت بازگشت‌پذیری نخواهند داشت. اگر مقادیر پیکسل‌ها به توان عددی کوچکتر از واحد برسند، مقادیر پیکسل‌های حاصل به سمت مقدار یک متمایل می‌شوند، در نتیجه تصویری روشن‌تر به‌دست می‌آید. در صورتی که اگر مقادیر پیکسل‌ها به توان عدد بزرگتر از واحد برسند، مقادیر پیکسل‌های حاصل به سمت صفر متمایل می‌شوند و تصویری تیره‌تر حاصل می‌گردد [۱۸].

بهبود قابل توجهی در نرخ فشرده‌سازی ایجاد نمی‌کند. نسخه بهبود یافته این روش در [۱۴] ارائه شده است که در آن، اندازه پنجره متغیر در نظر گرفته می‌شود. برای نواحی یکنواخت، اندازه پنجره بزرگتر و برای نواحی با بافت متراکم، اندازه پنجره کوچکتر لحاظ می‌شود. اگر چه در این روش، تعداد بلوک‌های ایجاد شده برای هر تصویر کاهش می‌یابد ولی همچنان حجم قابل توجهی برای ذخیره‌سازی جدول نگاشت مصرف می‌شود. در روش پیش‌پردازش مطرح شده در [۱۵] با توجه به پیکسل‌های هر سطر از تصویر، گرافی برای هر سطر ایجاد می‌شود که هدف آن یافتن یک مسیر بهینه در گراف است به طوری که مقادیر پیکسل‌های مشابه در مجاورت هم در یک سطر قرار گیرند. در واقع با توجه به نگاشتی که بر روی هر سطر از تصویر انجام می‌گیرد، مقادیر خاکستری پیکسل‌ها طوری تغییر می‌یابند که پیکسل‌های بیشتری با مقادیر یکسان در مجاورت هم قرار گیرند. این تصویر پیش‌پردازش شده تا حدی قابلیت JPEG را بهبود می‌بخشد. روش شبه بی‌اتلاف ارائه شده در [۱۶] هیستوگرام تصویر اصلی را به کمک الگوریتم وایتربی^۸ به هیستوگرامی با آنتروپی کمتر تبدیل می‌نماید. سپس تصویر متناظر با این هیستوگرام ایجاد می‌گردد. این تصویر پیش‌پردازش شده، قابلیت فشرده‌سازی JPEG را بر روی برخی از تصاویر افزایش می‌دهد. در [۱۷] یک روش پیش‌پردازش با اتلاف براساس نگاشت میانه وزن‌دار برای تصاویر با هیستوگرام پراکنده پیشنهاد شده است. اگر چه این روش پیشنهادی منجر به نرخ فشرده‌سازی خوبی می‌شود، ولی تنها برای تصاویری که هیستوگرام پراکنده دارند، قابل استفاده است.

قابل ذکر است که علی‌رغم کارایی نقش پیش‌پردازش در عملکرد فشرده‌سازی JPEG 2000، با بررسی‌هایی که انجام داده‌ایم کار تحقیقاتی چاپ شده‌ای در این زمینه یافت نشد.

⁸ Viterbi

مطرح است. نرخ فشرده‌سازی، افزونگی نسبی داده و عمق بیتی تصویر سه معیار مهم در ارزیابی میزان فشرده‌سازی تصویر هستند. برای نمونه، نرخ فشرده‌سازی را می‌توان مطابق رابطه (۳) محاسبه نمود.

$$Cr = \frac{n_1}{n_2} \quad (3)$$

در این رابطه n_1 حجم تصویر اصلی و n_2 حجم تصویر فشرده شده را نشان می‌دهند. هر چه مقدار Cr بیشتر باشد بیانگر این است که فشرده‌سازی بیشتری بر روی تصویر انجام شده است.

همان‌طور که اشاره شد، در الگوریتم‌های فشرده‌سازی با تلافی نیاز است که کیفیت تصویر بازیابی شده نیز مورد بررسی قرار گیرد. معیارهای MSE^9 ، $PSNR^{10}$ و $SSIM^{11}$ معیارهای مهمی برای ارزیابی کیفیت تصویر بازیابی شده می‌باشند [۱۹]. برای محاسبه $PSNR$ می‌توان از رابطه (۴) استفاده نمود.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (I(i,j) - \hat{I}(i,j))^2} \quad (4)$$

در این رابطه I تصویر اولیه، \hat{I} تصویر بازیابی شده، M و N اندازه سطر و ستون تصویر می‌باشند.

۵- روش پیشنهادی

همان‌طور که اشاره شد، در این مقاله به جای ارائه یک روش فشرده‌سازی جدید، تصویر طوری پیش‌پردازش می‌گردد که عملکرد JPEG 2000 بهبود یابد. افزایش وضوح تصویر به کمک عملگر توان یک عامل موثر در بهبود عملکرد JPEG 2000 می‌باشد. برای تعیین بهترین مقدار نما برای عملگر توان، ده مقدار نما در محدوده ۰٫۵ تا ۱٫۵ با گام ۰٫۱ به تصویر اعمال می‌گردند، از اینرو ده تصویر پیش‌پردازش شده با وضوح متفاوت به دست می‌آیند. قابل ذکر است که مقدار نمای یک در این بازه در نظر گرفته نشده است، زیرا این مقدار نما مطابق رابطه (۱)، تغییری در تصویر ایجاد

همان‌طور که اشاره شد، برای اینکه عملگر توان خاصیت بازگشت‌پذیری داشته باشد، نیاز است که مقادیر پیکسل‌ها را به بازه حقیقی [۰،۱] نگاشت داد. در این بازه، به‌ازای هر مقدار نما بازگشت‌پذیری کامل وجود دارد. به عبارت دیگر اگر براساس رابطه (۱) عمل پیش‌پردازش بر روی تصویر اولیه $f(x,y)$ با مقدار نمای a انجام گیرد.

$$g(x,y) = f(x,y)^a \quad (1)$$

با رابطه (۲) می‌توان تصویر اولیه را بازیابی نمود.

$$f(x,y) = g(x,y)^{1/a} \quad (2)$$

با توجه به آنکه مقدار هر پیکسل یک عدد حقیقی است، هر پیکسل از تصویر به چهار بایت فضا نیاز خواهد داشت. بر این اساس نمایش تصویر به کمک این نوع داده برای فشرده‌سازی مناسب نیست. از اینرو، تصویر پیش‌پردازش شده با عملگر توان را باید به داده نوع یک بیتی صحیح بدون علامت تبدیل نمود. با این عمل، برخی از مقادیر پیکسل‌ها در حین تبدیل نوع داده - به دلیل خطای محاسبات - مقدارشان تغییر می‌یابند. بر این اساس به خاطر این خطای تبدیل، ممکن است هنگامی که تصویر پیش‌پردازش شده را به توان معکوس آن عدد می‌رسانیم، تصویر اولیه به صورت کامل بازیابی نشود. البته این خطای تبدیل به‌ازای مقادیر نمای متفاوت یکسان نیست. در این مقاله عددی برای نما در عملگر توان تعیین می‌شود که ضمن حفظ نرخ فشرده‌سازی در JPEG 2000، کیفیت تصویر بازیابی شده را بهبود می‌دهد.

۴- معیارهای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های فشرده‌سازی تصویر

همان‌طور که اشاره شد، عملکرد یک الگوریتم فشرده‌سازی براساس میزان حجم تصویر فشرده شده و کیفیت تصویر بازیابی شده سنجیده می‌شود. قابل ذکر است که کیفیت تصویر بازیابی شده در الگوریتم‌های فشرده‌سازی با تلافی

⁹ Mean Square Error

¹⁰ Peak Signal-to Noise Ratio

¹¹ Structural Similarity Index Measure

نمی‌نماید. بررسی‌های انجام شده بر روی چندین تصویر مختلف نشان می‌دهد که عدد بهینه نما برای عملکرد توان در این محدوده می‌باشد، و مقادیر خارج از این محدوده قابلیت بازگشت‌پذیری ضعیفی دارند و بررسی آنها تنها بار محاسباتی روش را افزایش می‌دهند.

با توجه به ده مقدار نمای مذکور، ده تصویر پیش‌پردازش شده به دست می‌آیند. سپس، هر یک از این تصاویر با یک نرخ فشرده‌سازی ثابت توسط JPEG 2000 فشرده می‌گردند. در مرحله بعد، هر یک از این تصاویر کدگشایی می‌شوند و معکوس مقدار نمای مربوطه مطابق رابطه (۲) به تصویر کدگشایی شده اعمال می‌گردد تا بتوان PSNR هر یک از این تصاویر بازیابی شده را با تصویر اولیه محاسبه نمود. برای تضمین این که روش پیشنهادی هیچ‌گاه عملکرد JPEG 2000 را کاهش نمی‌دهد، تصویر پیش‌پردازش نشده نیز با نرخ فشرده‌سازی مشابه، با JPEG 2000 فشرده می‌گردد و PSNR آن محاسبه می‌شود. با مقایسه این مقدار با مقادیر PSNR تصویر پیش‌پردازش شده، تصویر با بیشترین مقدار PSNR انتخاب می‌شود.

شکل ۲ نمونه‌ای از نتیجه‌ی روش پیشنهادی را ارائه می‌دهد. شکل ۲ الف) یک تصویر وضوح پایین در اندازه 500×600 با حجم ۹۰۸ کیلو بایت، و شکل ۲ ب) نسخه فشرده شده آن را با JPEG 2000 نمایش می‌دهد. JPEG 2000 توانست با نرخ فشرده‌سازی $46/16$ ، حجم تصویر را کاهش دهد و PSNR تصویر حاصل نیز $50/99$ به دست آمد. نقش پیش‌پردازش مطرح شده در بهبود عملکرد JPEG 2000 بر روی این تصویر در نمودار ۲ پ) نشان داده شده است. با توجه به این نمودار مشخص است که هر یک از تصاویر پیش‌پردازش شده با مقادیر نمای $0/6$ ، $0/7$ و $0/8$ منجر به PSNR بیشتری نسبت به تصویر پیش‌پردازش نشده می‌شوند. همان‌طور که اشاره شد، برای محاسبه PSNR ابتدا تصویر کدگشایی می‌شود، سپس معکوس مقدار نما مطابق رابطه (۲) به تصویر کدگشایی شده اعمال می‌گردد. همچنین هر یک از این تصاویر پیش‌پردازش شده با نرخ فشرده‌سازی برابر با تصویر پیش‌پردازش نشده توسط

JPEG 2000 فشرده شده‌اند. در واقع به‌ازای یک نرخ فشرده‌سازی برابر، PSNR تصاویر پیش‌پردازش شده با مقادیر نمای $0/6$ ، $0/7$ و $0/8$ بزرگتر از تصویر پیش‌پردازش نشده می‌باشد. هر یک از این مقادیر نما، به‌عنوان یک مقدار نمای کاندید در نظر گرفته می‌شوند. از میان این نماهای کاندید، تصویری برای پیش‌پردازش مناسب‌تر است که منجر به PSNR بیشتری گردد. از اینرو مقدار نمای $0/7$ برای پیش‌پردازش این تصویر انتخاب می‌گردد.

تصویر ۲ ث) تصویر پیش‌پردازش شده با اعمال مقدار نمای $0/7$ را نشان می‌دهد. حجم این تصویر پیش‌پردازش شده پس از اعمال به الگوریتم فشرده‌سازی JPEG 2000، $19/59$ کیلو بایت شده است. سرانجام برای بازیابی تصویر، معکوس این مقدار نما ($1/0.7$) به تصویر پیش‌پردازش شده اعمال می‌گردد (شکل ۲ ج). در واقع پیش‌پردازش مذکور توانست به‌ازای نرخ فشرده‌سازی برابر (یا بیشتر)، کیفیت بهتری نسبت به تصویر پیش‌پردازش نشده ایجاد نماید. نمودار شکل ۲ ت) عملکرد روش پیشنهادی را به‌ازای بازه‌ی بزرگتری از مقادیر نما ($0/1, 0/2, 0/3, 0/4, 0/5, 0/6, 0/7, 0/8, 0/9, 0/10$) برای این تصویر نشان می‌دهد. مطابق انتظار PSNR تصاویر بازیابی شده به‌ازای مقادیر نمای کمتر از $0/5$ و بزرگتر از $0/5$ ، کمتر از PSNR تصویر پیش‌پردازش نشده است.

مراحل روش پیشنهادی در زیر به‌طور خلاصه بیان شده است:

۱. اعمال الگوریتم فشرده‌سازی JPEG 2000 با نرخ فشرده‌سازی مورد نظر به تصویر اولیه و محاسبه PSNR تصویر حاصل
۲. تبدیل تصویر اولیه به بازه حقیقی بین $[0, 1]$
۳. مقدار دهی اولیه $0/5$ به پارامتر نما
۴. اعمال پیش‌پردازش توان (با مقدار نمای مرحله قبل) به تصویر
۵. اعمال JPEG 2000 با نرخ فشرده‌سازی مرحله اول به تصویر پیش‌پردازش شده و محاسبه PSNR تصویر بازیابی شده
۶. افزودن مقدار $0/1$ به پارامتر نما

شده است. شکل ۳ تاثیر پیش پردازش پیشنهادی را بر روی عملکرد JPEG 2000 به ازای چند نرخ فشرده سازی متفاوت بر روی تصویر شکل ۲ الف نشان می دهد. همان طور که از این نمودار مشخص است، روش پیشنهادی به ازای یک نرخ فشرده سازی برابر با JPEG 2000، منجر به PSNR بیشتری شده است. شکل های ۴-۶ چند نمونه از نتیجه روش پیش پردازش مطرح شده را بر روی عملکرد JPEG 2000 نشان می دهند. همان طور که از این نتایج مشخص است، به ازای یک نرخ فشرده سازی برابر، PSNR تصویر فشرده شده با روش پیشنهادی بیشتر از PSNR تصویر فشرده شده با JPEG 2000 می باشد.

۷. تا زمانی که مقدار نما به عدد ۱/۵ نرسیده باشد به مرحله چهار برمی گردیم.

۸. انتخاب تصویر پیش پردازش شده با بیشترین مقدار PSNR و مقایسه این مقدار با PSNR تصویر پیش پردازش نشده برای انتخاب بزرگترین مقدار PSNR

۹. ذخیره مقدار نمای بهینه برای بازیابی تصویر

۶- نتایج تجربی

در این مقاله روش پیش پردازش شبه بی اتلافی برای بهبود عملکرد JPEG 2000 بر روی تصاویر با وضوح پایین ارائه

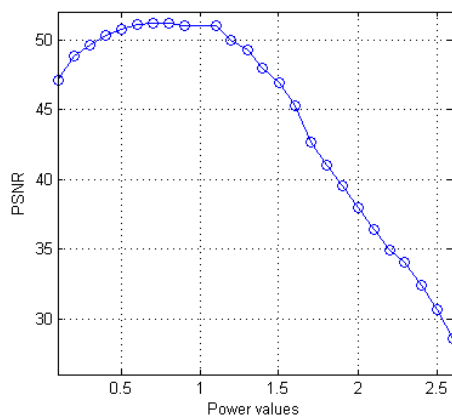


(ج) تصویر بازیابی شده (ث)،
PSNR=51.21

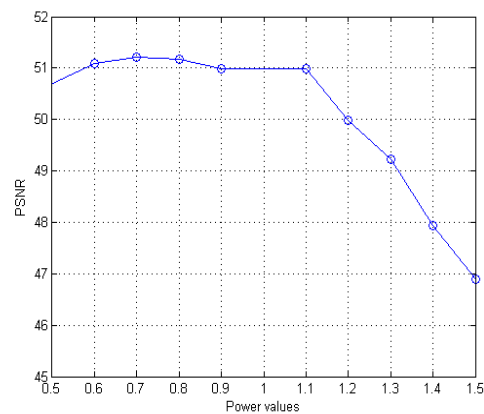
(ث) تصویر پیش پردازش شده و
اعمال آن به JPEG 2000، حجم
19.59KB

(ب) تصویر فشرده شده با
JPEG 2000، حجم 19.67KB،
PSNR=50.99

(الف) تصویر مرجع، حجم
908KB

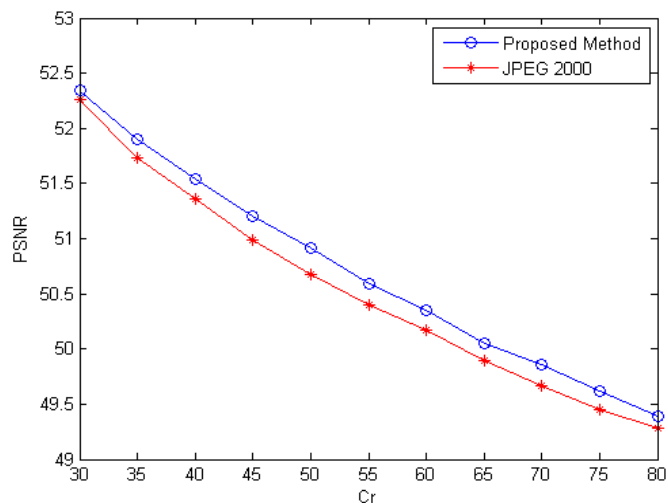


(ت) نمودار تعیین مقدار نمای بهینه (در بازه [۰,۱, ۲,۶]) بر حسب
PSNR



(پ) نمودار تعیین مقدار نمای بهینه (در بازه [۰,۵, ۱,۵]) بر حسب PSNR

شکل ۲- نمونه ای از خروجی الگوریتم پیشنهادی



شکل ۳- مقایسه تاثیر پیش‌پردازش پیشنهادی بر عملکرد JPEG 2000 به‌ازای نرخ‌های فشرده‌سازی متفاوت



(ب) تصویر فشرده شده با JPEG 2000، حجم 5.12KB، PSNR=40.29



(الف) تصویر مرجع، حجم 17.53KB



(ت) تصویر بازیابی شده پ، PSNR=40.40



(پ) تصویر پیش‌پردازش شده (مقدار نما ۱/۴) و اعمال آن به JPEG 2000، حجم 5.06KB

شکل ۴- پیش‌پردازش پیشنهادی در بهبود عملکرد JPEG 2000، نمونه اول



ب) تصویر فشرده شده با JPEG 2000، حجم 34.84KB، PSNR=35.90



الف) تصویر مرجع، حجم 354.66KB



ت) تصویر بازیابی شده پ، PSNR=36.01



پ) تصویر پیش پردازش شده (مقدار نما ۰٫۹) و اعمال آن به JPEG 2000، حجم 34.82KB

شکل ۵- پیش پردازش پیشنهادی در بهبود عملکرد JPEG 2000، نمونه دوم



ب) تصویر فشرده شده با JPEG 2000، حجم 150.23KB، PSNR=47.26



الف) تصویر مرجع، حجم 160.94KB



ت) تصویر بازیابی شده پ، PSNR=47.94



پ) تصویر پیش پردازش شده (مقدار نما ۰٫۷) و اعمال آن به JPEG 2000، حجم 150.02KB

شکل ۶- پیش پردازش پیشنهادی در بهبود عملکرد JPEG 2000، نمونه سوم

مقایسه می‌کند. هر دو روش به کمک کامپیوتر پنتیوم با پردازنده ۲/۶ مگاهرتز دو هسته‌ای و RAM چهار گیگا بایت با نرم افزار ۲۰۱۳ Matlab اجرا شده‌اند. همان‌طور که مشخص است مجموع زمان محاسبات پیش‌پردازش و کدگذار روش پیشنهادی بیشتر از کدگذار JPEG 2000 می‌باشد. همچنین مجموع زمان محاسبات پس‌پردازش و کدگشا در روش پیشنهادی به زمان کدگشا در JPEG 2000 نزدیک است. قابل ذکر است، در کاربردهایی مانند سیستم‌های بایگانی داده، که فرآیند فشرده‌سازی به‌عنوان یک کار پس‌زمینه محسوب می‌شود، اتلاف زمانی فرآیند کدگذار قابل تحمل است. ولی سریع بودن زمان کدگشا از اهمیت بالایی برخوردار است.

جدول ۱- مقایسه روش پیشنهادی با JPEG 2000 از نظر میانگین زمان محاسبات برحسب ثانیه بر روی چند تصویر

اندازه تصویر	زمان JPEG 2000 برحسب ثانیه		زمان روش پیشنهادی برحسب ثانیه	
	کدگشا	کدگذار	کدگشا و پس‌پردازش	کدگذار و پیش‌پردازش
۲۵۶×۲۵۶	۰/۰۱۵	۰/۰۱۰	۰/۰۶۹	۲/۳۱
۵۱۲×۵۱۲	۰/۰۲۰	۰/۰۲۸	۰/۰۹۲	۴/۵۶
۱۰۲۴×۱۰۲۴	۰/۰۷۸	۰/۰۵۳	۰/۱۹۱	۶/۸۲

۷- نتیجه‌گیری

تاکنون الگوریتم‌های مختلفی برای فشرده‌سازی تصویر ارائه شده‌اند و هر یک از این الگوریتم‌ها به پارامترهای خاصی وابسته می‌باشند. اگر پیش‌پردازشی بر روی تصویر انجام شود تا این پارامترهای موثر در تصویر تقویت گردند، عملکرد الگوریتم‌های فشرده‌سازی بهبود می‌یابد. در این مقاله، یک روش پیش‌پردازش مناسب با استفاده از عملکرد JPEG 2000 ارائه شده است. در این روش با افزایش وضوح تصویر در مرحله پیش‌پردازش، نواحی فرکانس بالای تصویر بیشتر قابل رویت می‌شوند. در نتیجه ضرایب تبدیل موجک مربوط به این نواحی تصویر، مقادیر بزرگی می‌گیرند. حال اگر ضرایب موجک به صفحات بیتی تجزیه گردد، اطلاعات زیادی در صفحات بیتی

نرخ فشرده‌سازی روش پیشنهادی را با نرخ فشرده‌سازی JPEG 2000 به‌ازای یک PSNR برابر نیز می‌توان مقایسه نمود. شکل ۷ نمونه‌ای از این مقایسه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشخص است به‌ازای یک PSNR برابر، حجم تصویر فشرده شده با روش پیشنهادی کمتر از حجم تصویر فشرده شده با JPEG 2000 می‌باشد. در واقع پیش‌پردازش مذکور توانست به‌ازای PSNR مساوی با JPEG 2000، نرخ فشرده‌سازی JPEG 2000 را حدود هفت درصد بهبود دهد. همچنین اگر مقایسه بین روش پیشنهادی با JPEG 2000 بر روی تصاویر شکل‌های ۴-۶ بدین‌گونه انجام شود، پیش‌پردازش مذکور توانسته نرخ فشرده‌سازی JPEG 2000 را به‌ترتیب ۲/۴، ۱/۷ و ۶/۶ درصد بر روی هر یک از این تصاویر بهبود دهد.



(ب) تصویر فشرده شده با JPEG 2000 حجم 17.7 KB، PSNR=50.67

(الف) تصویر مرجع، حجم 908KB



(ت) تصویر بازیابی شده (ث)، PSNR=50.68

(ب) تصویر پیش‌پردازش شده و اعمال آن به JPEG 2000، حجم 16.54 KB

شکل ۷- مقایسه نرخ فشرده‌سازی روش پیشنهادی با نرخ فشرده‌سازی JPEG 2000

جدول ۱ روش پیشنهادی را از نظر میانگین زمانی به صورت تقریبی با روش JPEG 2000 بر روی چند تصویر طبیعی در سه اندازه ۲۵۶×۲۵۶، ۵۱۲×۵۱۲ و ۱۰۲۴×۱۰۲۴

پیش پردازش اطلاعات فرکانس بالای تصویر نیز تا حد بیشتری حفظ می گردند. در نتیجه تصویر بازیابی شده کیفیت مطلوب تری دارد.

پارازش تر قرار گرفته است. از آنجایی که در JPEG 2000 بسته به نرخ فشرده سازی مورد نظر، فقط چند صفحه بیتی پارازش تر از ضرایب موجک کد می شوند، با این

۸- مراجع

- [1] Saravanan, C., Ponalagusamy, R. (2011). "Lossless grey-scale image compression using source symbols reduction and huffman coding," *International Journal of Image Processing*, Vol. 3, No. 5, pp. 246-251.
- [2] Setia, V., Kumar, V. (2012). "Coding of DWT coefficients using run-length coding and huffman coding for the purpose of color image compression," *World Academy of Science, Engineering and Technology*, Vol. 62.
- [3] Al-laham, M., Emary, M. M. (2007). "Comparative study between various algorithms of data compression techniques," *International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS)*, Vol. 7, No. 4, pp. 281-291.
- [4] Pennebaker, W. B., Mitchell, J. L. (1992). "JPEG: still image data compression standard," Springer, New York.
- [5] Skodras, A., Christopoulos, C. Ebrahimi, T. (2001). "The JPEG 2000 still image compression standard," *IEEE Signal Processing*, Vol. 18, pp. 36-58.
- [6] Kim, J., Kim, J. Kyung, Ch. M. (2009). "A lossless embedded compression algorithm for high definition video coding," *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 193-196.
- [7] Yap, M. H., Bister, M., Tat Ewe, H. (2003). "Gaussian blurring-deblurring for improved image compression," *7th Digital Image Computing: Techniques and Applications*, pp. 165-174.
- [8] Hassanpour, H., Asadi Amiri, S. (2011). "Image quality enhancement using pixel wise gamma correction via svm classifier," *International Journal of Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 301-311.
- [9] Jafari, R., Ziou, D., Rashidi, M. M. (2013). "Increasing image compression rate using steganography", *Expert Systems with Applications*, Vol. 40, pp. 6918-6927.
- [10] Ernawan, F., Azman Abu, N., Suryana, N. (2014). "Integrating a Smooth Psychovisual Threshold into an Adaptive JPEG Image Compression", *journal of computers*, Vol. 9, No. 3.
- [11] Bastani, V., Helfroush, M. S., Kasiri, K. (2010). "Image compression based on spatial redundancy removal and image inpainting", *J Zhejiang Univ-Sci C (Comput & Electron)*, Vol. 11, No. 2, pp. 92-100.
- [12] Kim, S. J., Hwang, D. Y., Yoo, G. H. (2005). "A preprocessing algorithm for efficient lossless compression of gray scale images," *IEEE International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*.
- [13] Pinho, A. J., Neves, A. (2003). "Block based histogram packing of color-quantized images," *IEEE International Conference on Multimedia & Expo*, pp. 341-344.
- [14] Pinho, A. J., Neves, A. (2004). "Variable size block-based histogram packing for lossless coding of color-quantized images," *Proceedings of the Fourth International conference Visualization, Imaging, And Image Processing*.
- [15] Nasr Esfahani, E., Samavi, S., Karimi, N., Shirani, S. (2007). "Near-lossless image compression based on maximization of run length sequences," *International Conference on Information Processing*, pp. 177-180.
- [16] Nasr Esfahani, E., Samavi, S., Karimi, N. (2008). "Near lossless image compression by local packing of histogram," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, pp. 1197-1200.

- [17] Iwahashi, M., Kobayashi, H., Kiya, H. (2012). "Lossy compression of sparse histogram image," IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 1361-1364.
- [18] Asadi Amiri, S., Moudi, E. (2014). "Image quality enhancement in digital panoramic radiograph," Journal of AI and Data Mining, Vol. 2, No. 1, pp. 1-6.
- [19] Wang, Z., Bovik, A. C. (2009). "Mean squared error: love it or leave it? a new look at signal fidelity measures," IEEE Signal Processing, Vol. 26, No. 1, pp. 98-117.