

ارائهٔ روشی برای پیش‌پردازش تصویر جهت بهبود عملکرد JPEG

حمید حسن‌پور^{*} و سکینه اسدی امیری

دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

چکیده

تاکنون کارهای زیادی در مورد فشرده‌سازی تصویر انجام گرفته و روش‌های متفاوتی ارائه شده‌اند. هریک از این روش‌ها بر روی تصاویر مختلف، میزان فشرده‌سازی متفاوتی را ارائه می‌دهند. با شناسایی پارامترهای تأثیرگذار در یک الگوریتم فشرده‌سازی و تقویت آن‌ها در مرحلهٔ پیش‌پردازش، میزان فشرده‌سازی آن الگوریتم را می‌توان بهبود بخشد. JPEG یکی از روش‌های فشرده‌سازی موفق است که کارهای زیادی نیز برای بهبود عملکرد آن انجام شده است. میزان وضوح تصویر، یکی از عوامل مهم در میزان فشرده‌سازی JPEG محسوب می‌شود. هرچه وضوح تصویر کمتر باشد، جزئیات کمتری در آن قابل نمایش است و JPEG قادر خواهد بود با میزان بیشتری این‌گونه تصاویر را فشرده کند. در این مقاله پیش‌پردازش شبه بی‌اتلافی مبتنی بر عمل‌گر توان ارائه شده است که با کم‌کردن دامنهٔ تغییرات سطوح خاکستری تصویر، وضوح تصویر را کاهش می‌دهد. بر اساس نتایج این پژوهش، JPEG قادر خواهد بود با میزان فشرده‌سازی بیشتری تصاویر پیش‌پردازش شده حاصل را فشرده کند. در مرحلهٔ بازیابی تصویر، با اعمال عمل‌گر توان با معکوس مقدار نما، وضوح اولیه تصویر احصا می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که روش پیش‌پردازش ارائه شده میزان فشرده‌سازی JPEG را بر روی تصاویر طبیعی به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد.

واژگان کلیدی: پیش‌پردازش، فشرده‌سازی تصویر، شبه بی‌اتلاف، روش JPEG

پژوهش‌های زیادی بر روی فشرده‌سازی تصویر انجام گرفته است و درنتیجهٔ آن طیف وسیعی از الگوریتم‌های فشرده‌سازی ارائه شده‌اند. الگوریتم‌های هافمن^۱ (سرآوانان و پنالگاسمی، ۲۰۱۱)، کدگذار طول تداوم^۲ (ستیا و کومار، ۲۰۰۷)، LZW^۳ (ال‌لاهام، اماری، ۲۰۱۲)، JPEG^۴ (روتری و همکاران، ۲۰۱۱) و ۲۰۰۰ (اسکدراس و همکاران، ۲۰۰۱) چند روش متداول فشرده‌سازی هستند. هریک از روش‌های فشرده‌سازی بر روی یک تصویر، نرخ فشرده‌سازی متفاوتی را ارائه می‌دهند. درواقع هریک از روش‌های فشرده‌سازی به ویژگی‌های خاصی در تصویر تمرکز دارد. از این‌رو می‌توان با شناسایی عوامل تأثیرگذار در عملکرد یک روش فشرده‌سازی و تقویت آن‌ها در مرحلهٔ پیش‌پردازش،

۱- مقدمه

روش‌های فشرده‌سازی را می‌توان به دو دستهٔ کلی باتلاف و بی‌اتلاف تقسیم‌بندی کرد. در دستهٔ نخست، اطلاعات تصویر اولیه را نمی‌توان به‌طور کامل بازیابی کرد؛ اما فشرده‌سازی در این روش می‌تواند با نرخ بالاتری انجام گیرد (گنتزال، وود، ۲۰۱۱). این روش برای کاربردهایی مانند فایل‌های متنی و فایل‌های اجرایی قابل استفاده نیست؛ زیرا در این نوع از کاربردها، دادهٔ فشرده‌شده باستی عیناً بازیابی شود. در روش فشرده‌سازی بی‌اتلاف، اطلاعات بازیابی شده به‌طور دقیق با اطلاعات اولیه برابر است؛ اما اغلب میزان فشرده‌سازی داده در این روش در مقایسه با روش باتلاف کمتر است. علاوه‌بر این دو دستهٔ اصلی، دستهٔ دیگری به نام شببه‌ی اتلاف نیز وجود دارد که در آن، اطلاعات بازیابی شده اختلاف اندکی با داده اولیه دارد.

¹ Huffman

² Run Length Encoding

³ Lempel-Ziv-Welch

⁴ Joint Photographic Experts Group

تصویر را کم کرده و تصویری باوضوح پایین ایجاد می‌کند. دو گام اصلی در JPEG، تبدیل کسینوسی و چندی‌سازی است. چندی‌سازی یک فرآیند بالاتلاف است که طبق یک ماتریس از قبل تعریف شده در JPEG، برخی از اطلاعات کم‌اهمیت تصویر (اغلب ضرایب فرکانس بالای تبدیل کسینوسی) حذف می‌شوند. وقتی با اعمال عمل‌گر توان به تصویر، وضوح آن کاهش یابد، بسیاری از ضرایب فرکانس بالای تبدیل کسینوسی مقدار کوچکی نسبت به ضرایب متناظرشان در تصویر پیش‌پردازش شده می‌گیرند. براین اساس با اعمال چندی‌سازی به ضرایب تبدیل کسینوسی تصویر پیش‌پردازش شده، بسیاری از مؤلفه‌های فرکانس بالای تبدیل کسینوسی مقدار صفر می‌گیرند. درواقع، اگر این پیش‌پرداش بر روی تصویر انجام شود، در مرحله چندی‌سازی تعداد بیشتری از ضرایب فرکانس بالای تبدیل کسینوسی حذف می‌شوند. از این‌رو با این پیش‌پردازش ضرایبی را که حاوی اطلاعات کمتری هستند، می‌توان حذف کرد. درنتیجه با اعمال این پیش‌پردازش به تصویر، عملکرد JPEG ببهود می‌یابد.

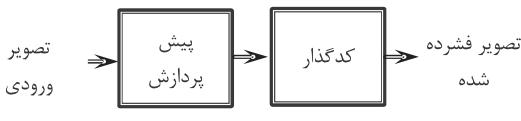
در بخش بعدی مروری بر کارهای پیشین در زمینه پیش‌پردازش در فشرده‌سازی تصویر انجام شده است. در بخش سوم نقش پیش‌پردازش در فشرده‌سازی تصویر شرح داده شده است. معیارهای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های فشرده‌سازی تصویر در بخش چهارم ارائه شده‌اند. در بخش پنجم، چند روش فشرده‌سازی JPEG و در بخش ششم روش پیشنهادی مطرح شده است. نتایج این مقاله در بخش هفتمن و نتیجه‌گیری نیز در بخش هشت بحث شده‌اند.

۲- مروری بر کارهای دیگران

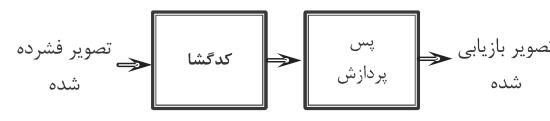
همان‌طور که اشاره شد، با شناسایی عوامل تأثیرگذار در یک روش فشرده‌سازی و تقویت آن‌ها در مرحله پیش‌پردازش، عملکرد آن روش فشرده‌سازی را می‌توان ببهود بخشد. در (کیم و همکاران، ۲۰۰۵)، روشی مبتنی بر ماتریس همرخداد^۱ برای کاهش تنوع سطوح خاکستری تصویر ارائه شده است. در این روش، ابتدا ماتریس همرخداد تصویر به دست می‌آید؛ سپس با توجه به مقادیر ماتریس همرخداد، ماتریس دیگری در اداره ماتریس همرخداد ایجاد می‌شود که در آن به مقادیر سطح خاکستری با فراوانی زیاد مقدار کوچکتری نسبت داده می‌شود. با توجه به مقادیر این ماتریس، تصویر پیش‌پردازش شده به دست می‌آید. قابل ذکر است برای بازیابی تصویر به ماتریس همرخداد نیاز است. این

عملکرد آن روش را ببهود بخشد. درواقع با پیش‌پردازش یک تصویر مطابق شکل (۱) الف، عملکرد الگوریتم فشرده‌سازی را می‌توان تقویت کرد. البته برای بازیابی تصویر نیاز است که مطابق شکل (۱) ب، معکوس فرآیند پیش‌پردازش به تصویر کدگشایی شده اعمال گردد.

میزان فشرده‌سازی^۱ 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 به میزان بیشتری فشرده کند (سروانان و پنالاگاسمی، ۲۰۱۱). درصورتی که هر چه تعداد پیکسل‌های مجاور با مقادیر یکسان در تصویر بیشتر باشد، الگوریتمی چون کدگذار طول تداوم، کارآیی بالاتری در فشرده‌سازی آن تصویر خواهد داشت (ستیا و کومار، ۲۰۱۲). هر چه وضوح تصویر کمتر باشد، جزئیات کمتری در آن قابل رویت است و JPEG قادر خواهد بود آن را بیشتر فشرده کند. الگوریتم فشرده‌سازی JPEG در حالت بالاتلاف، از تبدیل کسینوسی در فرآیند فشرده‌سازی استفاده می‌کند. اگر وضوح تصویری کم باشد، بسیاری از مؤلفه‌های فرکانس بالای آن، در تبدیل کسینوسی، صفر و یا نزدیک به صفر خواهند شد. از این‌رو این تصویر را با میزان بیشتری می‌توان کد کرد (یاپ و همکاران، ۲۰۰۳). براین اساس میزان فشرده‌سازی این‌گونه تصاویر در روش JPEG بالا است. با توجه به مطلب بالا، اگر پیش‌پردازشی به منظور تقویت ویژگی‌های تأثیرگذار بر روی تصویر انجام گیرد، عملکرد روش‌های فشرده‌سازی ببهود می‌یابد.



الف) اعمال پیش‌پردازش به کدگذار



ب) اعمال پس‌پردازش به کدگشا

(شکل - ۱): اعمال فرآیند پیش‌پردازش و پس‌پردازش (معکوس فرآیند پیش‌پردازش) برای ببهود عملکرد الگوریتم‌های فشرده‌سازی.

در این مقاله یک روش پیش‌پردازش شبه‌بی‌اتلاف به منظور افزایش میزان فشرده‌سازی JPEG برای تصاویر طبیعی ارائه شده است. این روش، با اعمال عمل‌گر توان بر روی پیکسل‌های تصویر، دائم‌تغییرات سطوح خاکستری

^۱ Compression Ratio



فشرده‌سازی روش هافمن را - اگر اندازه تصویر بزرگتر از 256×256 باشد- می‌تواند بهبود دهد؛ ولی برای الگوریتم فشرده‌سازی JPEG بالاتلاف مناسب نیست؛ زیرا اگر تصویر پیش‌پردازش شده با این روش را با JPEG فشرده کنیم، برخی از مقادیر پیکسل‌ها تغییر می‌کنند. به همین دلیل نمی‌توان در مرحله پس‌پردازش، تصویر را بازیابی کرد.

در (یاپ و همکاران، ۲۰۰۳) روش پیش‌پردازش بالاتلفی با استفاده از فیلتر حرکتی گوسین برای بهبود عملکرد JPEG ارائه شده است. با استفاده از این فیلتر، تصویر ماتی^۱ فاقد اطلاعات فرکانس بالا ایجاد می‌شود. JPEG به این تصویر پیش‌پردازش شده اعمال می‌شود تا حجم آن کاهش یابد. برای بازیابی تصویر، ابتدا کدگشایی JPEG انجام می‌شود؛ سپس عکس عمل فیلتر حرکتی گوسین بر روی تصویر کدگشایی شده انجام می‌شود؛ ولی از آجایی که فیلترهای حرکتی قابلیت بازگشت‌پذیری خوبی ندارند، تصویر بازیابی شده با تصویر اولیه تا حدودی متفاوت است. از این‌رو می‌باشد تصویر را تنها اندکی مات کرد، تا بازگشت‌پذیری این روش مورد قبول واقع شود. در (پینهو، ۲۰۰۲) یک روش پیش‌پردازش بی‌اتلاف برای تصاویری که هیستوگرام خلوت^۲ و یا شبیه‌خلوت^۳ دارند معرفی شده است. در (پینهو و نوز، ۲۰۰۳) روش پیش‌پردازش بی‌اتلافی بر مبنای کاهش وضوح تصویر به صورت محلی ارائه شده است. در این روش، تصویر به بلوک‌های ثابتی در اندازه 32×32 تقسیم می‌شود؛ سپس بهزادی هر بلوک به کمک جدول نگاشت مناسب، مقادیر سطوح خاکستری تغییر می‌یابند تا وضوح تصویر در آن بلوک کاهش یابد. نقص این روش، استفاده از بلوک‌هایی با اندازه ثابت و کوچک برای پیش‌پردازش است. براین اساس تعداد بلوک‌های ایجادشده در تصویر زیاد خواهد شد. از آجایی که بهزادی هر بلوک، جدول نگاشت مربوط به آن نیز ذخیره می‌شود، فضای قابل توجهی صرف ذخیره‌سازی جدول نگاشت خواهد شد. از این‌رو این روش، بهبود قابل توجهی در میزان فشرده‌سازی ایجاد نمی‌کند. نسخه بهبودیافته این روش در (پینهو و نوز، ۲۰۰۳) 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. اگرچه در این روش، تعداد بلوک‌های ایجادشده برای هر تصویر کاهش می‌یابد، ولی همچنان حجم قابل توجهی برای ذخیره‌سازی جدول نگاشت مصرف می‌شود.

¹ Blur² Sparse³ Quasi-sparse

در روش پیش‌پردازش مطرح شده در (نصر-اصفهانی و همکاران، ۲۰۰۷) با توجه به پیکسل‌های هر سطر از تصویر، شبکه‌ای برای هر سطر ایجاد می‌شود و هدف، یافتن یک مسیر بهینه در شبکه است؛ به طوری که مقادیر پیکسل‌های مشابه در مجاورت هم در آن سطر قرار گیرند. درواقع با توجه به نگاشتی که بر روی هر سطر از تصویر انجام می‌گیرد، مقادیر خاکستری پیکسل‌ها طوری تغییر می‌کند که پیکسل‌های بیشتری با مقادیر یکسان در مجاورت هم قرار گیرند. این تصویر پیش‌پردازش شده تا حدی قابلیت JPEG را بهبود می‌بخشد. روش شبکه‌ای اتلاف ارائه شده در (نصر-اصفهانی و همکاران، ۲۰۰۸) هیستوگرام تصویر اصلی را به کمک الگوریتم ویتری^۴ به هیستوگرامی با آنریپی کمتر تبدیل می‌کند؛ سپس تصویر منتظر با این هیستوگرام ایجاد می‌شود. این تصویر پیش‌پردازش شده، قابلیت فشرده‌سازی (ایواهاشی و همکاران، ۲۰۱۲) یک روش پیش‌پردازش بالاتلفی براساس نگاشت میانه وزن‌دار برای تصاویر با هیستوگرام خلوت پیشنهاد شده است. اگرچه این روش منجر به میزان فشرده‌سازی خوبی می‌شود، ولی تنها برای تصاویری که هیستوگرام خلوت دارند، قابل استفاده است.

در (چانگ و همکاران، ۱۹۹۵) ابتدا تصویر به بلوک‌های 16×16 تقسیم و هریک از بلوک‌ها، با توجه به مقدار واریانس آن به بلوک هموار و غیرهموار برجسب‌گذاری می‌شود؛ سپس اندازه بلوک‌های هموار با درون یابی به بلوک 8×8 کاهش می‌یابد. همان‌طور که مشخص است با این پیش‌پردازش، تعداد پیکسل‌ها در تصویر حاصل، نسبت به تعداد پیکسل‌های تصویر اولیه کاهش می‌یابد. JPEG برای فشرده‌سازی به تصویر حاصل اعمال می‌شود. در مرحله بازیابی، ابتدا تصویر کدگشایی و سپس فرآیند بزرگنمایی بر روی بلوک‌های هموار انجام می‌شود تا به اندازه 16×16 تبدیل شوند. از آجایی که فرآیند کوچک‌نمایی و بزرگ‌نمایی تصویر منجر به از بین رفتن برخی اطلاعات تصویر می‌شوند، این روش پیش‌پردازش تنها بهزادی نزدیکی کم، میزان فشرده‌سازی JPEG را بهبود می‌بخشد.

در (نیرامتحنی و همکاران، ۲۰۱۲) یک روش پیش‌پردازش بدون اتلاف برای بهبود میزان فشرده‌سازی روش‌های بدون اتلاف مطرح شده است. این روش بر روی تصاویر رنگی با شاخص قابل اعمال است. تصاویر رنگی با شاخص از دو ماتریس، یکی شاخص و دیگری نقشه رنگ تشکیل می‌شوند. ماتریس شاخص، ماتریسی است در اندازه تصویر که مقدار هر پیکسل آن، بیان‌گر شماره سط्रی در ماتریس نقشه رنگ است. ماتریس شاخص، ماتریسی است در اندازه

⁴ Viterbi

سال ۱۳۹۵ شماره ۲ پیاپی ۲۸

جزئیات تصویر و تصویر اثر بلوکی تفکیک و تصویر فرکانس پایین با تصویر جزئیات جمع می‌شود تا تصویر بدون اثر بلوکی به دست آید.

در (کاون و همکاران، ۲۰۱۱) نیز یک روش پسپردازش مبتنی بر فرانکنکیک‌پذیری^۵ برای رفع خرابی JPEG و ۲۰۰۰ JPEG پیشنهاد شده است.

در (اون ژ، هنری هی، ۲۰۱۰) ابتدا تصویر به نواحی هموار و نواحی غیرهموار تقسیم می‌شود؛ سپس هریک از دو ناحیه به صورت مجزا فشرده می‌شوند. برای هر بلوک در ناحیه غیرهموار، شبیه‌ترین بلوک از میان بلوک‌های کدشده در ناحیه غیرهموار جستجو و اختلاف این دو بلوک کد می‌شود. برای فشرده‌سازی نواحی هموار نیز از روش CALIC (وو، ۱۹۹۶) استفاده شده است.

روش فشرده‌سازی بی‌اتلاف پیشنهادشده در (یانگ و همکاران، ۲۰۱۳) از سه بخش اصلی تبدیل موجک، هادامارد و کدگذار آنتروپی تشکیل شده است. ابتدا ضرایب تبدیل موجک تصویر محاسبه و سپس برای حذف افزونگی بیشتر، هر یک از زیرباندهای موجک، به بلوک‌های 4×4 تقسیم و ضرایب تبدیل هادامارد هریک از این بلوک‌ها محاسبه می‌شود تا همبستگی درون این بلوک‌ها حذف شود؛ سپس هر بلوک به صورت مجزا توسط یک روش کدگذار مبتنی بر آنتروپی کد می‌شود. نرخ فشرده‌سازی این روش نزدیک به ۲۰۰۰ JPEG است؛ ولی بسیار سریع‌تر از ۲۰۰۰ JPEG عمل می‌کند.

در روش فشرده‌سازی بی‌اتلاف پیشنهادشده در (وو و همکاران، ۲۰۱۵) ابتدا تصاویر به خطوطی تقسیم و سپس این خطوط براساس میزان شباهت آن‌ها نسبت به هم به چند طبقه تقسیم شده و این طبقه‌ها که در واقع حاوی پیکسل‌هایی با همبستگی زیاد هستند با کدگذار پیش‌گو کد می‌شوند. کدگذار پیش‌گو مقداری را برای هر پیکسل، پیش‌گویی می‌کند و تفاضل مقدار واقعی از مقدار پیش‌گویی شده محاسبه می‌شود. در پایان مقادیر خطای حاصل از کدگذار پیش‌گو با کدگذار آنتروپی کد می‌شوند.

۳- پیش‌پردازش تصویر برای فشرده‌سازی مناسب

عملکرد یک الگوریتم فشرده‌سازی براساس میزان فشرده‌سازی و کیفیت تصویر بازیابی شده سنجیده می‌شود. در این مقاله روش پیش‌پردازشی برای الگوریتم فشرده‌سازی JPEG ارائه شده است که ضمن حفظ کیفیت تصویر، میزان فشرده‌سازی JPEG را افزایش می‌دهد. این روش، با کم

^۵ Super resolution

سه‌ستونه (حاوی سه رنگ قرمز، سبز، آبی) است که هر سطر آن، بیان گر یک رنگ خاص است. در این روش، با استفاده از PSO^۱، سطرهای ماتریس رنگ طوری جایه‌جا می‌شوند تا مقادیر پیکسل‌های مجاور در ماتریس نقشه رنگ به هم نزدیک‌تر شوند.

در (اسدی امیری، حسن‌پور، ۱۳۹۴)، روش پیش‌پردازش بدون اتلاف برای بهبود میزان فشرده‌سازی روش‌های بدون اتلاف مبتنی بر کدگذار پیش‌گو مانند Lossless JPEG^۲ و CALIC^۳ مطرح شده است. در این روش ابتدا تصویر، بلوک‌بندی و سپس به کمک الگوریتم زنتیک، تبدیلات هندسی چرخش و انعکاس مناسبی بر روی هر بلوک از تصویر اعمال می‌شود تا چیدمان تصویر طوری تغییر یابد که همبستگی پیکسل‌های مجاور تصویر افزایش یابد. با افزایش همبستگی بین پیکسل‌ها، کدگذار پیش‌گو مقدار دقیق‌تری را برای هر پیکسل پیشگویی می‌نماید.

در (ارنوان و همکاران، ۲۰۱۴) یک جدول چندی‌سازی جدیدی برای نرخ‌های مختلف فشرده‌سازی JPEG با توجه به دستگاه دیداری انسان معرفی شد. این روش به‌ازای میزان فشرده‌سازی زیاد، برتر از استاندارد JPEG است. البته در JPEG به‌ازای نرخ‌های فشرده‌سازی مختلف، یک مقدار ثابتی در جدول چندی‌سازی استاندارد ضرب می‌شود تا جدول چندی‌سازی برای آن نرخ فشرده‌سازی حاصل شود.

در استاندارد JPEG ضرایب DC تبدیل کسینوسی بلوک‌ها به صورت افقی پیمایش می‌شوند. در (وایزمن، ۲۰۱۵) نحوه پیمایش ضرایب DC تبدیل کسینوسی بلوک‌ها در JPEG تغییر یافت.

در (یح و همکاران، ۲۰۱۴) یک پسپردازش خود یادگیرنده برای حذف اثر بلوکی براساس نمایش تنک^۴ ارائه شده است. در این روش ابتدا تصویر بلوکی مطابق الگوریتم (دباو و همکاران، ۲۰۰۷) به دو تصویر فرکانس بالا و فرکانس پایین تقسیم می‌شود. تصویر فرکانس پایین حاوی اطلاعات مهم تصویر و تصویر فرکانس بالا شامل جزئیات و اثرات بلوکی موجود در تصویر است. هدف این است که اثرات بلوکی از تصویر فرکانس بالا حذف شوند. برای این کار یک واژه‌نامه از تصویر فرکانس بالا ایجاد و با توجه به هیستوگرام جهت‌دار گرادیان^۵، واژه‌نامه ایجادشده به دو زیر واژه‌نامه اجزای فرکانس بالا و زیر واژه‌نامه تکه‌های بلوکی تقسیم می‌شود؛ سپس با توجه به نمایش تنک و دو زیر واژه‌نامه به‌دست‌آمده، تصویر فرکانس بالا به دو تصویر مجزای

¹ Particle Swarm Optimization

² Context based Adaptive Lossless Image Codec

³ Sparse representation

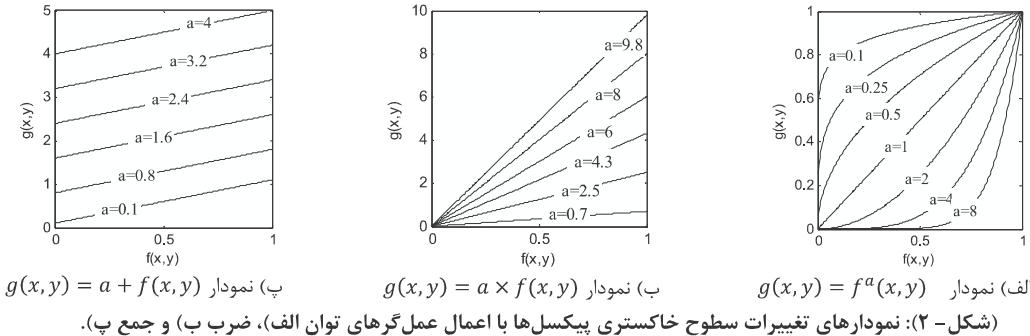
⁴ Histograms of oriented gradients



پیش‌بِرداشْت شده، تصویری نزدیک به تصویر اولیه به دست آید. موضوع دوم نیز تصویری را برای پیش‌بِرداشْت انتخاب می‌کند که دامنه تغییرات سطوح خاکستری آن کم باشد و بسیاری از جزئیات تصویر در آن قابل نمایش نباشد. اگر بتوان عمل گری را به تصویر اعمال کرد که هر دو موضوع مذکور را رعایت نکرده باشد، تصویر پیش‌بِرداشْت شده مناسب برای بهبود عملکرد JPEG ایجاد می‌شود. اگر مقادیر پیکسل‌ها به بازه $[0, 1]$ نگاشت یابند، عمل گر توان، قادر خواهد بود که این دو هدف را برأورده کند (اسدی امیری، موعودی، ۲۰۱۴؛ حسنپور، اسدی امیری، ۲۰۱۱). با استفاده از عمل گرهای دیگری نظیر جمع و ضرب اگرچه می‌توان اوضاع تصویر را تعییر کرد، ولی قابلیت بازگشت‌پذیری نخواهد داشت. شکل (۲) سه نمودار مربوط به عمل گرهای توان، ضرب و جمع را بر روی مقادیر سطوح خاکستری در بازه $[0, 1]$ نشان می‌دهد.

کردن دامنه تغییرات سطوح خاکستری تصویر، تصویری باوضوح کم ایجاد می‌کند که بسیاری از جزئیات تصویر در آن قابل مشاهده نیست. درواقع این روش پیشنهادی، پارامتر تأثیرگذار در JPEG -که میزان همواری تصویر است- را تقویت می‌کند. از این‌رو JPEG قادر است، تصویر پیش‌بِرداشْت شده را با میزان فشرده‌سازی بیشتری نسبت به تصویر پیش‌بِرداشْت شده فشرده کند. هرچه تصویر هموارتر باشد، تمرکز انرژی در مؤلفه‌های فرکانس بالای تبدیل کسینوسی کمتر می‌شود؛ از این‌رو بسیاری از ضرایب فرکانس بالای تبدیل کسینوسی را می‌توان حذف کرد، بدون آن‌که تأثیر چندانی در کیفیت تصویر بازسازی شده داشته باشند.

در روش پیشنهادی، بازگشت‌پذیری و کاهش وضوح تصویر پیش‌بِرداشْت شده دو موضوع مهم در انتخاب تصویر پیش‌بِرداشْت شده مناسب هستند. موضوع نخست حاکی از این است که با اعمال معکوس عملیات به تصویر



(شکل -۳): نمودارهای تغییرات سطوح خاکستری پیکسل‌ها با اعمال عمل گرهای توان (الف)، ضرب (ب) و جمع (پ).

حاصل می‌شود. به طور کلی، هر چه مقادیر نما از عدد یک دورتر باشند، دامنه تغییرات سطوح خاکستری تصویر حاصل کمتر می‌شود، بدین‌گونه که بازه وسیعی از سطوح خاکستری به بازه کوچکی از سطوح خاکستری نگاشت می‌یابد. درنتیجه تصویری با وضوح کم ایجاد می‌شود که بسیاری از جزئیات تصویر در آن قابل رؤیت نیست. از این‌رو JPEG قادر است، تصویر حاصل را با میزان بیشتری فشرد نماید.

همان‌طور که اشاره شد، برای این‌که عمل گر توان خاصیت بازگشت‌پذیری داشته باشد، نیاز است که مقادیر پیکسل‌ها را به بازه حقیقی $[0, 1]$ نگاشت داد. در این باره، به‌ازای هر مقدار نما بازگشت‌پذیری کامل وجود دارد. به عبارت دیگر اگر به کمک رابطه (۱) عمل پیش‌بِرداشْت بر روی تصویر اولیه $f(x,y)$ با مقدار نمای a انجام گیرد:

$$(1) \quad g(x,y) = \frac{f(x,y)}{255} \times 255$$

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

$$(2) \quad f(x,y) = 255 \times \left(\frac{g(x,y)}{255} \right)^{\frac{1}{a}}$$

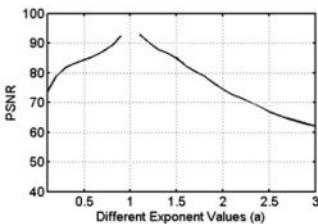
در این نمودارها، محور افقی، مقادیر سطوح خاکستری پیکسل‌های تصویر اولیه و محور عمودی، مقادیر سطوح خاکستری پس از اعمال عمل گر مربوطه هستند.

همان‌طور که در این نمودارها مشخص است، مقادیر جدید سطوح خاکستری پیکسل‌های حاصل از عمل گر توان به‌ازای مقادیر مختلف نما، همچنان در محدوده مجاز $[0, 1]$ باقی می‌مانند؛ در حالی که در عمل گرهای ضرب و جمع، مقادیر جدید سطوح خاکستری پیکسل‌های تصویر اغلب از محدوده مجاز $[0, 1]$ خارج می‌شوند؛ از این‌رو این نمودارها قابلیت بازگشت‌پذیری عمل گر توان و عدم خاصیت بازگشت‌پذیری عمل گرهای ضرب و جمع را تأیید می‌کنند.

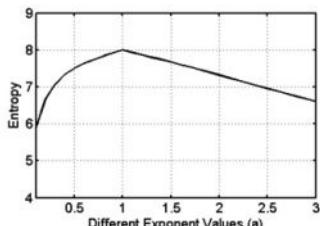
نمودار شکل (۲) (الف) نشان می‌دهد که اگر مقادیر پیکسل‌ها به توان عددی کوچک‌تر از واحد برسند، مقادیر پیکسل‌های حاصل، به‌سمت مقدار یک متایل می‌شوند، درنتیجه تصویری روش نهادست می‌آید. درصورتی که اگر مقادیر پیکسل‌ها به توان عدد بزرگ‌تر از واحد برسند، مقادیر پیکسل‌های حاصل به‌سمت صفر متایل و تصویری تیره

بازیابی شده بدتر می‌شود. این افت کیفیت برای مقادیر نمای بزرگ‌تر از یک، بیشتر است.

مطابق نظریه اطلاعات هرچه آنتروپی تصویر کمتر باشد، روش‌های فشرده‌سازی قادرند آن تصویر را با میزان فشرده‌سازی بیشتری فشرده کنند (کاور و توماس، ۱۹۹۱). تأثیر مقدار آنتروپی بر روی بردار پیش‌پردازش شده (مطابق رابطه (۱)) با مقادیر نمای متفاوت در شکل (۵) نشان داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد، بردار پیش‌پردازش شده با مقادیر نمای یک (بردار پیش‌پردازش نشده) بیشترین مقدار آنتروپی و سایر بردارهای پیش‌پردازش شده، مقدار آنتروپی کمتری دارند. درواقع هرچه مقدار نمای از یک فاصله می‌گیرد، مقدار آنتروپی کمتر می‌شود. قابل توجه است که افت مقدار آنتروپی برای مقادیر نمای کمتر از یک بیشتر است؛ زیرا افت تعداد سطوح خاکستری در بردار پیش‌پردازش شده با مقادیر نمای کمتر از یک، بیشتر از بردار پیش‌پردازش شده با مقادیر نمای بزرگ‌تر از یک است.



(شکل -۴): نمودار PSNR بردار بازیابی شده برای مقادیر مختلف نما در عمل گر توان براساس دو رابطه (۱) و (۲).

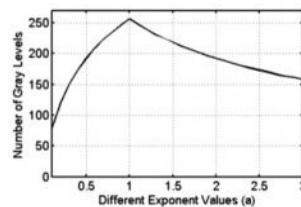


(شکل -۵): نمودار مقادیر آنتروپی بردار پیش‌پردازش شده مطابق رابطه (۱) به ازای مقادیر مختلف نما در عمل گر توان.

با توجه به این نمودارها می‌توان نتیجه گرفت اگر توزیع سطوح خاکستری در تصویر یکنواخت باشد و هر ۲۵۶ سطح خاکستری در تصویر موجود باشد، مقادیر نمای کمتر از یک، عملکرد روش فشرده‌سازی را از هر دو مقوله PSNR و میزان فشرده‌سازی بهبود می‌بخشد؛ ولی در تصاویر لزوماً توزیع سطوح خاکستری یکسان نیست، بنابراین نمی‌توان گفت لزوماً تصاویر پیش‌پردازش شده با مقادیر نمای کمتر از یک، عملکرد روش‌های فشرده‌سازی را بیشتر از تصاویر پیش‌پردازش شده با مقادیر نمای بزرگ‌تر از یک بهبود می‌بخشدند.

با توجه به آن که مقدار هر پیکسل یک عدد حقیقی است، هر پیکسل از تصویر به چهار بایت فضای نیاز خواهد داشت. براین اساس نمایش تصویر به کمک این نوع داده برای فشرده‌سازی مناسب نیست. از این‌رو، تصویر پیش‌پردازش شده با عمل گر توان را باید به داده نوع یک بایتی صحیح مثبت تبدیل کرد. با این عمل، برخی از مقادیر پیکسل‌ها در حین تبدیل نوع داده - بهدلیل خطای محاسبات- مقدارشان تغییر می‌یابند. براین 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.

برای نشان دادن تأثیر مقادیر نمای مختلف عمل گر توان بر روی تعداد سطوح خاکستری، PSNR و مقدار آنتروپی، برداری ۲۵۶ تایی با ۲۵۶ مقدار صحیح مختلف در بازه [۰، ۲۵۵] در نظر گرفته شده است. ابتدا مطابق رابطه (۱) این بردار پیش‌پردازش می‌شود؛ سپس مقادیر بردار حاصل به مقادیر صحیح تبدیل می‌شوند. پس از آن، با اعمال رابطه (۲) به مقادیر صحیح حاصل، بردار اولیه بازیابی می‌شود. مطابق انتظار بهدلیل خطای تبدیل، مقادیر بردار اولیه به طور کامل بازیابی نمی‌شود و بسته به مقادیر نمای تعداد سطوح خاکستری بازیابی شده متفاوت است. شکل (۳) نمودار تعداد سطوح خاکستری بازیابی شده برای مقادیر نمای متفاوت در عمل گر توان را نشان می‌دهد.



(شکل -۳): نمودار تعداد سطوح خاکستری بردار بازیابی شده برای مقادیر مختلف نما در عمل گر توان براساس دو رابطه (۱) و (۲).

همان‌طور که در این نمودار مشخص است، مقدار نمای یک، تأثیری در تعداد سطوح خاکستری بردار ایجاد نمی‌کند و ۲۵۶ سطح خاکستری به طور کامل بازیابی می‌شود. هرچه مقدار نمای از یک فاصله (مقادیر بزرگ‌تر از یک) می‌گیرد، تعداد سطوح خاکستری بازیابی شده کمتر می‌شود.

شکل (۴) نمودار PSNR بردار بازیابی شده را برای مقادیر مختلف نما در عمل گر توان براساس دو رابطه (۱) و (۲) نشان می‌دهد. همان‌طور که در این نمودار مشخص است PSNR بردار بازیابی شده با مقدار نمای یک، برابر بی‌نهایت است. هرچه مقدار نمای از یک فاصله می‌گیرد، کیفیت بردار

^۱ Peak Signal-to Noise Ratio



معیارهای ^۳MSE و ^۴SSIM برای ارزیابی کیفیت تصویر بازیابی شده هستند (وانگ، بوبویک، ۲۰۰۹). برای محاسبه MSE می‌توان از رابطه (۶) استفاده کرد:

$$MSE(I, \hat{I}) = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I(i, j) - \hat{I}(i, j))^2 \quad (6)$$

در این رابطه I تصویر مرجع، \hat{I} تصویر آزمون ^۵ و N تعداد سطر و ستون تصویر را مشخص می‌کنند. هر چه مقدار این معیار کمتر باشد، کیفیت تصویر آزمون به تصویر مرجع نزدیکتر است. معیار نسبت سیگنال به نویه یا PSNR نیز مطابق رابطه (۷) محاسبه می‌شود که واحد آن دسی بل (db) است:

$$PSNR(I, \hat{I}) = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE(I, \hat{I})} \right) \quad (7)$$

هرچه مقدار معیار PSNR بیشتر باشد، کیفیت تصویر آزمون به تصویر مرجع نزدیکتر است. معیار SSIM براساس ساختار تصاویر طبیعی ارائه شده است. پیکسل‌ها در تصاویر طبیعی وابستگی‌های زیادی به همسایه‌هایشان دارند و این وابستگی‌ها اطلاعات مهمی را درباره ساختار اشیا در منظرة مورد مشاهده در بردارد. اگر I و \hat{I} به ترتیب تصویر مرجع و تصویر آزمون باشند، معیار SSIM به صورت رابطه (۸) تعریف می‌شود:

$$SSIM(I, \hat{I}) = \left(\frac{2\mu_I\mu_{\hat{I}} + C_1}{\mu_I^2 + \mu_{\hat{I}}^2 + C_1} \right)^{\alpha} \cdot \left(\frac{2\sigma_I\sigma_{\hat{I}} + C_2}{\sigma_I^2 + \sigma_{\hat{I}}^2 + C_2} \right)^{\beta} \cdot \left(\frac{\sigma_{I\hat{I}} + C_3}{\sigma_I\sigma_{\hat{I}} + C_3} \right)^{\gamma} \quad (8)$$

در این معادله μ_I و $\mu_{\hat{I}}$ میانگین و انحراف معیار تصویر I و \hat{I} میانگین و انحراف معیار تصویر \hat{I} ، $\sigma_{I\hat{I}}$ همبستگی متقابل بین دو تصویر I و \hat{I} ، و همچنین اعداد C_1 ، C_2 ، C_3 ثابت‌هایی کوچک و مثبت هستند که برای جلوگیری از ناپایداری محاسباتی، زمانی که مخرج کسر عدد کوچکی است به کار می‌روند. پارامترهای α ، β و γ برای وزن دهی هرتابع به کار می‌روند، و اغلب برای سادگی، این مقادیر را برابر یک در نظر می‌گیرند.

همان‌طور که در بخش بعدی شرح داده می‌شود، در فشرده‌سازی، علاوه بر میزان فشرده‌سازی، نیاز است کیفیت تصویر بازیابی شده نیز مطلوب باشد. از این‌رو مقدار نما در عمل‌گر توان باید طوری انتخاب شود که هم مقدار آنتروپی تصویر پیش‌پردازش شده کم و هم PSNR تصویر بازیابی شده مناسب باشد.

۴- ارزیابی عملکرد روش‌های فشرده‌سازی تصویر

همان‌طور که اشاره شد، عملکرد یک الگوریتم فشرده‌سازی براساس میزان حجم تصویر فشرده‌شده و کیفیت تصویر بازیابی شده سنجیده می‌شود. قابل ذکر است که کیفیت تصویر بازیابی شده، در الگوریتم‌های فشرده‌سازی بالاتラف مطرح است. میزان فشرده‌سازی، افزونگی نسبی ^۶ و عمق بیتی ^۷ تصویر سه معیار مهم در ارزیابی میزان فشرده‌سازی تصویر هستند. میزان فشرده‌سازی تصویر را می‌توان مطابق رابطه (۳) محاسبه کرد:

$$Cr = \frac{H_1}{H_2} \quad (3)$$

در این رابطه H_1 حجم تصویر اصلی و H_2 حجم تصویر فشرده‌شده را نشان می‌دهند. هر چه مقدار Cr از یک بزرگ‌تر باشد، بیان‌گر این است که فشرده‌سازی بیشتری بر روی تصویر انجام شده است. افزونگی نسبی داده نیز به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود:

$$Rd = 1 - \frac{1}{Cr} \quad (4)$$

در رابطه بالا، Rd عددی در بازه $(0, 1]$ خواهد بود، هر چه مقدار آن به یک نزدیک‌تر باشد، بیان‌گر این است که فشرده‌سازی بیشتری بر روی تصویر انجام شده است. عمق بیتی تصویر از هر پیکسل از تصویر، معیار دیگری برای ارزیابی میزان فشرده‌سازی تصویر است. عمق بیتی برای تصویر خاکستری در محدوده $[0, 8]$ است. هرچه مقدار این معیار کمتر باشد، بیان‌گر فشرده‌سازی بیشتر تصویر است. عمق بیتی تصویر را می‌توان مطابق رابطه (۵) محاسبه کرد:

$$bpp = \frac{H}{M \times N} \quad (5)$$

در این رابطه، H حجم تصویر فشرده‌شده بر حسب بیت، M و N اندازه سطر و ستون تصویر هستند. همان‌طور که اشاره شد، در الگوریتم‌های فشرده‌سازی بالاتラف نیاز به بررسی کیفیت تصویر بازیابی شده است.

¹ Relative Redundancy

² Bit depth

۵- فشرده‌سازی JPEG

بر روی استاندارد فشرده‌سازی JPEG کارهای زیادی انجام شده است که چهار روش فشرده‌سازی متداول از این استاندارد JPEG، JPEG-LS، Lossless JPEG و JPEG-LS ۲۰۰۰ هستند. JPEG و JPEG-LS دو روش Lossless هستند. فشرده‌سازی بدون اتلاف هستند که از کدگذار پیش‌گو استفاده می‌کنند. در کدگذار پیش‌گو مقدار هر پیکسل از

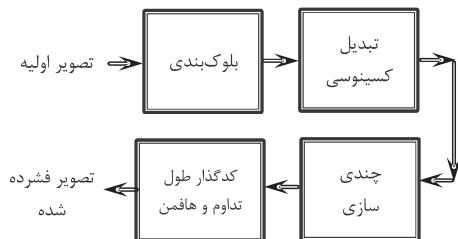
³ Mean Square Error

⁴ Structural Similarity Index Measure

⁵ Test

سال ۱۳۹۵ شماره ۲ پیاپی ۲۸

بیان گر این است که اغلب، ضرایب فرکانس بالای تصویر در چندی‌سازی حذف می‌شوند.



شکل - ۶: نمودار جریانی فشرده‌سازی JPEG

(جدول - ۱): جدول چندی‌سازی در JPEG

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

JPEG مشابه بسیاری از روش‌های فشرده‌سازی تصویر برای فشرده‌سازی تصاویر رنگی از مدل رنگ YCbCr استفاده می‌کند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۵). بدین منظور، تبدیل به فضای رنگی YCbCr به عنوان یک مرحله پیش‌پردازش در فشرده‌سازی JPEG انجام و به این ترتیب اطلاعات مربوط به شدت روشنایی (Y) از اطلاعات رنگی تصویر (Cb و Cr) جدا می‌شود. از آنجایی که دستگاه بینایی انسان به مؤلفه رنگ، حساسیت کمتری دارد، می‌توان هریک از دو مؤلفه رنگ را با نرخ $\frac{1}{4}$ نمونه‌برداری و سپس این دو

مؤلفه و مؤلفه روشنایی را با الگوریتم JPEG فشرده کرد. عمل چندی‌سازی به کمک رابطه (۹) انجام می‌گیرد:

$$\hat{D}(u, v) = \text{round} \left(\frac{D(u, v)}{Q(u, v)} \right) \quad (9)$$

در این رابطه $D(u, v)$ تبدیل کسینوسی تصویر و $Q(u, v)$ گام چندی‌سازی برای هر مؤلفه کسینوسی را مشخص می‌کند. با تغییر ضرایب چندی‌سازی می‌توان بین مقدار فشرده‌گی تصویر و کیفیت آن تعادلی بقرار کرد. JPEG مطابق رابطه (۱۰)، با ضرب مقدار ثابتی (α) در ماتریس چندی‌سازی مطرح شده، جدول چندی‌سازی جدیدی (NewQ) را برای نرخ فشرده‌سازی مورد نظر ایجاد می‌کند.

$$\text{NewQ} = \alpha Q(u, v) \quad (10)$$

برای این کار، پارامتری به نام کیفیت (quality) تعريف شده که بیان گر میزان نزدیکی کیفیت تصویر

تصویر براساس پیکسل‌های همسایه آن پیش‌گویی می‌شود؛ سپس تفاضل مقدار واقعی پیکسل از مقدار پیش‌گویی شده به عنوان مقدار خطا برای آن پیکسل در نظر گرفته می‌شود، و این مقادیر (که تصویر خطا نیز نامیده می‌شوند) توسط کدگذار آنتروپی کد می‌شوند (لستری، ۲۰۰۵). اگر کدگذار پیش‌گو بتواند مقدار به نسبه دقیقی برای هر پیکسل پیش‌گویی نماید، تصویر حاصل از مقادیر خطا حاوی مقادیری آندک و معدهود است که آنتروپی این تصویر بسیار کمتر از آنتروپی تصویر اولیه است. از این‌رو کدگذار آنتروپی با میزان فشرده‌سازی بیشتری می‌تواند این تصویر خطا را کد کند. بر این اساس روش‌های کدگذار پیش‌گوی متعددی ارائه شده‌اند تا بتوانند مقدار دقیق‌تری را برای هر پیکسل از تصویر پیش‌گویی کنند.

به طور کلی کدگذار پیش‌گو را به دو دسته کلی سراسری و وفقی می‌توان تقسیم‌بندی کرد. در کدگذار پیش‌گوی سراسری، بدون درنظر گرفتن نوع ناحیه‌ای که به عنوان مثال نوع بافت یا لبه (به عنوان مثال نوع بافت یا لبه) است. کدگذار پیش‌گوی وفقی، ابتدا نوع هر پیکسل را بررسی می‌کند؛ سپس براساس نوع آن پیکسل، مقداری را برای آن پیش‌گویی می‌کند. از این‌رو اغلب پیش‌گویی دقیق‌تری برای نواحی لبه و بافت مترافق تصویر انجام می‌دهد. JPEG-LS از کدگذار پیش‌گوی وفقی استفاده می‌کند.

JPEG در سال ۱۹۹۲ به عنوان نخستین استاندارد فشرده‌سازی تصویر رقم خورد و هم‌اکنون نیز به عنوان یکی از کارآمدترین روش‌های فشرده‌سازی تصویر به حساب می‌آید. نمودار جریانی روش فشرده‌سازی JPEG در شکل (۶) نشان داده شده است. در ادامه نیز مراحل فشرده‌سازی JPEG به اختصار شرح داده می‌شود.

در JPEG، هر تصویر به بلوک‌های ثابت 8×8 تقسیم و تبدیل کسینوسی بر روی هر یک از بلوک‌ها اعمال می‌شود. پس از اعمال تبدیل کسینوسی بر روی بلوک‌های 8×8 ، برای به دست آمدن بهره فشرده‌سازی بالاتر، نتایج چندی‌سازی می‌شوند. جدول چندی‌سازی در JPEG برای تصاویر خاکستری در جدول (۱) نشان داده شده است.

همان‌طور که در این جدول مشخص است، ضرایب چندی‌سازی برای فرکانس‌های پایین، اعداد کوچک و برای فرکانس‌های بالا، اعداد بزرگی هستند. در واقع این جدول

۶- روش پیشنهادی

نمودار جریانی روش پیشنهادی در شکل (۷) نشان داده شده است. در ادامه روش پیشنهادی به تفصیل شرح داده می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، واضح پایین تصویر یک عامل مؤثر در بهبود عملکرد JPEG است. در این مقاله پیش‌پردازشی با استفاده از عمل‌گر توان بر روی تصویر انجام می‌شود تا این امر مهم در تصویر تقویت شود. وقتی وضوح تصویر با اعمال عمل‌گر توان کاهش می‌یابد، ضرایب فرکانس بالای تبدیل کسینوسی آن تصویر تضعیف می‌شوند. از آنجایی که در مرحله چندی‌سازی، اغلب فرکانس‌های بالای تصویر حذف می‌شوند، با پیش‌پردازشی که بر روی تصویر انجام داده‌ایم، اطلاعات کم اهمیت‌تر از تصویر حذف می‌شوند. 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 می‌گردد، 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 نمی‌کند. بررسی‌های انجام‌شده بر روی چندین تصویر مختلف، نشان می‌دهد که عدد بهینه نما برای عمل‌گر توان در این محدوده است، 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 که با اعمال JPEG به هر یک از این تصاویر پیش‌پردازش شده، میزان فشرده‌سازی هریک را می‌توان محاسبه کرد. برای بازیابی تصویر، ابتدا هریک از این تصاویر کدگشایی می‌شوند؛ سپس معکوس مقدار نما با عمل‌گر توان (رابطه (۲)) به هریک از تصاویر حاصل اعمال می‌شود. برای تعیین میزان نزدیکی هریک از این تصاویر بازیابی شده با تصویر اولیه، PSNR آنها محاسبه می‌شود. همچنین برای مقایسه تاثیر پیش‌پردازش مذکور بر عملکرد JPEG نیاز است که میزان فشرده‌سازی تصویر فشرده‌شده و کیفیت تصویر بازیابی شده با JPEG برای تصویر PSNR پیش‌پردازش نشده نیز محاسبه شود. با مقایسه مقدار حاصل از JPEG (برای تصویر پیش‌پردازش نشده) با مقادیر PSNR مربوط به تصویر پیش‌پردازش شده و همچنین مقایسه میزان فشرده‌سازی حاصل از JPEG (برای تصویر پیش‌پردازش نشده) با مقادیر میزان فشرده‌سازی مربوط به تصویر پیش‌پردازش شده، می‌توان مقادیر نمای نامزد را انتخاب کرد. مقادیر نمای نامزد، مقادیری هستند که با اعمال آن‌ها به تصویر، تصویر پیش‌پردازش شده‌ای

بازیابی شده به تصویر اصلی است. مقدار این پارامتر در محدوده یک تا صد است. هر چه مقدار این پارامتر بیشتر باشد، کیفیت تصویر بازیابی شده به تصویر اصلی نزدیک‌تر است و فشرده‌سازی کمتری نیز انجام می‌شود. با توجه به مقدار این پارامتر، مطابق رابطه (۱۱) مقدار پارامتر α تعیین می‌شود:

$$\alpha = \begin{cases} \frac{50}{quality} & \text{if } 1 \leq quality \leq 50 \\ 2 - \frac{2 \times quality}{100} & \text{if } 50 < quality \leq 100 \end{cases} \quad (11)$$

از این‌رو با توجه به رابطه بالا، بهارای میزان فشرده‌سازی زیاد (کیفیت پایین)، مقدار α عددی بزرگ و بهارای میزان فشرده‌سازی کم (کیفیت بالا)، مقدار α عدد کوچکی به دست می‌آید. درواقع، با تغییر ضرایب چندی‌سازی می‌توان بین مقدار فشرده‌گی تصویر و کیفیت آن تعادلی برقرار کرد. JPEG بهارای میزان فشرده‌سازی زیاد منجر به اثر بلوکی بر روی تصویر می‌شود. از این‌رو به دلیل اثر بلوکی به وجود آمده، می‌توان گفت JPEG برای میزان فشرده‌سازی بالا، کارآیی مطلوبی ندارد؛ ولی بهارای میزان فشرده‌سازی کم و متوسط، JPEG بهترین استاندارد فشرده‌سازی محسوب می‌شود؛ زیرا پیچیدگی محاسباتی و پیاده‌سازی سخت‌افزاری JPEG ساده است (بروکستین و همکاران، ۲۰۰۳) در مرحله آخر، ضرایب چندی‌سازی شده تبدیل کسینوسی با کدگذار طول تداوم و هافمن کد می‌شوند.

JPEG 2000، فرآیندی مشابه با JPEG برای فشرده‌سازی تصویر انجام می‌دهد، با این تفاوت که به جای تبدیل کسینوسی بر روی هر بلوک 8×8 از تصویر، از تبدیل موجک^۱ بر روی کل تصویر استفاده می‌کند. از این‌و اثر بلوکی در تصاویر فشرده‌شده با JPEG 2000 وجود ندارد؛ البته اگر اندازه تصویر بسیار بزرگ باشد، تصویر به چند ناحیه غیرهمپوشان تقسیم می‌شود و هر ناحیه به صورت مجزا کد می‌شود. از این‌رو بهارای میزان فشرده‌سازی زیاد، JPEG 2000 هم برای تصاویر بزرگ منجر به اثر بلوکی می‌شود.

علی‌رغم قابلیت‌های زیادی که در JPEG 2000 وجود دارد، این استاندارد هنوز نتوانست در بازارهای تجاری مورد استفاده قرار گیرد؛ زیرا با توجه به افزایش روزافزون وضوح دوربین‌های دیجیتال، اندازه تصویر بزرگ شده و اگر بخواهیم این تصویر را با JPEG 2000 فشرده کنیم به حافظه بزرگ و محاسبات بسیار زیادی نیاز است (یانگ و همکاران، ۲۰۱۳).

^۱ Wavelet transform

به دست می آید که عملکرد JPEG را بهبود می بخشد. یعنی مقادیر نمای نامزد سبب می شوند که میزان فشرده سازی تصویر پیش پردازش شده بیشتر از میزان فشرده سازی تصویر پیش پردازش شده، و مقدار PSNR تصویر پیش پردازش شده نیز بیشتر یا مساوی با PSNR تصویر پیش پردازش شده شود. تصاویر پیش پردازش شده با مقادیر نمای نامزد به عنوان تصاویر نامزد در نظر گرفته می شوند.

برای انتخاب بهترین تصویر پیش پردازش شده از میان این تصاویر نامزد، تصویر با بیشترین مقدار میزان فشرده سازی انتخاب می شود. همان طور که اشاره شد، وقتی وضوح تصویر با اعمال عمل گر توان به آن کاهش یابد، ضرایب فرکانس بالای تبدیل کسینوسی این تصویر پیش پردازش شده مقدار کوچکی پیدا می کنند. از این رو با اعمال چندی سازی به ضرایب تبدیل کسینوسی تصویر پیش پردازش شده، تعداد زیادی از ضرایب فرکانس بالا صفر می شوند که این ضرایب حاوی اطلاعات اندکی هستند. از این رو به خاطر این که خطای محاسبات هم در عمل گر توان ناچیز است، این پیش پردازش قادر است. عملکرد JPEG را از هر دو مقوله PSNR و میزان فشرده سازی بهبود بخشد. درواقع، در مرحله بازیابی تصویر، با اعمال عمل گر توان با معکوس مقدار نما (راطیه ۲) به تصویر کدگشایی شده، وضوح اولیه تصویر تا حد زیادی احصا می شود.

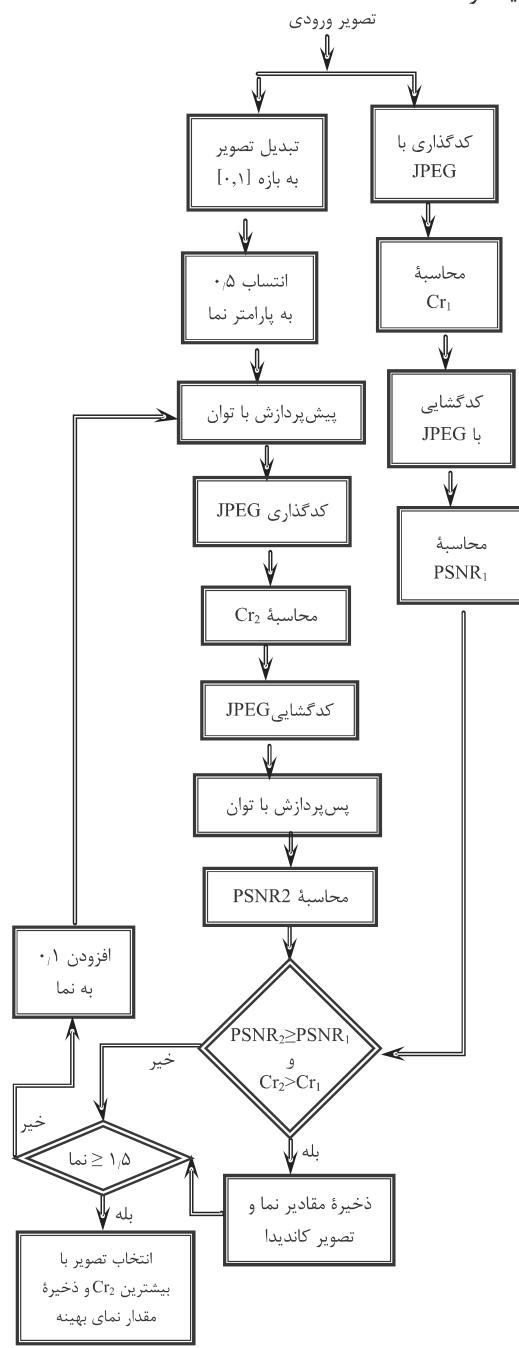
شکل (۸) نمونه ای از نتیجه الگوریتم پیشنهادی را ارائه می دهد. شکل (۸) (الف) یک تصویر مرجع در اندازه 512×512 ، و شکل (۸) (ب) نسخه فشرده شده آن را با JPEG نمایش می دهد. JPEG توانست با میزان فشرده سازی ۱۵٪، حجم تصویر را کاهش دهد و PSNR تصویر حاصل نیز $29/15$ db به دست آمد. نقش پیش پردازش مطرح شده در بهبود عملکرد JPEG بر روی این تصویر در نمودارهای (۸) (ث) و (ج) نشان داده شده است. با توجه به نمودار (۸) (ث) مشخص است که هریک از ده مقدار نمای اعمال شده به تصویر، میزان فشرده سازی JPEG را بهبود می دهند، یعنی میزان فشرده سازی هریک از این تصاویر پیش پردازش شده بیشتر از تصویر پیش پردازش شده هستند. نمودار (۸) (ج) PSNR هریک از این ده تصویر پیش پردازش شده را نشان می دهد. قابل ذکر است برای محاسبه PSNR، معکوس مقدار نما مطابق رابطه (۲) به تصویر پیش پردازش شده متناظر اعمال می شود. با توجه به این نمودار مشخص است که تصاویر پیش پردازش شده به از مقادیر نمای ۰٪ تا ۱۵٪ PSNR بیشتری نسبت به تصاویر پیش پردازش شده دارند. همان طور که اشاره شد، برای مقایسه تأثیر پیش پردازش پیشنهادی بر عملکرد JPEG باید دو مقوله کیفیت تصویر بازیابی شده و میزان فشرده سازی با هم لحاظ شوند. از این رو،

JPEG توانست به ازای مقادیر نمای ۰٪ تا ۱۵٪ میزان فشرده سازی تصاویر پیش پردازش شده را نسبت به تصویر پیش پردازش نشده افزایش دهد، ضمن این که PSNR تصاویر پیش پردازش شده نیز بزرگتر یا مساوی با تصویر پیش پردازش نشده هستند. هریک از این مقادیر نما، به عنوان یک مقدار نمای نامزد در نظر گرفته می شود. از این نمای نامزد، تصویری برای پیش پردازش بهترین است که منجر به درصد فشرده سازی بیشتری شود. از این رو مقدار نمای ۰٪ تا ۱۵٪ برای پیش پردازش این تصویر انتخاب می شود.

تصویر (۸) (پ) تصویر پیش پردازش ایجاد شده را با اعمال مقدار نمای ۰٪ نشان می دهد. حجم این تصویر پیش پردازش شده پس از فشرده سازی با JPEG، ۴۰/۱ کیلو گیگ باشد. سرانجام برای بازیابی تصویر، معکوس این مقدار نما $(1/0.7)$ به تصویر پیش پردازش شده اعمال می شود شکل (۸-ت). درواقع پیش پردازش مذکور توانست به ازای JPEG بزرگتر مساوی با میزان فشرده سازی PSNR را حدود ۱۹ درصد بر روی این تصویر افزایش دهد.

شکل (۹) مثالی عددی از تأثیر پیش پردازش عمل گر توان را بر عملکرد JPEG بر روی یک بلوک 8×8 از تصویر نشان می دهد. ابتدا طبق مراحل JPEG، تبدیل کسینوسی بر روی ماتریس (الف) اعمال و ضرایب حاصل بریک ماتریس چندی سازی ثابت تقسیم می شود. شکل (۹) (ب) ضرایب چندی سازی شده حاصل را نشان می دهد. همان طور که در این بلوک مشاهده می شود، هشت مقدار غیر صفر در این ضرایب وجود دارد. برای بازیابی تصویر نیز، پس از معکوس چندی سازی و معکوس این بلوک کسینوسی از ماتریس (ب)، ماتریس (پ) به دست می آید. نزدیکی ماتریس حاصل با ماتریس (الف) با معیار PSNR محاسبه شد و مقدار $36/43$ db به دست آمد. حال تأثیر پیش پردازش پیشنهادی بر روی این ماتریس برسی می شود. شکل (۹) (ت)، نتیجه اعمال پیش پردازش عمل گر توان را با مقدار نمای ۰٪ بر روی ماتریس (الف) نشان می دهد؛ سپس تبدیل کسینوسی بر این بلوک پیش پردازش شده اعمال، و این ضرایب بر یک ماتریس چندی سازی (همان ماتریس چندی سازی اعمال شده به بلوک (ب)) تقسیم می شود. ماتریس (ث)، ضرایب چندی سازی شده تبدیل کسینوسی بلوک پیش پردازش شده را نشان می دهد. همان طور که از این ضرایب مشخص است، شش مقدار غیر صفر در این ضرایب وجود دارند. با مقایسه این ضرایب با بلوک (ب) مشخص است که ضرایب بیشتری از تبدیل کسینوسی بلوک پیش پردازش شده صفر شدنند. از این رو این ضرایب با میزان بیشتری نسبت به ماتریس (ب) فشرده می شوند. برای بازیابی ماتریس (ث)، معکوس چندی سازی، معکوس تبدیل کسینوسی و معکوس مقدار نما بر آن اعمال می شود. شکل (۹) (ج)، بلوک حاصل را نشان می دهد. همان طور که از ماتریس حاصل مشخص است، PSNR این بلوک با بلوک (الف) مقدار $36/50$ db به دست آمد. درواقع این مثال نشان می دهد، پیش پردازش توان سبب شده تا تعداد بیشتری از ضرایب تبدیل

(باب و همکاران، ۲۰۰۳) نیز انجام شده که نتایج آن در جدول (۳) درج شده است. این نتایج نشان می‌دهد که روش پیشنهادی بهتر از روش‌های مطرح شده توانست میزان فشرده‌سازی JPEG را بهبود بخشد. قابل ذکر است که علی‌رغم کارآیی نقش پیش‌پردازش در عملکرد الگوریتم‌های فشرده‌سازی، این موضوع برای روش‌های فشرده‌سازی بالاتلف کمتر مورد توجه قرار گرفته است و مقالات جدیدی در این زمینه ارائه نشده‌اند.



(شکل-۷): نمودار جریانی روش پیشنهادی.

کسینوسی نسبت به ضرایب تبدیل کسینوسی بلوك پیش‌پردازش نشده صفر شوند؛ در حالی که کیفیت تصویر بازیابی شده نیز براساس معیار PSNR بهتر از تصویر پیش‌پردازش نشده است.

مراحل الگوریتم پیشنهادی در زیر بهطور خلاصه بیان شده است:

۱- اعمال روش فشرده‌سازی JPEG به تصویر اولیه (پیش‌پردازش نشده) و محاسبه میزان فشرده‌سازی تصویر

فسرده‌شده و PSNR تصویر حاصل

۲- تبدیل تصویر اولیه به بازه حقیقی بین [۰,۱]

۳- مقداردهی اولیه به پارامتر نما

۴- اعمال پیش‌پردازش توان (با مقدار نمای مرحله قبل) به تصویر اولیه

۵- اعمال کدگذار JPEG به تصویر پیش‌پردازش شده و محاسبه میزان فشرده‌سازی تصویر فشرده شده

۶- کدگشایی JPEG و اعمال معکوس مقدار نما به تصویر کدگشایی شده و محاسبه PSNR تصویر بازیابی شده (برای محاسبه PSNR از این تصویر حاصل و تصویر اولیه استفاده می‌شود)

۷- اگر PSNR حاصل از تصویر بازیابی شده با عمل گر توان از PSNR تصویر پیش‌پردازش نشده (تصویر مرحله یک) بیشتر یا مساوی و میزان فشرده‌سازی تصویر پیش‌پردازش شده از میزان فشرده‌سازی تصویر پیش‌پردازش نشده بیشتر باشد، این مقدار نما به عنوان یک مقدار نمای نامزد و تصویر متناظر با آن به عنوان یک تصویر نامزد در نظر گرفته می‌شوند.

۸- افزودن مقدار ۰.۱ به پارامتر نما

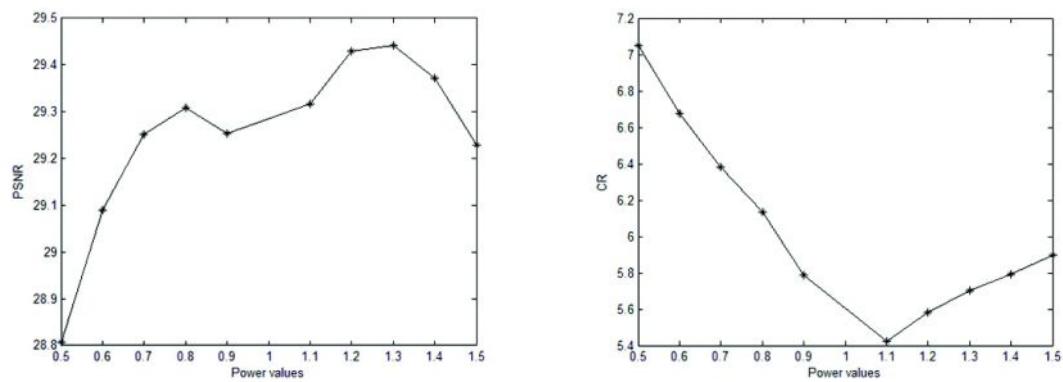
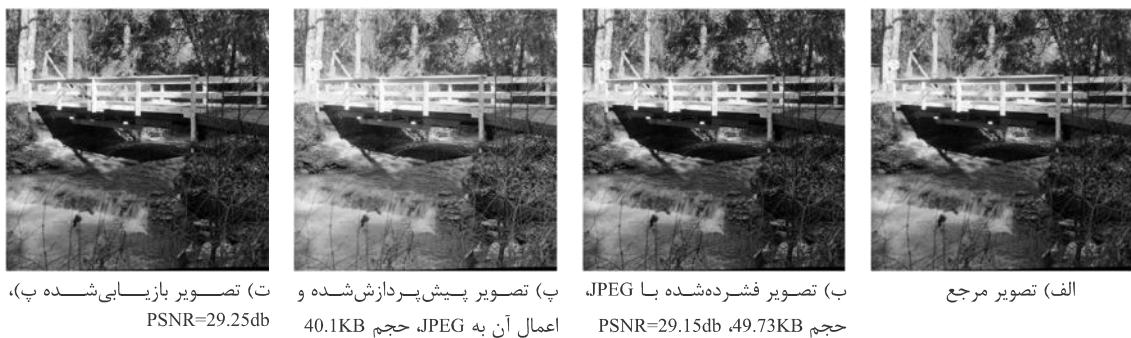
۹- تا زمانی که مقدار نما به عدد ۱/۵ نرسیده باشد به مرحله چهار برمی‌گردیم.

۱۰- انتخاب تصویر پیش‌پردازش شده با بیشترین مقدار میزان فشرده‌سازی از میان تصاویر کاندیدا

۱۱- ذخیره مقدار نمای بهینه برای بازیابی تصویر

۷- نتایج تجربی

در این مقاله روش پیش‌پردازش شبیه‌بهی اتفاقی برای بهبود عملکرد JPEG بر روی تصاویر طبیعی ارائه شده است. جدول (۲) نقش پیش‌پردازش مطرح شده را بر روی عملکرد JPEG به‌ازای ده تصویر استاندارد در اندازه 512×512 نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشخص است، پیش‌پردازش پیشنهادی توانست میزان فشرده‌سازی JPEG را تا حد زیادی افزایش دهد. مقایسه‌ای بین روش پیشنهادی و روش‌های پیش‌پردازش مطرح شده در مراجع (نصر-اصفهانی و همکاران، ۲۰۰۸)، (نصر-اصفهانی و همکاران، ۲۰۰۷) و



ث) نمودار میزان فشردهسازی تصاویر پیش پردازش شده به ازای ده مقدار نما

(ج) نمودار PSNR تصاویر پیش پردازش شده به ازای ده مقدار نما

(د) نمونه ای از خروجی الگوریتم پیشنهادی.

135 136 137 138 140 141 142 143	60 0 0 0 0 0 0 0	140 136 137 142 141 134 130 132
136 136 135 135 134 133 132 132	6 1 0 0 0 0 0 0	137 133 134 136 134 129 129 133
147 146 144 141 138 135 133 132	-1 -1 0 0 0 0 0 0	145 143 143 141 137 133 135 140
144 143 141 139 137 134 132 132	-1 -1 0 0 0 0 0 0	142 143 144 140 134 130 131 134
122 122 122 122 122 122 122 122	0 0 0 0 0 0 0 0	119 123 126 125 121 119 118 118
113 113 115 116 118 120 121 122	1 0 0 0 0 0 0 0	107 112 116 117 120 122 120 116
114 115 116 118 120 122 123 124	0 0 0 0 0 0 0 0	113 115 115 115 121 128 126 119
109 109 110 111 112 113 114 114	0 0 0 0 0 0 0 0	115 114 109 106 113 120 118 109
پ) بلوک بازیابی شده (ب)، PSNR=36.43db	ب) ضرایب تبدیل کسینوسی	الف) بلوک ۸×۸ از یک تصویر
	چندی سازی شده (الف)	چندی سازی شده (الف)

140 139 138 137 135 133 132 132	79 0 0 0 0 0 0 0	178 175 176 179 179 173 170 172
134 133 133 131 130 129 128 127	4 1 0 0 0 0 0 0	176 173 173 175 173 169 169 173
142 141 141 140 139 138 137 137	-1 0 0 0 0 0 0 0	182 180 180 179 176 173 174 178
140 140 140 139 139 139 138 138	-1 0 0 0 0 0 0 0	179 180 181 178 173 170 171 173
121 121 121 121 122 122 122 122	0 0 0 0 0 0 0 0	161 165 167 166 163 161 161 161
115 116 116 117 118 119 119 120	1 0 0 0 0 0 0 0	151 156 159 160 162 164 162 159
118 118 119 120 122 123 124 124	0 0 0 0 0 0 0 0	156 158 158 158 163 169 167 161
109 109 110 112 113 115 116 116	0 0 0 0 0 0 0 0	158 157 153 151 156 162 161 153
ج) بلوک بازیابی شده (ث)، PSNR=36.50db	ث) ضرایب تبدیل کسینوسی	ت) بلوک (الف) پیش پردازش شده با مقدار نمای
	چندی سازی شده (ث)	0/6

(شکل-۹): مثال عددی از تاثیر پیش پردازش پیشنهادی بر روی عملکرد JPEG Barbara

فصل نهم



(جدول - ۲): تاثیر پیش‌پردازش پیشنهادی بر روی عملکرد JPEG بهمازی ده تصویر استاندارد.

نام تصویر	میزان فشردهسازی JPEG	میزان PSNR حاصل از JPEG	میزان فشردهسازی روش پیشنهادی	PSNR روش پیشنهادی	درصد میزان بهبود فشردهسازی JPEG
Baboon	۵,۸۸	۳۳,۸۴	۶,۵۴	۳۳,۸۵	%۱۰,۰۵
Pirate	۷,۵۶	۳۳,۳۶	۹,۵۴	۳۳,۴۰	%۲۰,۸۱
Pepper	۷,۱۳	۳۳,۳۲	۸,۴۱	۳۳,۴۲	%۱۵,۱۵
Einstein	۱۰,۰۲	۳۷,۴۵	۱۱,۷۳	۳۷,۴۶	%۱۴,۵۸
Boat	۷,۷۶	۳۳,۹۲	۱۰,۰۳	۳۳,۹۶	%۲۲,۶۵
Zelda	۱۲,۰۸	۳۹,۰۱	۱۴,۷۰	۳۹,۲۴	%۱۷,۸۲
House	۱۶,۵۹	۴۲,۵۴	۱۷,۸۵	۴۲,۵۷	%۷,۰۸
Woman with black hair	۱۴,۴۹	۴۰,۹۰	۱۶,۷۴	۴۰,۹۵	%۱۳,۴۵
Woman with blond hair	۷,۹۵	۳۳,۱۰	۱۰,۴۶	۳۳,۱۶	%۲۴,۰۱
Couple	۷,۳۷	۳۳,۴۸	۹,۴۳	۳۳,۵۰	%۲۱,۷۸

و کدگذار روش پیشنهادی بیشتر از کدگذار JPEG است. همچنین مجموع زمان محاسبات پس‌پردازش و کدگشا در روش پیشنهادی به زمان کدگشا در JPEG نزدیک است. قابل ذکر است، در کاربردهایی مانند سامانه‌های بایگانی داده، که فرآیند فشردهسازی به عنوان یک کار پس‌زمینه محسوب می‌شود، اتلاف زمانی فرآیند کدگذار قابل تحمل است؛ ولی سریع‌بودن زمان کدگشا اهمیت بالایی دارد.

قابل ذکر است، هدف نویسنده‌گان، مطرح کردن ایده تاثیرگذاری عمل گر توان بر روی میزان فشردهسازی JPEG است. این عمل گر، علی‌رغم سادگی، نرخ فشردهسازی JPEG محبوب‌ترین استاندارد فشردهسازی تصویر، را تا حد زیادی بهبود می‌بخشد. البته، نویسنده‌گان در حال حاضر، دنبال روشی هستند که مقدار نمای مناسب در عمل گر توان را با محاسبات کمتری به دست آورندند.

۸- نتیجه‌گیری

تاکنون الگوریتم‌های مختلفی برای فشردهسازی تصویر ارائه شده‌اند که هریک از این الگوریتم‌ها به پارامترهای خاصی وابسته هستند. اگر پیش‌پردازشی بر روی تصویر انجام شود تا این پارامترهای مؤثر در تصویر تقویت شوند، عملکرد الگوریتم‌های فشردهسازی بهبود می‌یابند. در این مقاله، یک روش پیش‌پردازش مناسب با استفاده از عمل گر توان برای افزایش میزان فشردهسازی JPEG ارائه شده است. نتایج

روش پیشنهادی را بر روی تصاویر رنگی نیز می‌توان اعمال کرد. برای این کار، مقدار نمای مناسب در مدل رنگ HSV تعیین می‌شود. این مدل رنگ منطبق با دستگاه بینایی انسان است و در آن، مؤلفه‌های رنگ از روش‌نایی جدا شده‌اند. برای تغییر وضوح تصویر رنگی، عمل گر توان تنها بر مؤلفه روش‌نایی اعمال (حسن‌پور، اسدی امیری، ۲۰۱۲؛ حسن‌پور، اسدی امیری، ۲۰۱۱) می‌شود؛ سپس تصویر پیش‌پردازش شده حاصل با JPEG فشرده می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، JPEG برای فشردهسازی تصویر رنگی از مدل رنگ YCbCr استفاده می‌کند. شکل (۱۰) نمونه‌ای از نتیجه پیش‌پردازش پیشنهادی بر روی یک تصویر رنگی را نشان می‌دهد. مقدار نمای مناسب برای پیش‌پردازش این تصویر، مقدار ۰,۸ به دست آمد. همان‌طور که از نتایج مشخص است، بهای ایک مقدار مساوی، پیش‌پردازش پیشنهادی حدود ۱۷ درصد میزان فشردهسازی JPEG را بهبود بخشیده است.

جدول (۴) روش پیشنهادی را از نظر میانگین زمانی با روشن JPEG بر روی چند تصویر در سه اندازه ۲۵۶×۲۵۶، ۵۱۲×۵۱۲ و ۱۰۲۴×۱۰۲۴ مقایسه می‌کند. هر دو روش به کمک کامپیوتر پنتیوم با پردازنده ۲/۶ مگاهرتز دو هسته‌ای و RAM چهار گیگا بایت با نرم‌افزار Matlab ۲۰۱۳ اجرا شده‌اند. همان‌طور که مشخص است، مجموع زمان محاسبات پیش‌پردازش

^۱ Hue Saturation Value

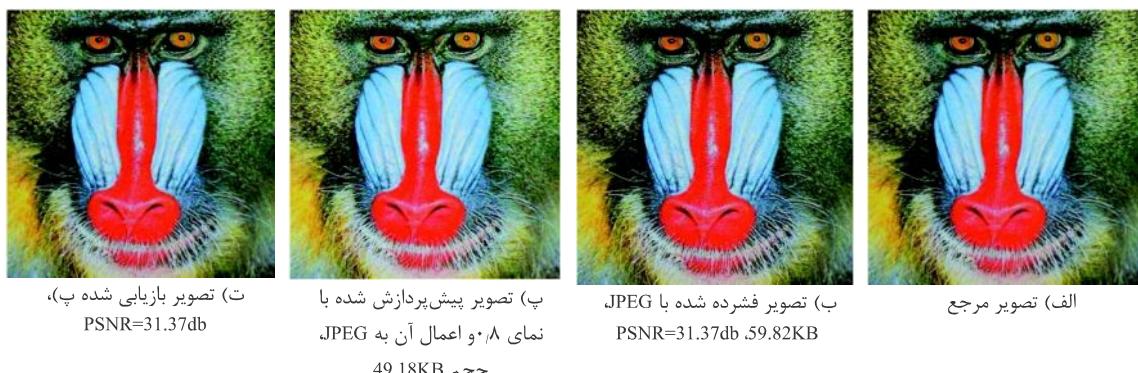


به طور میانگین ۱۷ درصد بهبود بخشیده و نتایج آن بهتر از روش‌های پیش‌پردازش موجود است.

به دست آمده نشان داد که الگوریتم مطرح شده در این مقاله، میزان فشردهسازی JPEG را بر روی تصاویر طبیعی مختلف

(جدول - ۳): تاثیر پیش‌پردازش پیشنهادی بر روی عملکرد JPEG و مقایسه نتایج با روش‌های (نصر-اصفهانی و همکاران، ۲۰۰۸)، (نصر-اصفهانی و همکاران، ۲۰۰۷) و (یاپ و همکاران، ۲۰۰۳).

	JPEG		روش پیشنهادی		مرجع (نصر-اصفهانی و همکاران، ۲۰۰۸)		مرجع (نصر-اصفهانی و همکاران، ۲۰۰۷)		مرجع (یاپ و همکاران، ۲۰۰۳)	
نام تصویر	میزان فشردهسازی	PSNR	میزان فشردهسازی	PSNR	میزان فشردهسازی	PSNR	میزان فشردهسازی	PSNR	میزان فشردهسازی	PSNR
Lena	۹,۲۴	۳۷,۲۲	۱۰,۹۶	۳۷,۲۶	۶,۷۸	۳۶,۷۴	۳,۷۲	۳۶,۷	۹,۲۴	۳۷,۰۲
Barbara	۶,۲۹	۳۸,۰۲	۶,۳۰	۳۸,۰۷	۵,۱۰	۳۶,۷۳	۳,۸۶	۳۶,۶۴	۶,۲۰	۳۷,۸۱



(شکل - ۱۰): نمونه‌ای از تاثیر پیش‌پردازش پیشنهادی بر روی تصویر رنگی (میزان بهبود ۱۷/۷۸ نرخ فشردهسازی JPEG).

techniques", International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS), Vol. 7, No. 4, pp. 281-291, 2007.

Asadi Amiri, S., Moudi, E., "Image quality enhancement in digital panoramic radiograph," Journal of AI and Data Mining, Vol. 2, No. 1, pp. 1-6, 2014.

Bruckstein, A. M., Elad, M., Kimmel, R., "Down-Scaling for Better Transform Compression", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 12, No. 9, 2003.

Chang; I. H., Chang; P. Ch., Liu, T. Sh.", Adaptive subsampling JPEG image coding", THPM, Vol, 15, No. 1, 1995.

Cover, T., Thomas, J., "Elements of Information Theory", Wiley and Sons, 1991.

Dabov, K., Foi, A., Katkovnik, V., Egiazarian, K., "Image denoising by sparse 3D transform-domain collaborative filtering", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 16, No. 8, pp. 2080-2095, 2007.

Ernawan, F., Azman Abu. N., Suryana, N., "Integrating a Smooth Psychovisual Threshold into an Adaptive JPEG Image Compression", Journal of Jomputers, Vol. 9, No. 3, 2014.

(جدول - ۴): مقایسه روش پیشنهادی با JPEG از نظر میانگین زمان محاسبات بر حسب ثانیه بر روی چند تصویر.

اندازه تصویر	JPEG		زمان روش پیشنهادی	
	بر حسب ثانیه	کدگذار	کدگذار و پیش‌پردازش	کدگذار و پیش‌پردازش
۲۵۶×۲۵۶	۰,۰۰۶	۰,۰۴۳	۰,۰۶۵	۰,۰۴۲
۵۱۲×۵۱۲	۰,۰۱۱	۰,۰۶۳	۰,۰۸۸	۱,۱۱
×	۰,۰۲۴	۰,۱۱۱	۰,۱۸۸	۲,۹۴
	۱,۰۲۴	۰,۰۳۰		

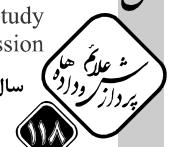
۹- مراجع

اسدی امیری، س.، حسن پور، ح.، "بهبود عملکرد کدگذار پیشگو با تغییر چیدمان تصویر به کمک الگوریتم ژنتیک"، مجله پردازش تصویر و بینایی ماشین، دوره ۲، شماره ۲، صفحات ۳۹-۴۹، ۱۳۹۴.

Al-laham , M., Emary, M. M., "Comparative study between various algorithms of data compression

سال ۱۳۹۵ شماره ۲ پیاپی ۲۸

فصل نهم



- Pinho, A. J., Neves, A., "Variable size block-based histogram packing for lossless coding of color-quantized images", Proceedings of the Fourth International conference Visualization, Imaging, And Image Processing, Spain, 2004.
- Routray, A. R., Adhikary, M. Ch., "An improved neural image compression approach with cluster based pre-processing", International Journal of Computer Science & Information Technology, Vol. 3, No. 6, pp. 183-194, 2011.
- Saravanan, C., Ponagalusamy, R., "Lossless gray-scale image compression using source symbols reduction and huffman coding", International Journal of Image Processing, Vol. 3, No. 5, pp. 246-251, 2011.
- Setia, V., Kumar, V. "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, 2012.
- Skodras, A., Christopoulos, C., Ebrahimi, T. "The JPEG 2000 still image compression standard," IEEE Signal Processing, Vol. 18, pp. 36–58, 2001.
- Wang, Z., Bovik, A. C., "Mean squared error: Love it or leave it? A new look at signal fidelity measures," Signal Processing, IEEE, Vol. 26; No. 1, pp. 98-117, 2009.
- Wang, Ch., Xie, S., Zhou, X., "Bayer Patterned Image Compression Based on Structure Conversion and APBT", International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering Vol. 10, No. 2, pp. 333-340, 2015.
- Wiseman, Y., "Enhancement of JPEG Compression for GPS Images," International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, Vol.10, No.7, pp. 255-264, 2015.
- Wu, J., Kong, W., Mielikainen, J., Huang, B., "Lossless Compression of Hyperspectral Imagery via Clustered Differential Pulse Code modulation with Removal of Local Spectral Outliers", IEEE Signal Processing Letters, Vol. 22, No. 12 ,pp. 2194-2198, 2015.
- Wu, X., "An algorithmic study on lossless image compression", Proceedings of the Conference on Data Compression, pp. 150-159, 1996.
- Yang, L., He, X., Zhang, G., Qing, L., Che, T., "A low complexity block-based adaptive lossless image compression", Optik, Vol. 124, pp. 6545-6552, 2013.
- Yang, L., He, X., Zhang, G., Qing, L., Che, T., "A low complexity block-based adaptive lossless image compression", Optik, Vol. 124, pp. 6545-6552, 2013.
- Yap, M. H., Bister, M., Tat Ewe, H., "Gaussian blurring-deblurring for improved image compression," 7th Digital Image Computing: Techniques and Applications, 2003.
- Gonzalez, R. C., Wood, R. E., "Digital image processing", Prentice Hall, 2001.
- Hassanpour, H., Asadi Amiri, S., "Image quality enhancement using pixel wise gamma correction via svm classifier," International Journal of Engineering, Vol. 24, No. 4, pp. 301-311, 2011.
- Hassanpour, H., Asadi Amiri, S., "A Preprocessing Approach For Image Analysis Using Gamma Correction", International Journal of Computer Applications, Vol. 38, No. 12, p.p. 38-46, 2012.
- Iwahashi, M., Kobayashi, H., Kiya, H., "Lossy compression of sparse histogram image," IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 1361-1364, 2012.
- Kim, S. J., Hwang, D. Y., Yoo, G. H., "A preprocessing algorithm for efficient lossless compression of gray scale images," IEEE International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), 2005.
- Kown, Y., Kim, K. I., Kim, J. H., Theobalt, C., "Efficient learning-based image enhancement: application to super-resolution and compression artifact removal", in The British Machine Vision Conference (BMVC), pp. 340-347, 2011.
- Lastri, C., Aiazzi, B., Alparone, L., Baronti, S., "Virtually Lossless Compression of Astrophysical Images", Journal on Applied Signal Processing, Vol. 15, pp. 2521-2535, 2005.
- Nasr-Esfahani, E., Samavi, S., Karimi, N., "Near lossless image compression by local packing of histogram," IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2008.
- Nasr-Esfahani, E., Samavi, S., Karimi, N. Shirani, S., "Near-lossless image compression based on maximization of runlength sequences", International Conference on Information Processing, pp. 177-180, 2007.
- Niraimathi, P., Sudhakara, M. S., Bhoopathy Bagan, K., "Efficient reordering algorithm for color palette image using adaptive particle swarm technique", Applied Soft Computing, Vol. 12, pp. 2199-2207, 2012.
- OwenZhao, X., HenryHe, Z., "Lossless Image Compression Using Super-Spatial Structure Prediction", IEEE Signal Processing Letters, Vol. 17, No. 4, pp. 383-386, 2010.
- Pinho, A. J., "Preprocessing techniques for improving the lossless compression of images with quasi-sparse and locally sparse histograms," IEEE International Conference on Multimedia & Expo (ICME), pp. 633-636, 2002.
- Pinho, A. J., Neves, A., "Block based histogram packing of color-quantized images," IEEE International Conference on Multimedia & Expo (ICME), pp. 341-344, 2003.



Yeh, Ch. H., Kang, L. W., Chiou, Y. W., Lin, Ch. W., Fan Jiang, Sh. J., "Self-learning-based post-processing for image/video deblocking via sparse representation", Journal of Visual Communication and Image Representation, Vol. 25, pp. 891-903, 2014.



حمید حسنپور در سال ۱۳۸۳

تحصیلات مقطع دکترای خود را در

مهندسی کامپیوتر گرایش پردازش

سیگنال در دانشگاه صنعتی

کوئیزلند استرالیا به اتمام رساند.

ایشان مدرک کارشناسی ارشد خود

را سال ۱۳۷۵ در گرایش هوش مصنوعی از دانشگاه صنعتی

امیرکبیر اخذ کرد و مدرک کارشناسی خود را در سال

۱۳۷۲ در مهندسی کامپیوتر گرایش سختافزار از دانشگاه

علم و صنعت ایران دریافت کرده است. ایشان در حال حاضر

استاد دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی شاهروд

هستند. زمینه های پژوهشی ایشان پردازش سیگنال، پردازش

تصویر و داده کاوی است.

نشانی ریاضامه ایشان عبارت است از:

h.hassanpour@shahroodut.ac.ir



سکینه اسدی امیری در سال

۱۳۸۹ تحصیلات کارشناسی ارشد

خود را در مهندسی کامپیوتر

گرایش هوش مصنوعی در دانشگاه

صنعتی شاهروд به اتمام رساند.

ایشان مدرک کارشناسی خود را

سال ۱۳۸۶ در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم افزار از

دانشگاه پیام نور بابل اخذ کرد. وی در حال حاضر دانشجوی

دکترای مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی در

دانشگاه صنعتی شاهروд است. زمینه های پژوهشی ایشان

پردازش تصویر و شبکه عصبی است.

نشانی ریاضامه ایشان عبارت است از:

asadi_amiri@yahoo.com

فصل نهم

سال ۱۳۹۵ شماره ۲ پیاپی ۲۸

