

فشرده‌سازی تصویر بر مبنای میانگین‌گیری چند گانه

مصطفی اوجاقلو^۱، محمودرضا صاحبی^{۲*}

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد سنجش از دور دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی
۲- استادیار دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، پژوهشکده سنجش از دور، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۸/۲۵

چکیده

امروزه فشرده‌سازی داده و بطور خاص فشرده‌سازی تصاویر عددی یکی از بحث‌های مهم در بسیاری از رشته‌های علوم محسوب می‌شود و متخصصین مختلف از شبکه‌های تلوویزیونی و وب سرویسها تا مهندسی پزشکی و سنجش از دور و GIS در پی یافتن تکنیک‌های مناسب جهت ماکزیمم فشرده‌سازی با حداقل اتلاف می‌باشند. بر این اساس الگوریتم‌های گوناگونی جهت اهداف و کاربردهای مشخصی ارائه شده است. در این مقاله پس از مروری کوتاه بر روشهای فشرده‌سازی موجک، تبدیل کسینوسی گسسته، KLT و روش تلفیقی بین تبدیل موجک و KLT یک روش فشرده‌سازی بر مبنای میانگین‌گیری چند گانه که با میانگین‌گیری با شروع‌های متفاوت از تصویر، حجم تصویر را تا یک چهارم کاهش می‌دهد و برای بازیابی تصویر نیز از تلفیق تصاویر میانگین‌گیری شده و سپس از مینیمم و ماکزیمم استفاده می‌نماید، ارائه شده است. سپس الگوریتم پیشنهادی بر روی چند تصویر از جمله یک تصویر ماهواره‌ای اجرا شده و نتایج نشان می‌دهد که با کیفیت قابل قبول به میزان ۲۵٪ حجم ذخیره‌سازی فایلها کاهش یافته است.

کلید واژه ها : فشرده‌سازی، میانگین‌گیری، تبدیل موجک، تبدیل کسینوسی گسسته

*نویسنده مسئول: محمودرضا صاحبی، آدرس: تهران تقاطع خیابان ولیعصر و میر داماد دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، پژوهشکده سنجش از دور کدپستی: ۱۹۹۶۷۱۵۴۳۳.

شماره تلفن ۰۲۱۸۸۸۸۸۴۴۵

۱- مقدمه

بسته به نوع کاربرد از هر دو این روشها استفاده می‌شود. مزیت روشهای با اتلاف داده این است که می‌توانند به نرخ فشرده‌سازی بالایی دست یابند، و مزیت روشهای بدون اتلاف داده این است که تصویر بازسازی شده با تصویر اصلی تفاوتی ندارد. در کل برای کاربردهای علمی روش‌های بدون اتلاف توصیه می‌شود، دلیل این موضوع بدست آوردن اطلاعات دقیق از تصاویر می‌باشد، و اگر تصویر اصلی دستخوش تغییر شده باشد اطلاعات بدست آمده از آن دارای اعتبار علمی نمی‌باشد، لازم به تذکر است که در کاربردهای سنجش از دور پزشکی و دیگر کاربردهای علمی دیگر نیز اگر مقصود ما تفسیر بدون در نظر گرفتن جزئیات دقیق تصاویر باشد مقدار کم تغییرات در تصویر اصلی نتایج بدست آمده را با مشکل جدی روبرو نخواهد کرد.

از طرفی هر کدام از فرمت‌های ذخیره‌سازی تصاویر به جز فرمت ذخیره‌سازی داده‌های خام، از یک روش فشرده‌سازی برای ذخیره‌سازی استفاده می‌کنند. فرمت‌های تصویری مانند BMP، TIF، GIF از روشهای بدون اتلاف داده استفاده می‌کنند. و فرمت‌های تصویری مانند JPEG، JPEG2000 از روشهای با اتلاف داده استفاده می‌کنند و فرمت تصویری با اتلاف داده می‌باشند [۳].

هدف این مقاله ارائه یک روش فشرده‌سازی است، که توانایی کاهش حجم تصویر تا یک چهارم تصویر اصلی با میانگین‌گیری چند گانه داشته باشد. منظور از میانگین‌گیری چند گانه تشکیل زیر تصویرهایی از تصویر اصلی است که هر کدام از میانگین‌گیری چهار پیکسل همسایه بدست آمده باشد. هر چند در این روش کاهش حجم قابل توجهی داریم لیکن مقداری از اطلاعات تصویر نیز از بین رفته و با اتلاف داده روبرو خواهیم بود.

امروزه با پیشرفت تکنولوژی‌های جدید همچون سنجش از دور^۱ و سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲ و همچنین نیاز بیش از پیش به تصاویر هوایی و ماهواره‌ای، تعداد تصاویر افزایش قابل توجهی داشته است. این تصاویر با توجه به تکنولوژی اخذ تصاویر از قدرت تفکیک‌های رادیومتریکی، طیفی و مکانی بالایی برخوردار می‌باشند و گاهاً حجم بالایی از حافظه را اشغال می‌کنند. از طرفی می‌بایست به نحوی این تصاویر ذخیره شوند تا بتوان در کاربردهای آتی از آنها استفاده کرد، و یا آنها را در آرشیوها نگهداری نمود، که این امر مستلزم وجود حافظه‌های با ظرفیت بسیار بالا می‌باشد و گاهاً برای ذخیره‌سازی این تصاویر با مشکل جدی روبرو هستیم. برای غلبه بر این مشکل باید به نحوی حجم تصاویر را کاهش داد، تا بتوان بر این مشکل فائق آمد، به این کاهش حجم تصاویر برای ذخیره‌سازی، فشرده‌سازی گفته می‌شود. در واقع فشرده‌سازی فرایندی است که در آن حجم تصاویر برای ذخیره‌سازی به میزان معینی کاهش می‌یابد به نحوی که اطلاعات تخریب نشوند و یا در صورت استفاده از روشهای با اتلاف داده حتی الامکان تغییرات با چشم قابل دید نباشد و یا قابل صرف‌نظر کردن باشد [۱]. این تکنیک‌های فشرده‌سازی بسته به کاربرد تصویر متفاوت می‌باشند. بعضی از تکنیک‌ها بسته به الگوریتم مورد استفاده، برخی از داده‌های تصویری را از بین می‌برند و در فرایند بازیابی تصویر نمی‌توانند کل تصویر فشرده‌سازی شده را بدون تغییر بازگردانند. بالعکس بعضی از تکنیک‌ها داده‌های تصویری را از بین نمی‌برند و توانایی بازیابی تصویر بدون از دست دادن داده‌ها را دارند، به روش‌های ذکر شده به ترتیب روش‌های با اتلاف داده و بدون اتلاف داده گفته می‌شود [۲].

1 Remote sensing

2 Geographic Information

۲- فشرده‌سازی تصویر

رابطه (۱)

$$S(u) = \sqrt{\frac{2}{n}} C(u) \sum_{x=0}^{n-1} s(x) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2n}\right)$$

$$u = 0, \dots, n$$

$$\text{where } C(u) = 2^{-\frac{1}{2}} \quad \text{for } u = 0$$

$$= 1 \quad \text{otherwise}$$

در رابطه بالا S ترکیب خطی از بردارهای اساسی می‌باشد. اگر ترمهای بیشتری استفاده شوند، دقت فشرده‌سازی را بالاتر برده و نرخ فشرده‌سازی کمتر خواهد شد.

برای یک ماتریس S در ابعاد n در m تبدیل DCT دو بعدی به صورت زیر محاسبه می‌شود. در این حالت ابتدا تبدیل یک بعدی برای هر سطر S اعمال می‌شود سپس تبدیل به ستونهای نتایج اعمال می‌شود. و به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

رابطه (۲)

$$S(u, v) = \frac{2}{\sqrt{nm}} C(u) C(v) \sum_{y=0}^{m-1} \sum_{x=0}^{n-1} s(x) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2n}\right) \times$$

$$\cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2m}\right)$$

$$u = 0, \dots, n \quad y = 0, \dots, m$$

$$\text{where } C(u) = 2^{-\frac{1}{2}} \quad \text{for } u = 0$$

$$= 1 \quad \text{otherwise}$$

در این روش، مانند DFT، می‌توان تبدیل دو بعدی را به صورت دو بار اعمال تبدیل یک بعدی بدست آورد.

بطور کلی بردارهای اساسی تبدیل یک بعدی را می‌توان به صورت شکل (۱) نمایش داد و ماتریسهای اساسی تبدیل دو بعدی مانند شکل (۲) ارائه بدست می‌آید. همانگونه که در شکل (۲) مشاهده می‌شود وظیفه اساسی روابط DCT دو بعدی پیدا کردن ضرایب ترکیب خطی از تصاویر اساسی است، به طوری که بتوان تصویر اصلی را به طور مناسب تخمین زد. نهایتاً به جای ۶۴ مقدار برای یک بلوک ۸×۸ فقط

همچنان که در مقدمه اشاره شد، روشهای با اتلاف و بدون اتلاف داده از تکنیک‌های متفاوتی استفاده می‌کنند. به عنوان مثال روشهای فشرده‌سازی بر مبنای موجک^۱، روشهای بر مبنای فوریه، روشهای بر مبنای تبدیل کسینوسی گسسته (DCT^۲)، روشهای بر مبنای KLT^۳ و... برای فشرده‌سازی با اتلاف داده مورد استفاده قرار می‌گیرند [۴]، و همچنین روشهای درخت چهار گانه^۴، کدگذاری در جهت طولی، و کدگذاری در جهت طولی و عرضی که برای فشرده‌سازی بدون اتلاف داده مورد استفاده قرار می‌گیرند [۵]. در ادامه برخی از روشهای فشرده‌سازی با اتلاف داده بررسی شده و روش جدید پیشنهادی این مقاله جهت فشرده‌سازی معرفی می‌گردد.

۲-۱- تبدیل کسینوسی گسسته

استانداردهای JPEG و MPEG از روش فشرده‌سازی DCT تبدیل کسینوسی گسسته استفاده می‌کنند. این روش شبیه به تبدیل فوریه گسسته موسوم به DFT^۵ می‌باشد. هرچند، در این روش امکان آن وجود دارد که با تعداد ضرایب کمتر به تخمین‌های بهتری نسبت به DFT برسیم و نیز ضرایب DFT به صورت مختلط ارائه می‌شوند در صورتیکه ضرایب DCT به صورت زیر و حقیقی می‌باشد [۶]. روابطی که برای روش DCT استفاده می‌شود را می‌توان به اختصار به شرح زیر بیان نمود.

تبدیل کسینوسی گسسته یک بعدی یک لیست n تایی از اعداد S(X)، به طول n از رابطه زیر بدست می‌آید:

- 1 Wavelet
- 2 Discrete Cosine Transform
- 3 Karhunen-Loeve Transform
- 4 Quadthree
- 5 Discrete Fourier Transform

موجک‌ها یا توابع اساسی است. این توابع اساسی از یک موجک اصلی که موجک مادر $\psi(x)$ نام دارد با گسترش یا مقیاس و انتقال بدست می‌آیند [۷].

رابطه‌ی اصلی موجک به صورت رابطه ۳ ارائه می‌شود:

برای هر n و $k \in \mathbb{Z}$ داریم:

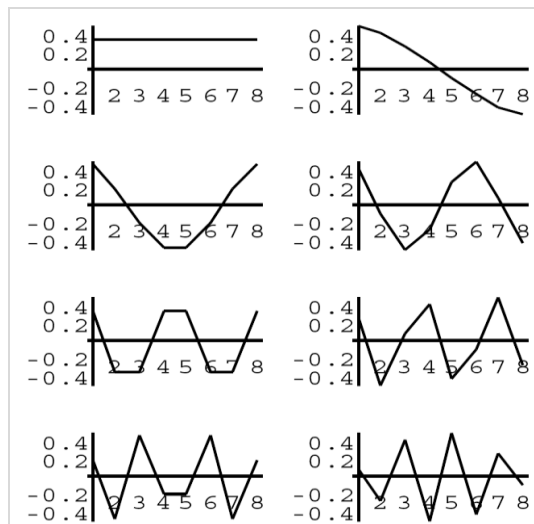
$$\psi_{n,k}(x) = 2^{n/2} \psi(2^n x - k) \quad \text{رابطه (۳)}$$

به بیان ساده، تبدیل موجک در پردازش تصویر تبدیلی است که برای انتقال از یک فضا به فضای دیگر از میانگین‌گیری مقادیر، ذخیره سازی مقادیر میانگین و مقادیر اختلافات از میانگین استفاده می‌کند.

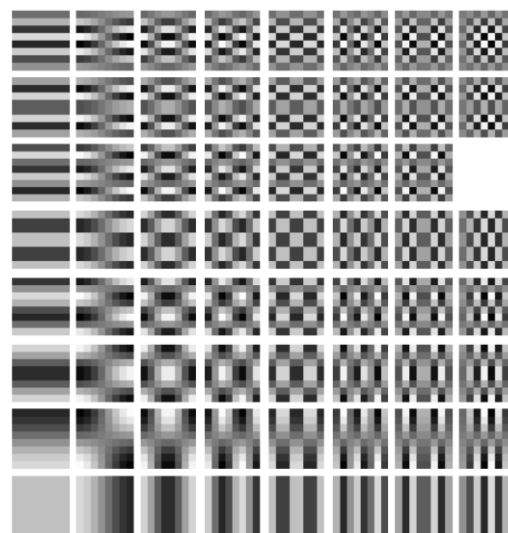
عملاً تحلیل چند رزولوشنی از چهار فیلتر (برای هر سطح تجزیه) با ترکیب یک فیلتر پایین گذر با یک فیلتر بالا گذر استفاده می‌کند، سپس نسبت به فرکانس قبلی، عمل تجزیه به صورت دو برابر نمونه‌گیری کمتر از حد^۱ انجام می‌دهد. با تکرار این روش تبدیل موجک در هر مرتبه بدست می‌آید. فرایند گیری کمتر از حد با ثابت مقیاس از طریق تبدیل موجک پی در پی که برای کاربرد کامپیوتری مناسب است انجام خواهد شد. در مورد یک تصویر، این امکان وجود دارد که فیلتر گذاری به صورت جداگانه برای سطر ها و ستو نها انجام شود. قابل توجه است که DWT از یک تصویر شامل ۴ کانال فرکانسی در هر سطح تجزیه استفاده می‌کند. این موضوع در اشکال (۳ و ۴) به نمایش گذاشته شده است.

همانگونه که در اشکال (۳) و (۴) نمایش داده شده است قسمت LL هر مقیاس، تجزیه شده بازگشتی است، یعنی می توان LL را برای هر مرحله بازسازی کرد. البته این قاعده برای زیر تصویر های دیگر نیز برقرار می‌باشد، یعنی LH LH و

ضرایب ترکیب خطی ذخیره می‌شود [۶]. این فرآیند منجر به کاهش حجم در تصاویر با ابعاد بزرگ می‌شود.



شکل ۱: سیگنال های اساسی مورد استفاده در DCT یک بعدی [۶]

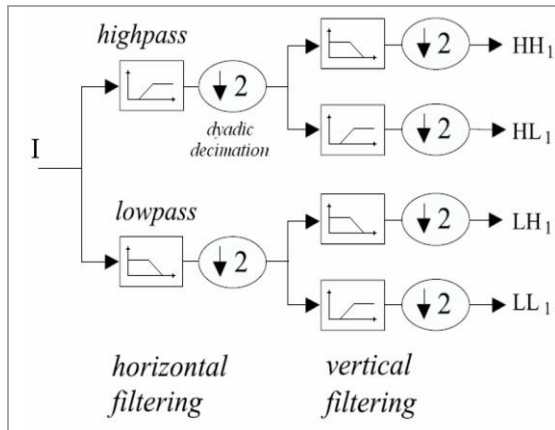


شکل ۲: تصاویر ۸×۸ اساسی مورد استفاده در DCT دو بعدی [۶]

۲-۲- تبدیل موجک (Wavelet)

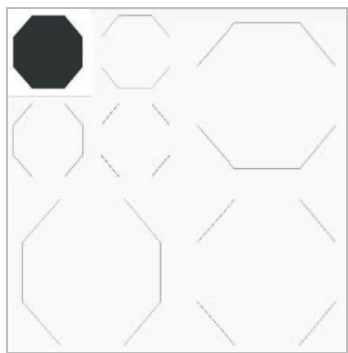
موجک‌ها توابعی هستند که امکان تحلیل داده‌های سیگنالی یا تصویری را بر طبق مقیاس یا قدرت تفکیک خاص امکان پذیر می‌سازند. ایده اصلی تبدیل موجک، نمایش هر تابع دلخواه به عنوان یک مجموعه از

^۱ 1 down sample

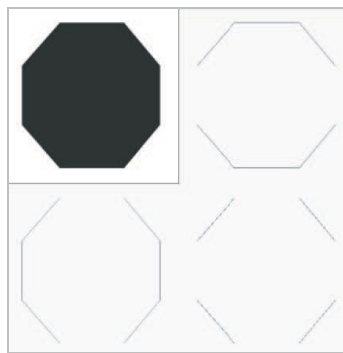


شکل ۴: فیلترهای مورد استفاده در موجک و ترتیب استفاده از آنها [۴]

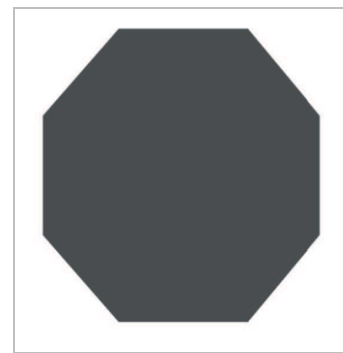
هر خروجی شکل (۴)، نمایش دهنده یک زیر باند از فرایند تقسیم ضرایب دو بعدی ماتریس متناظر در تصویر (۳) می‌باشد [۴]. شکل (۵) به صورت کاربردی شکل (۳) و (۴) را توصیف می‌کند و فیلترهای بالاگذر و پایین گذر و نتیجه اعمال آنها بر روی تصویر را ارائه می‌دهد.



ج



ب



الف

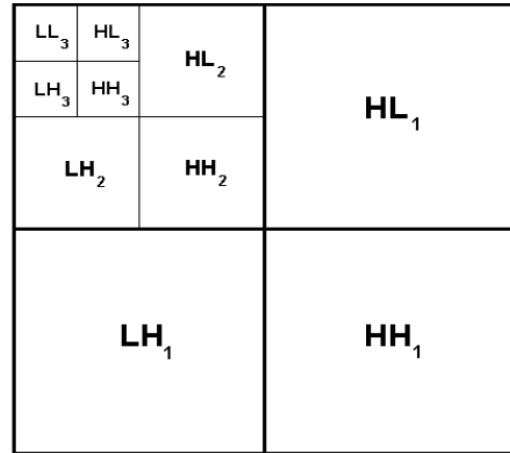
شکل ۵: نتایج بدست از تبدیل موجک برای یک تصویر ساده دارای لبه؛ الف) تصویر اصلی، ب) اولین سطح تجزیه، ج) دومین سطح تجزیه [۷]

رابطه (۴)

$$X = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n]^T, \quad m_x = E(x)$$

که در این رابطه x_i ها هر کدام یک بردار می‌باشند. تعداد بردارها است و m_x میانگین بردارها را معرفی می‌کند به نحوی که در این رابطه E علامت

HL را نیز می‌توان مجدداً تجزیه کرده و به زیر تصویرهای کوچکتر تقسیم نمود.



شکل ۳: زیر تصویرهای تولید شده در موجک در رزولوشن‌های متفاوت [۴]

شکل (۳)، DWT دو بعدی را با چهار زیر باند تصاویر انتقال یافته نمایش می‌دهد، در واقع در مراحل انجام تجزیه توسط موجک، از فیلترهای ارائه شده در شکل (۴) استفاده شده است.

۲-۳- تحلیل مولفه‌های اصلی (KLT)

تبدیل KLT یا PCA تبدیلی است بر اساس خواص آماری نمایش برداری، برای این تبدیل فرض بر این است که جامعه‌ای از بردارهای تصادفی به صورت رابطه در اختیار داشته باشیم:

در این رابطه e_{ms} خطای ایجاد شده از حذف $n-k$ باند می‌باشد.

بنابراین تبدیل PCA از این نظر بهینه است که خطای میانگین مربع بین بردارهای x و تقریبهای \hat{x} آنها را به حداقل می‌رساند [۲]. بنابراین اگر در تصاویر چند بعدی هر پیکسل را یک بردار در نظر بگیریم، با این تبدیل می‌توانیم تصویر رافشرده کنیم.

از تلفیق دو روش موجک و PCA نتایج دقیقتری نسبت به استفاده از هر یک از این روش‌ها به طور مجزا بدست می‌آید. به این ترتیب که با تبدیل موجک بلوکهای تصویری کوچک بدست می‌آید و این بلوک‌ها در کنار هم قرار می‌گیرند تا تصویر چند باندی بدست آید. سپس با PCA وابستگی بین تصاویر را از بین برده و در این حالت به نرخ فشرده‌سازی بالاتری می‌توان دست یافت. [۴]

همچنین در این مقاله برای مقایسه نتایج از روشهای SVD [۱] و BTC [۲] استفاده شده است. روش SVD ماتریس تصویر را به سه ماتریس، دو ماتریس اورتوگونال و یک ماتریس قطری تقسیم می‌کند که ماتریس قطری مجموعه مقادیر ویژه ماتریس تصویر خواهد بود و از ضرب این سه ماتریس می‌توان به ماتریس تصویر دست یافت. که روابط آن را به صورت زیر می‌توان بیان کرد:

$$A = USV^T$$

$$S = \text{diag}(r_1, r_2, \dots, r_k) \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

که در آن A ماتریس تصویر، U و V ماتریسهای اورتوگونال، S ماتریس قطری و r_1, r_2, \dots, r_k و ... مقادیر ویژه ماتریس تصویر هستند. برای فشرده‌سازی تصویر با این روش تعدادی از مقادیر ویژه کوچک را حذف می‌کنیم که ابعاد ماتریس‌ها کمتر می‌شود و

امید ریاضی و همچنین امید بردار یا ماتریس با گرفتن امید هر کدام بدست می‌آید. همچنین ماتریس کوواریانس نیز از رابطه ۵ بدست می‌آید:

$$C_x = E\{(x - m_x)(x - m_x)^T\} \quad \text{رابطه (۵)}$$

چون x n بعدی است در نتیجه ماتریس C_x نیز n در n حقیقی و متقارن می‌باشد. به همین دلیل همواره پیدا کردن یک مجموعه n تایی از بردارهای ویژه متعامد امکان پذیر خواهد بود. اگر مقادیر ویژه ماتریس C_x را به طور نزولی مرتب کنیم و به همان ترتیب بردارهای ویژه متناظر با هر مقدار ویژه را بدست آوریم (ماتریس حاصل از این کار را A می‌نامیم). یعنی ماتریس A برحسب مقادیر ویژه به صورت نزولی مرتب شده باشد. همچنین فرض کنیم که A ماتریس تبدیلی است که با رابطه ۶، نگاشت می‌شود: (بردارهای x را به بردارهایی که با y نشان داده می‌شوند)

$$y = A(x - m_x) \quad \text{رابطه (۶)}$$

به این رابطه تبدیل KLT یا PCA گفته می‌شود به نحوی که:

رابطه (۷)

$$C_y = AC_x A^T, \quad m_y = 0$$

C_y ماتریس قطری است که عناصر قطر اصلی آن مقادیر ویژه C_x بوده و چون $A^{-1} = A^T$ پس:

$$x = A^T y + m_x \quad \text{رابطه (۸)}$$

یعنی می‌توان مستقیماً x را از رابطه y با داشتن A و m_x پیدا کرد. حال اگر به جای استفاده از تمام بردارهای ویژه A از k بردار ویژه استفاده کنیم خواهیم داشت:

رابطه (۹)

$$\hat{x} = A_k^T y + m_x \Rightarrow e_{ms} = \sum_{j=1}^n \lambda_j - \sum_{j=1}^k \lambda_j = \sum_{j=k+1}^n \lambda_j$$

1 Singular Value Decomposition
2 Block Truncation Coding

فشرده‌سازی بر مبنای میانگین‌گیری از پیکسل‌های تصویر و ایجاد سه تصویر با رزولوشن پایین تر از تصویر اصلی ارائه می‌شود. تفاوت این الگوریتم با روشهای بر مبنای موجک این است که در روشهای بر مبنای موجک از تصویر میانگین‌گیری می‌شود، و تفاوت مقادیر میانگین‌گیری شده از تصویر اصلی نیز ذخیره می‌گردد. لیکن در این الگوریتم، باقیمانده‌ها ذخیره نمی‌شوند و فقط سه تصویر میانگین‌گیری شده ذخیره می‌شوند. اختلاف تصویرهای میانگین‌گیری در سطر و ستون شروع میانگین‌گیری خواهد بود و به نحوی که در فرایند بازسازی تصویر بتوانند تصویر اصلی را بازسازی کنند.

ایده اولیه الگوریتم پیشنهادی بررسی استفاده سیستم تصویربرداری با اندازه CCD بزرگتر برای گرفتن تصویر با قدرت تفکیک بیشتر است [۹]. مزیت دیگر این سیستم گرفتن تصویر با قدرت تفکیک بالاتر در زمان بیشتر و اندازه پیکسل بزرگتر است که نسبت سیگنال به نوفه بالاتر و کیفیت تصویر بهتر را به همراه خواهد داشت.

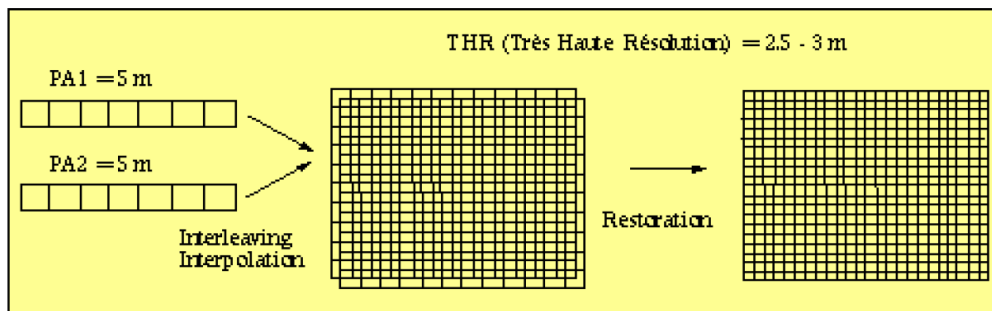
این ایده وقتی که به فناوری بالاتر که برای گرفتن تصویر با قدرت تفکیک بالاتر نیاز است و دسترسی به آن امکان‌پذیر نیست کارایی بالایی خواهد داشت.

در نتیجه حجم حافظه اشغال شده کمتر می‌شود و به اصطلاح تصویر فشرده می‌شود [۱].

در روش BTC ابتدا تصویر به بلوک‌های ۸ در ۸ یا ۴ در ۴ تقسیم می‌شود سپس میانگین هر بلوک محاسبه می‌شود و در مرحله بعد پیکسل‌ها بر حسب اینکه در چه خاکستری شان بیشتر یا کمتر از میانگین است به دو دسته طبقه‌بندی می‌شوند و برای هر کدام میانگین بدست می‌آید. و در آخر دو عدد به‌عنوان میانگین دسته اول و میانگین دسته دوم و یک ماتریس باینری که مقادیر یک آن نمایانگر اعداد بزرگتر از میانگین است و مقادیر صفر آن نمایانگر اعداد پایین‌تر از میانگین است ذخیره می‌شود. به این ترتیب به نرخ فشرده‌سازی بالایی دست می‌یابیم چون اگر بلوک‌ها ۴ در ۴ باشند، ۱۶ عدد را با دو عدد (دو بایت)، به اضافه ۱۶ عدد صفر و یک (۲ بایت) ذخیره نموده‌ایم. برای بازیابی بلوک‌ها بلوک باینری بازیابی شده و مقادیر یک با میانگین دسته اول و مقادیر صفر با میانگین دسته دوم جابجا می‌شود. این روش‌ها نیز روشهای با اتلاف داده می‌باشند [۱].

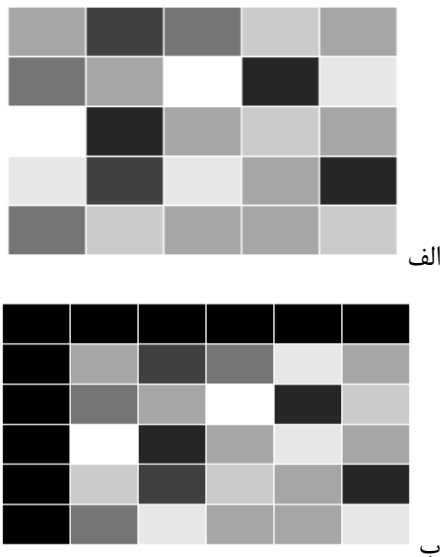
۲-۴- معرفی الگوریتم پیشنهادی

همانگونه که در مطالب قبلی ارائه شد، برای فشرده‌سازی تصاویر روشهای متعددی وجود دارد که هر کدام کاربرد خاصی دارند. در این مقاله روشی برای



شکل ۶: افزایش قدرت تفکیک توسط Spot [۱۰]

سادگی کار در بازیابی تصویر یک سطر و یک ستون صفر به قبل از سطر و ستون اول تصویر اضافه می‌کنیم:



شکل ۷: تصویر اصلی و تصویر اضافه شده با سطر و ستون صفر؛ الف) تصویر اصلی، ب) تصویر اضافه شده سطر و ستون صفر.

سپس از تصویر بدست آمده سه تصویر میانگین، همانند شکل (۸) تهیه می‌شود به نحوی که از هر ۴ پیکسل تصویر اصلی یک پیکسل بدست می‌آید. در نتیجه سه زیر تصویر بدست می‌آید که اندازه هر تصویر حاصل تقریباً یک چهارم تصویر اصلی خواهد بود.

در این مرحله، این تصاویر را می‌توان به‌عنوان تصویر فشرده شده ذخیره کرد. حال برای بازیابی تصاویر می‌توان از هر دو زیر تصویر، یک تصویر میانی تولید کرد، بدین نحو که به‌صورت سطری تفاضل زیر تصویر های یک و سه را محاسبه نمود. به دلیل اینکه می‌دانیم تصویر یک با شروع از سطر ۱ و ستون ۱ میانگین‌گیری شده و همچنین سطر اول تصویر اصلی صفر بوده پس سطر اول زیر تصویر یک مجموع دو پیکسل به صورت سطری از سطر دوم تصویر اصلی می‌باشد. حال با کم کردن این سطر از سطر اول زیر تصویر سه، مجموع دو پیکسل تصویر اصلی در

۳- پارامترهای مورد نیاز برای بدست آوردن دقت فشرده‌سازی

برای بدست آوردن دقت نیاز به پارامترهایی داریم تا بتوانیم دقت و نرخ فشرده‌سازی را محاسبه کرد. بدین منظور از پارامترهای زیر استفاده می‌شود:

رابطه (۱۱)

$$MSE = \frac{1}{NR \times NC} \sum_{nr=0}^{NR-1} \sum_{nc=0}^{NC-1} \|I(nr, nc) - I_d(nr, nc)\|^2$$

رابطه (۱۲)

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) \\ = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right)$$

رابطه (۱۳)

$$CR = \frac{Uncompressed \ Size}{Compressed \ Size}$$

MSE^۱ مربع مجموع خطا برای کل تصویر را محاسبه می‌کند. PSNR^۲ بیشترین نسبت سیگنال به نویز تصویر فشرده شده نسبت به تصویر اصلی را محاسبه می‌کند. در رابطه ۱۲، پارامتر MAX ماکزیمم مقدار درجه خاکستری تصویر اصلی می‌باشد یعنی اگر تصویر ۸ بیتی باشد MAX، ۲^۸ - ۱ خواهد بود [۴]. CR نرخ فشرده‌سازی نسبت اندازه فایل تصویر اصلی به فایل تصویر فشرده شده را محاسبه می‌کند، در واقع این پارامتر مقدار فشرده‌سازی عملی را ارائه می‌دهد.

۴- پیاده‌سازی الگوریتم

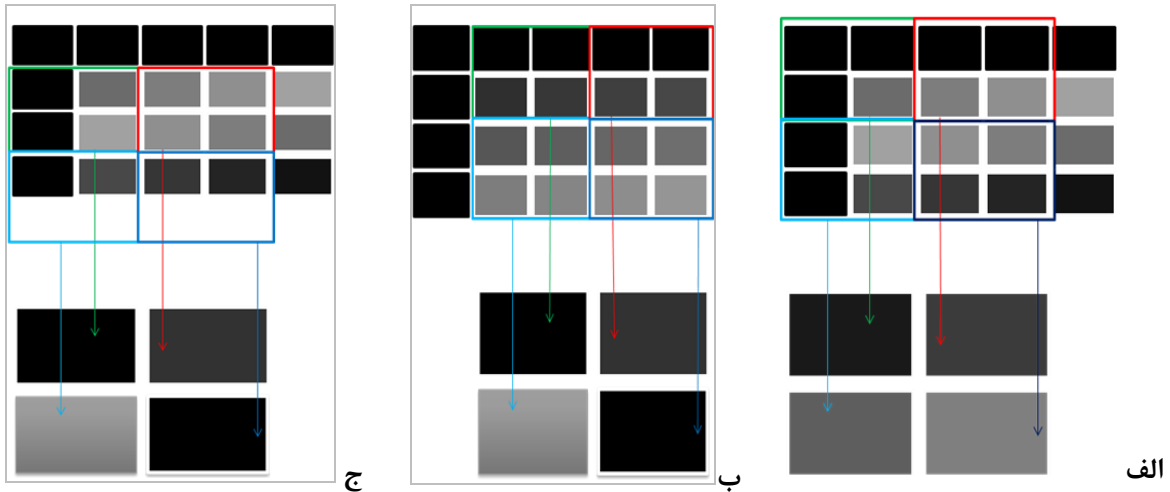
برای پیاده‌سازی این الگوریتم ابتدا یک تصویر را بازخوانی کرده، و سپس همانند شکل (۷) به خاطر

1 mean squared error

2 peak signal-to-noise ratio

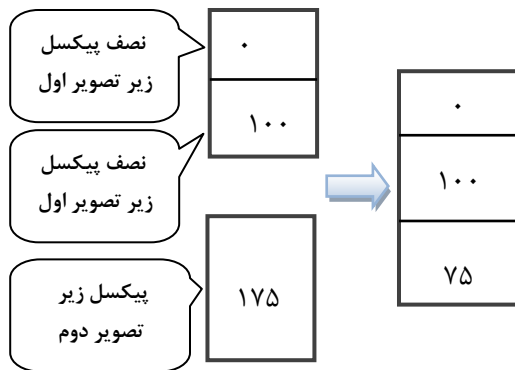
تصویر اصلی به‌صورت سطری خواهد بود. این بدین مفهوم است که پیکسل سطر ۲ و ستون ۲ این تصویر با مجموع دو پیکسل سطر ۳ و ستون ۳ و ۴ تصویر اصلی برابر است. اگر این روند برای زیر تصویر یک و دو ادامه یابد، به یک تصویر جدید خواهیم رسید.

سطر سوم بدست می‌آید. اگر این روال را تا انتها ادامه دهیم به یک تصویر خواهیم رسید که از نظر ابعاد در سطرها با تصویر اصلی برابر بوده و در ستون‌ها مقدار نصف را دارا می‌باشد و همچنین از نظر مقدار هر کدام از پیکسل‌های این تصویر، مجموع دو پیکسل از



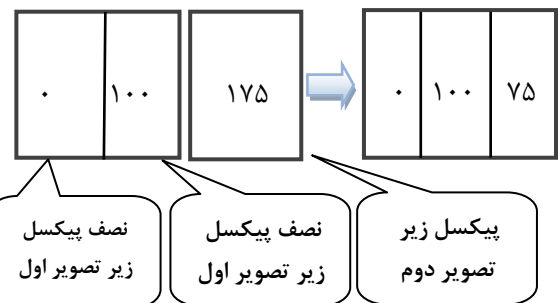
شکل ۸: نحوه بدست آوردن زیر تصویرها با شروع‌های متفاوت: الف) شروع میانگین‌گیری از سطر ۱ و ستون ۱، ب) شروع میانگین‌گیری از سطر ۱ و ستون ۲، ج) شروع میانگین‌گیری از سطر ۲ و ستون ۱

زیر تصویر بعدی، امکان مجموع سمت راست و چپ پیکسل را بدست آورد. شکل (۱۰) نیز به‌صورت سطری پیاده‌سازی این روند را نمایش می‌دهد.



شکل ۱۰: مثالی از بدست آوردن تصویر میانی از زیر تصویرها به صورت قائم

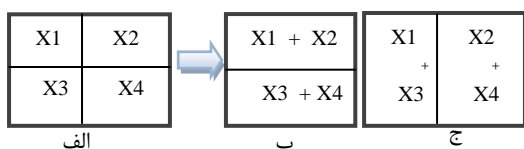
در تصویر حاصل، هر پیکسل مجموع دو پیکسل از تصویر اصلی به‌صورت افقی خواهد بود. همین مراحل را برای زیر تصویرهای اول و سوم انجام می‌دهیم تا



شکل ۹: مثالی از بدست آوردن تصویر میانی از زیر تصویرها

این روش در شکل (۹) شرح داده شده، و همچنین به‌صورت روابط ریاضی در ادامه بیان شده است. همچنان که در شکل (۹) نشان داده شده با معلوم بودن مقدار صفر، نصف پیکسل زیر تصویر اول می‌توان مقدار کل پیکسل را به قسمت سمت راست آن اختصاص داد و چون پیکسل در این بخش با زیر تصویر دوم مشترک است پس می‌توان نتیجه گرفت که از نصف پیکسل سمت چپ پیکسل مشترک

دو به دوی سطری و ستونی آنها را داریم. پیکسل‌های نظیر را از هر دو زیر تصویر بدست آورده و همانگونه که در شکل (۱۱) نشان داده شده، ماتریس‌های کوچکی را بوجود می‌آورد.



شکل ۱۱: قسمتی از تصویر میانی بدست آمده برای قسمت خاص از تصویر؛ الف) بدست آمده از تصویر اصلی، ب) بدست آمده از تصویر میانی اول، ج) بدست آمده از تصویر میانی دوم.

سپس ماکزیمم (ب) و (ج) شکل (۱۱) را بدست آورده و با معلوم بودن موقعیت ماکزیمم در هر زیر ماتریس می‌توانیم موقعیت و ماکزیمم تصویر اصلی را برآورد کنیم.

اگر سه مقدار از چهار مقدار زیر ماتریس موجود نسبت به عدد چهارم بزرگتر باشند نتیجه حاصله از این روش مطلوب خواهد بود لیکن در سایر حالات به نسبت خطا بیشتر خواهد شد و در حالتی که سه مقدار کوچکتر از مقدار چهارم باشند این روش بدترین نتایج را به دنبال خواهد داشت (جدول ۱).

رابطه (۱۴)

$$\left\{ \begin{array}{l} X1 + X2 = L1 \\ X3 + X4 = L2 \\ X1 + X3 = L3 \\ X2 + X4 = L4 \end{array} \right.$$

به دلیل این مشکلات و بروز خطای زیاد، روشهای دیگر را برمی‌گزینیم. استفاده از روش مینیمم نیز نتایج مشابهی خواهد داشت با این تفاوت که خطاهای بوجود آمده تقریباً معکوس حالت قبل خواهد بود و به همین دلیل اگر روشی

تصویر میانی دوم بدست آید. در این تصویر هر پیکسل مجموع دو پیکسل عمودی کنار هم از تصویر اصلی خواهد بود.

چون یک پیکسل در تصویر جدید اول (میانی اول) مجموع دو پیکسل مجاور هم به صورت افقی را شامل می‌باشند و همچنین پیکسل در تصویر جدید دوم (میانی دوم) مجموع دو پیکسل کنار هم به صورت قائم را شامل می‌شود، پس چهار پیکسل از تصویر اصلی را خواهیم داشت که مجموع دو به دوی افقی و عمودی آن را در تصاویر میانی وجود دارند، پس با استفاده این تصاویر جدید، تصویر اصلی قابل بازسازی خواهد بود.

اگر چهار پیکسل از تصویر اصلی را $x1, x2, x3, x4$ بنامیم (شکل ۱۱)، از تصویر میانی اول دو پیکسل $x1+x2$ و $x3+x4$ را داریم و از تصویر میانی دوم، دو پیکسل $x1+x3$ و $x2+x4$ را خواهیم داشت. که اگر این چهار پیکسل را به ترتیب $L1$ و $L2$ برای تصویر میانی اول و $L3$ و $L4$ برای تصویر میانی دوم فرض کنیم، دستگاه معادلات زیر قابل تشکیل می‌باشند:

از دستگاه معادلات چهار معادله چهار مجهولی می‌توان مقدار چهار پیکسل را بدست آورد.

لیکن از این معادلات یک معادله وابسته خطی بوده و این دستگاه معادلات از طریق ریاضیات کلاسیک قابل حل نخواهد بود.

برای حل این معادلات باید حداقل یکی از پاسخها را داشته باشیم و چون این عدد مجهول می‌باشد، لازم است تا عدد مورد نظر از روشهایی دیگر تخمین زده شود که قطعا در این محاسبه دچار خطا خواهیم شد. یک روش تخمین یا برآورد یکی از مقادیر می‌تواند به صورت زیر ارائه شود.

برای تخمین یک مقدار از چهار مقدار، ابتدا برای هر چهار پیکسل تصویر اصلی که مجموع

برای بازیابی تصویر از معادلات زیر را استفاده می‌کنیم. لازم به ذکر است که با استفاده از این الگوریتم $T1$ و $T2$ تواما بدست می‌آیند.

رابطه (۱۶)

$$T1(0)=0$$

$$T1(1)=S1(1)$$

$$T1(i)=S3(i)-T1(i-1), i=3,5,\dots,\text{end}$$

$$T1(i)=S1(i)-T1(i-1), i=4,6,\dots,\text{end}$$

رابطه (۱۷)

$$T2(0)=0$$

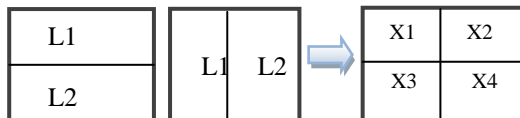
$$T2(1)=S1(1)$$

$$T2(i)=S2(i)-T2(i-1), i=3,5,\dots,\text{end}$$

$$T2(i)=S1(i)-T2(i-1), i=4,6,\dots,\text{end}$$

در $T1$ مقدار داخل پارانتز نمایش دهنده سطر به صورت کامل و در $T2$ مقادیر داخل پارانتز نمایش دهنده ستون به صورت کامل می‌باشند.

بدین ترتیب برای هر زیر تصویر ۲ در ۲ در تصویر اصلی دو پیکسل در $T1$ و دو پیکسل در $T2$ خواهیم داشت که با استفاده از روابط زیر مقادیر هر زیر تصویر ۲ در ۲ از تصویر اصلی به صورت مستقل از سایر قسمت‌ها بدست می‌آید:



شکل ۱۲: نحوه رسیدن به تصویر اصلی از تصاویر میانی

بدست آمده.

۵- نتایج و ارزیابی

برای اجرای الگوریتم چهار تصویر متشکل از دو تصویر استاندارد پردازش تصویر، یک تصویر پزشکی و یک تصویر ماهواره‌ای سنجش از دور انتخاب شده‌اند. در شکل (۱۳) دو تصویر اول نمایش داده شده است.

مورد استفاده قرار گیرد که ترکیبی از هر دو روش قبلی باشد، نتایج مناسبی حاصل خواهد شد. به دلیل نوع اختلافات دو روش از روش میانگین‌گیری نتایج دو روش قبل استفاده شده است. که این روش دقت بالایی را به همراه خواهد داشت و بسیاری از خطاهای دو روش قبلی را حذف خواهد نمود. این نتایج برای تصویر ماهواره‌ای استفاده شده در بخش نتایج و پیشنهادات، اجرا شده و در جدول (۱) ارائه شده است. همچنان که از نتایج مشخص است دقت روش میانگین تقریباً دو برابر روش مینیمم و ماکزیمم است.

جدول ۱: نتایج حاصل از روشهای مینیمم و ماکزیمم برای بازیابی تصویر فشرده شده

	روش مینیمم	روش میانگین	روش ماکزیمم
RMSE	۰.۵۰۲۱۵۵	۰.۴۰۳۵۳۵	۱.۸۸۲۳۶
PSNR	۰.۶۸۷۷۳	۲.۶۴۰۳۳	۰.۲۱۵۱۳۰

در واقع تنها مسأله‌ای که باعث می‌شود تا الگوریتم ارائه شده با اتلاف داده همراه باشد، همین مرحله از الگوریتم است. هر چند با اتخاذ روش‌های ذکر شده می‌توان این اتلاف را به پایین‌ترین سطح خود تنزل داد.

فرض کنید که سطرهای تصویر را با i و ستونهای آن را با j نمایش دهیم در این صورت زیر تصویرها با روابط زیر بدست می‌آیند:

رابطه (۱۵)

$$S1(i,j)=OR(i-1,j-1)+ OR(i,j-1)+ OR(i-1,j)+ OR(i,j)$$

$$S2(i,j)=OR(i,j-1)+ OR(i+1,j-1)+ OR(i,j)+ OR(i+1,j)$$

$$S3(i,j)=OR(i-1,j)+ OR(i,j)+ OR(i-1,j+1)+ OR(i,j+1)$$

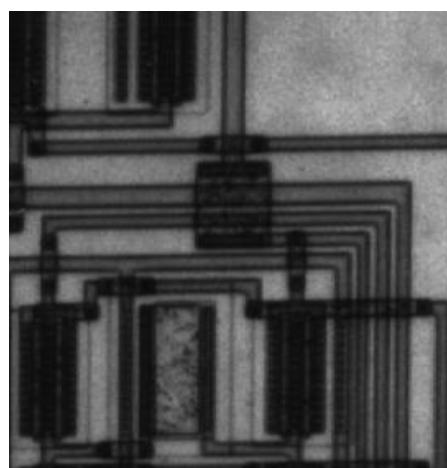
که $S1$ و $S2$ و $S3$ زیر تصویرهای ۱ تا ۳ بوده و OR تصویر اصلی است که سطر و ستون با مقادیر ۰ به آن اضافه شده است.

سه تصویر میانگین‌گیری شده تقریباً ۲۵ در صد از حجم تصویر کاسته می‌شود. پس از فشرده‌سازی مرحله بازیابی انجام خواهد شد. تصویر بازیابی شده برای این تصویر در قسمت (ذ) نمایش داده شده و به دلیل کوچک بودن اختلافات تفاوت محسوسی بین قسمت (الف) و (ذ) مشاهده نمی‌شود. لذا برای مشاهده تصویر اختلاف از ده برابر اختلافات بین تصویر اصلی و تصویر بازیابی شده استفاده شده است که در قسمت (ر) شکل (۱۴) نمایش داده شده است.



الف

تصویر اول تصویر عکاس می‌باشد، که الگوریتم پیشنهادی روی آن اعمال می‌شود. نتایج اجرای الگوریتم بر روی قسمتی از تصویر عکاس در شکل (۱۴) ارائه شده است. در این تصویر، قسمت (الف) بخشی از تصویر شکل (۱۳-الف) می‌باشد. پس از اجرای الگوریتم تصاویر قسمت‌های (ب) تا (د)، زیر تصویرهای بدست آمده می‌باشند. همان طور که مشاهده می‌شود زیر تصویرها به دلیل کیفیت پایین‌تر تکه تکه هستند. اگر این تصاویر را ذخیره کنیم به فشرده‌سازی مورد نظر دست یافته‌ایم. به دلیل میانگین‌گیری از هر چهار پیکسل و استفاده از سه تصویر میانگین‌گیری شده تقریباً ۲۵ در صد از حجم تصویر کاسته می‌شود. پس از فشرده‌سازی مرحله بازیابی انجام خواهد شد. تصویر بازیابی شده برای این تصویر در قسمت (ذ) نمایش داده شده و به دلیل کوچک بودن اختلافات تفاوت محسوسی بین قسمت (الف) و (ذ) مشاهده نمی‌شود. لذا برای مشاهده تصویر اختلاف از ده برابر اختلافات بین تصویر اصلی و تصویر بازیابی شده استفاده شده است که در قسمت (ر) شکل (۱۴) نمایش داده شده است.



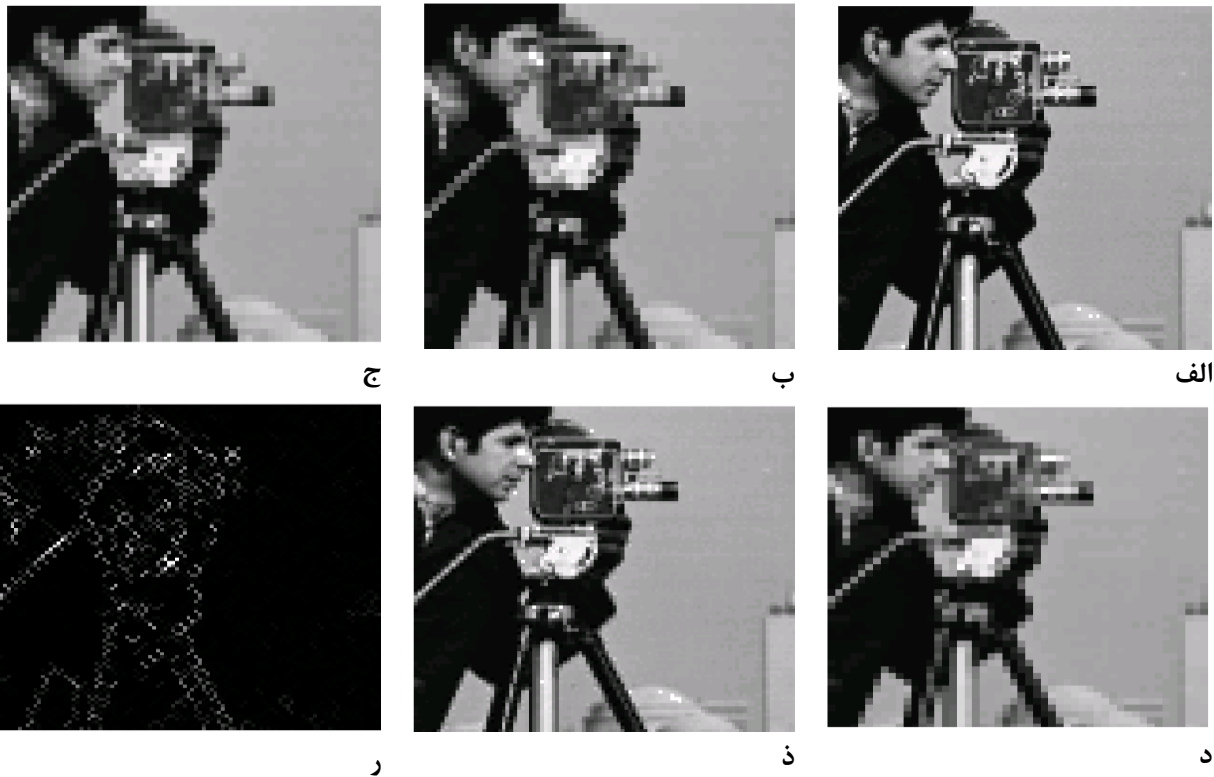
ب

شکل ۱۳: دو تصویر استفاده شده در اجرای الگوریتم؛ (الف) تصویر عکاس، (ب) تصویر مدار (از تصاویر استاندارد (MATLAB)

همان‌گونه که از تصویر اختلافات مشاهده می‌شود پایه دوربین به خوبی بازیابی شده و در تصویر خطاها اثری از آن دیده نمی‌شود، و در مجموع خطای افقی و قائم در خطاها مشاهده نمی‌گردد، بنابراین می‌توان

تصویر اول تصویر عکاس می‌باشد، که الگوریتم پیشنهادی روی آن اعمال می‌شود. نتایج اجرای الگوریتم بر روی قسمتی از تصویر عکاس در شکل (۱۴) ارائه شده است. در این تصویر، قسمت (الف) بخشی از تصویر شکل (۱۳-الف) می‌باشد. پس از اجرای الگوریتم تصاویر قسمت‌های (ب) تا (د)، زیر تصویرهای بدست آمده می‌باشند. همان طور که مشاهده می‌شود زیر تصویرها به دلیل کیفیت پایین‌تر تکه تکه هستند. اگر این تصاویر را ذخیره کنیم به فشرده‌سازی مورد نظر دست یافته‌ایم. به دلیل میانگین‌گیری از هر چهار پیکسل و استفاده از

نتیجه گرفت که در لبه‌های افقی و قائم خطایی نداریم این مطلب را می‌توان به صورت تحلیلی بررسی نمود.



شکل ۱۴: نتایج برای تصویر عکاس: الف) تصویر اصلی، ب) زیر تصویر اول، ج) زیر تصویر دوم، د) زیر تصویر سوم، ذ) تصویر بازسازی شده، ر) پنج برابر تصویر خطا؛

با دقت خوبی بدست آمده‌اند. به‌عنوان مثال برای همین شکل (۱۵) مقدار مینیمم در موقعیت (۲،۱) و مقدار ماکزیمم در موقعیت (۱،۲) برای ماتریس الف به ترتیب مقادیر ۲۰.۵ و ۱۱۴.۵ محاسبه می‌شود که مقدار قابل قبولی است. همچنین در مناطق هموزن که تغییرات کمی در تصویر وجود دارد مقدار واقعی تصویر به خوبی قابل تخمین است. اگر بیشتر به نتیجه بدست آمده از شکل (۱۵) توجه شود. در می‌یابیم که به طور کلی اگر لبه ای در زیر تصویر شکل (۱۵) قسمت (ب) لبه افقی یا قائم باشد به خوبی برآورد خواهد شد. پس خطا فقط در لبه‌های ۴۵ درجه رخ می‌دهد و حتی در لبه‌های مایل با درجات دیگر خطایی وجود نخواهد داشت.

تصویر دوم مورد مطالعه تصویر یک مدار است که المانهای آن بیشتر به صورت افقی و قائم می‌باشد

۲۰	۲۱	→	۴۱	۱۴۰	۱۲۹
۱۲۰	۱۰۹		۲۲۹		

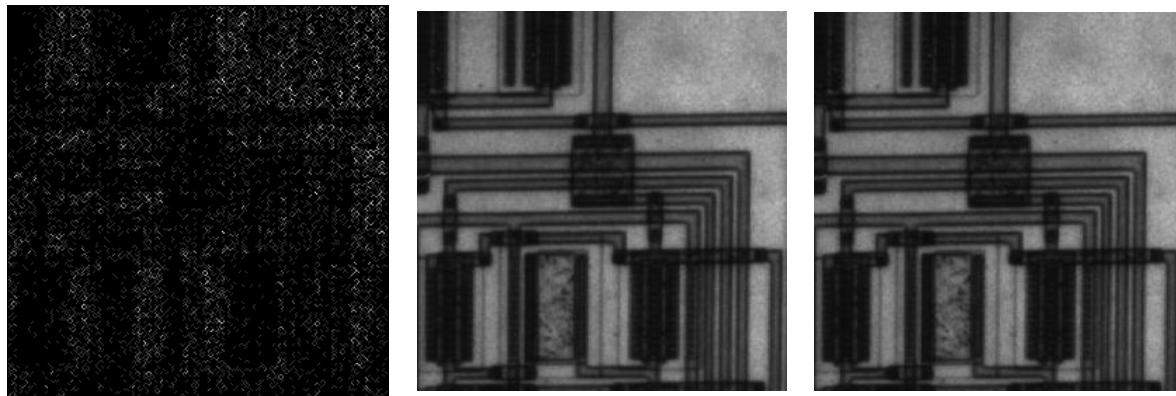
شکل ۱۵: قسمتی از تصویر میانی بدست آمده برای قسمت الف) خاص از تصویر؛ الف) بدست آمده از تصویر اصلی، ب) بدست آمده از تصویر میانی اول، ج) بدست آمده از تصویر میانی دوم.

به این ترتیب که اگر ما اختلاف فاحشی بین دو پیکسل کنار هم به صورت شکل (۱۵) داشته باشیم با روش اتخاذ شده مقادیر به خوبی قابل برآورد و محاسبه خواهند بود.

همچنین که در شکل (۱۵) مشاهده می‌شود، یک لبه افقی در این تصویر وجود دارد و دو عدد درجه خاکستری ۲۰ و ۲۱ که کمتر از مقادیر ۱۲۰ و ۱۰۹ هستند با محاسبات ذکر شده در بخش‌های قبل،

تصویر خطا استفاده شده است. با وجود نمایش پنجاه برابر خطا، خطایی در لبه‌های قائم و افقی مشاهده نمی‌شود.

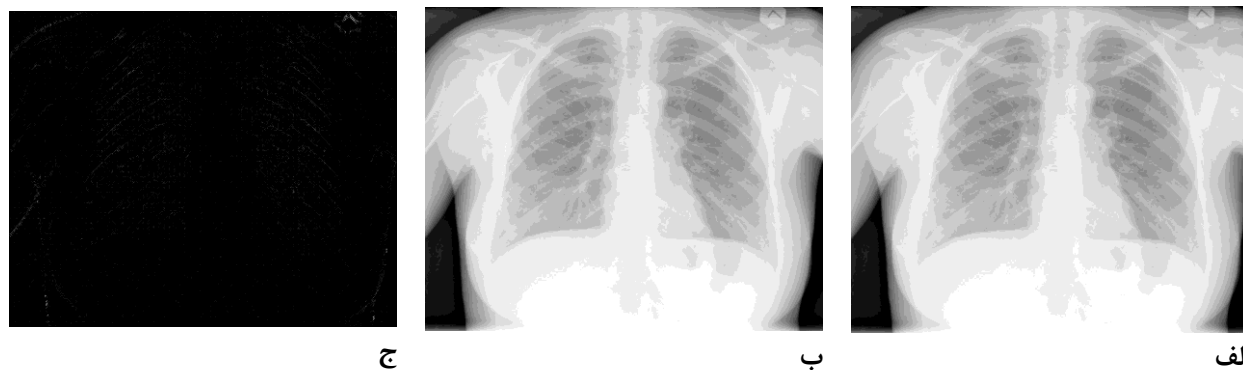
(شکل ۱۳ قسمت ب)، نتایج بدست آمده از این تصویر در شکل (۱۶) نمایش داده شده همان طور که مشاهده می‌شود، خطاها بسیار کم و ناچیز می‌باشند. به همین خاطر برای نمایش تصویر خطا از پنجاه برابر



شکل ۱۶: نتایج برای تصویر مدار: الف) تصویر اصلی، ب) تصویر بازسازی شده، ج) تصویر پنجاه برابر خطا؛

این الگوریتم بر روی تصاویر پزشکی نتایج بسیار مناسبی را ارائه می‌دهد.

شکل (۱۷) یک تصویر پزشکی را نمایش می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی بر روی آن اعمال شده و نتایج آن قابل مشاهده است. نکته قابل توجه این است که



شکل ۱۷: نتایج برای تصویر پزشکی: الف) تصویر اصلی، ب) تصویر بازسازی شده، ج) تصویر پنجاه برابر خطا؛

برای اجرا از نرم‌افزار MATLAB استفاده شد. حجم تصویر اصلی ۹۷۷ کیلو بایت بود که با اعمال این الگوریتم به ۷۳۸ کیلو بایت کاهش حجم یافت و در قسمت بازسازی شکل (۱۸) قسمت (ب) بدست آمد و برای اینکه خطاها قابل مشاهده باشد ۱۰ برابر خطاها در شکل (۱۸) قسمت (ج) نمایش داده شده است.

تصویر سوم یک تصویر ماهواره IKONOS باند Pan می‌باشد که از شهر شیراز گرفته شده و محدوده تصویر در طول جغرافیایی "۱۷.۸۵ ۳۷' ۵۱° شرقی و عرض جغرافیایی "۳۰.۷۷ ۴۸' ۳۵° شمالی و شامل قسمتی از مناطق شهری و حومه می‌باشد.

الگوریتم روی این تصویر اجرا شده و نتایج آن در شکل (۱۸) ارائه شده است، فرمت تصویر TIF بوده و



شکل ۱۸: نتایج بدست آمده برای یک تصویر ماهواره‌ای از ماهواره IKONOS؛ الف) تصویر اصلی، ب) تصویر بازسازی شده، ج) ۱۰٪ برابر تصویر اختلافات

پس از اجرای الگوریتم بر روی تصاویر پارامترهای دقت به شرح جدول (۲) محاسبه و ارائه شدند.

جدول ۲: پارامترهای دقت مربوط به نتیجه الگوریتم پیشنهادی

image	Size	CR	MSE	PSNR
Cameraman.tif	۲۵۶×۲۵۶	۱.۲۹۸۶	۴۱.۲۷۲۱	۳۱.۹۷۴۲
circuit.tif	۲۸۰×۲۷۲	۱.۳۱۵۸	۱.۰۵۲۶	۴۷.۹۰۸۱
Medical.tif	۴۸۸×۶۰۰	۱.۲۳۰۴	۰.۳۳۳۰	۵۲.۹۰۶۶
Ikonos_pan.tif	۱۰۰۰×۱۰۰۰	۱.۳۲۳۸	۳۵.۴۰۳۵	۳۲.۶۴۰۳

بطور نسبی بهتر از سایرین می‌باشد که می‌تواند به خاطر وجود لبه‌های افقی و قائم و کم بودن لبه‌های مایل که بیشتر خطای الگوریتم را به وجود می‌آورند باشد، نتایج بدست آمده برای تصویر ماهواره ای نیز به خاطر اینکه تصویر واقعی دارای لبه‌های شدید در مناطق شهری می‌باشد، نتایج نسبت به تصاویر استاندارد پردازش تصویر خطای بیشتری را نمایان می‌سازد.

مقایسه نتایج این روش با دو روش SVD و BTC در جدول (۳) به این ترتیب است که این روش نسبت به SVD بهتر عمل کرده و در مقایسه با BTC دقت بهتری داشته اگر چه روش BTC به نرخ فشرده‌سازی بالاتری دست پیدا کرده است.

در جدول (۲)، پارامتر CR نشان دهنده نرخ فشرده‌سازی است که برای تصویر ماهواره‌ای ۱.۳۲۳۸ بدست آمده، بدین معنی است که تقریباً ۲۵٪ از حجم تصویر کاسته شده است. و دارای مقدار MSE پایین و PSNR بالاییست که این نشان دهنده دقت بالای این روش می‌باشد. اگر بتوانیم فقط با دو تصویر میانگین‌گیری شده تصویر را فشرده‌سازی کنیم به نرخ فشرده‌سازی بالاتری خواهیم رسید در عوض دقت کاهش خواهد یافت و خطا به شدت افزایش پیدا می‌کند.

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۲)، پارامتر MSE برای تصویر پزشکی دارای مقدار بهتری نسبت به سایر تصاویر است که می‌تواند به دلیل عدم وجود لبه‌های شدید در تصویر باشد. نتایج تصویر مدار نیز

الگوریتم ارائه شده در این حالت مانند تبدیل موجک است، به این دلیل که ابتدا از میانگین‌گیری استفاده می‌کند و در آخر تصویر بدست آمده هر چند جزئی لبه‌های مات شده دارد و تصویر اختلافات نیز شبیه فیلتر بالا گذر عمل کرده است. و مجموع دو تصویر بازیابی شده و تصویر اختلافات، تصویر اصلی اولیه را ایجاد می‌کند.

نتایج این روش برای تصاویر در بعضی از حالات بهتر از روشهای دیگر ارائه شده بود این روش نتایج خوبی برای تصاویر داشت و در تصاویر پزشکی نیز به خاطر نوع تصاویر نتایج بسیار مناسبی دارد و در سنجش از دور و GIS نیز با یک سری محدودیت می‌تواند کاربرد داشته باشد. پس در کاربردهایی که نیاز به فشرده‌سازی دارند و اتلاف جزئی داده‌ها یا جزئیات نتایج را با مشکل مواجه نمی‌کنند، می‌توان از این روش استفاده کرد.

در این روش برای تخمین برخی از مقادیر از مینیمم و ماکزیمم زیر تصویرهای میانی چهار در چهار استفاده شد، اگر این مقادیر را از روشهای دیگری مانند روش فازی استفاده می‌شد و یا اطلاعات پیکسل‌های همسایه به کار برده می‌شد، شاید نتایج کمی بهبود می‌یافت.

جدول ۳: پارامترهای دقت مربوط به نتیجه الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با دو روش فشرده سازی دیگر

Method	CR	MSE	PSNR
SVD	۱.۳۰۰۶	۵۱.۴۴۸۳	۳۱.۰۱۷۱
BTC	۴	۹۵.۸۰۸۸	۲۸.۳۱۶۷
New algorithm	۱.۳۲۳۸	۳۵.۴۰۳۵	۳۲.۶۴۰۳

۶- نتیجه گیری

در این مقاله الگوریتمی جهت فشرده‌سازی تصاویر بر اساس میانگین‌گیری ارائه شد. نتایج حاصل از پیاده‌سازی این روش بر روی تصاویر مختلف نشان داد که در عین سادگی روش، نتایج بسیار خوبی بدست آمده است.

در صورتی که این روش به‌عنوان یک فیلتر در نظر گرفته شود، می‌توان تصویر بازیابی شده را به‌عنوان یک تصویر حاصل از اعمال فیلتر پایین گذر در نظر گرفت، که البته فقط لبه‌های غیر افقی و غیر قائم و شدید به مقدار جزئی مات شده‌اند. این موضوع می‌تواند در کاربردهایی که نیاز به مات کردن لبه‌ها به‌صورت بسیار جزئی داریم کاربرد داشته باشد و همچنین از تصویر اختلافات به‌عنوان یک فیلتر بالا گذر که لبه غیر قائم و غیر افقی شدید را نگه می‌دارد می‌توان استفاده نمود.

مراجع

- [1] A. A. L. Nistanak, M. Hazrati, M. Shareei, and N. Ahmidi, "Implementing lossy image compression by wavelet CPLD in CDF(2,2)", Journal of Iran Electrical Engineering and Computer Engineering, Vol. 4(2), pp. 61-67, 2006 (Persian).
- [2] R. C. Gonzalez, Digital Image Processing: Prentice Hall, 2001
- [3] J. Miano, Compressed image file formats: JPEG, PNG, GIF, XBM, BMP, ACM Press. 1999.
- [4] M. Mastriani, "Union is Strength in Lossy Image Compression", International Journal of Signal Processing, Vol. 5, pp. 102-119. , 2009.
- [5] Aronoff, Geographic Information Systems: a Management Perspective, WDL Publications, 1991.
- [6] A. B. Watson, "Image Compression Using the Discrete Cosine Transform", Mathematica Journal, Vol. 4, pp. 81-88, 1994.
- [7] M. S. Song, "Wavelet Image Compression", Contemporary Mathematics, Vol. 414, pp. 41-73, 2005.

- [8] C. Bako, “JPEG 2000 Image Compression”, Analog Dialogue, Vol. 38(3), pp. 3-8, 2004.
- [9] A. Rosak, C. Latry, V. Pascal, and D. Laubier, “SPOT 5 to Pleiades HR: evolution of the instrumental specifications”, In: Proceedings of the 5th International Conference on Space Optics, Chicago, USA, pp. 141–148, 2004.
- [10] K. Jacobsen, E. Baltsavias, and D. Holland, “Tutorial 10 Information extraction from high resolution optical satellite sensors”, In: XXIst ISPRS Congress, Beijing, China. 2008.



Image compression based on multi averaging

Mostafa Ojagloo¹, Mahmood Reza Sahebi^{*2}

1- MSc. graduated of remote sensing in Faculty of Geodesy & Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology
2- Assistant pProfessor, Remotr sensing research center, Faculty of Geodesy & Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology

Abstract

In this paper at first some image compression methods such as wavelet, KLT, Discrete Cosine Transform and combined wavelet and KLT were reviewed and then anew method based on multi averaging was proposed. The proposed method was applied on some images including a spaceborn remote sensing image and the results were presented. Few statistical parameters such as MSE, PSNR and CR for evaluation of the method on the compressed images were calculated. In addition, for image retrieving, the averaging compressed image and then minimum and maximum values were used..

Key words: image compression, averaging, wavelet Transform, Discrete Cosine Transform