



فشرده سازی تصویر (بخش تئوری)

سهراب نمازی نیا

97522085

فهرست

صفحه

2	..... مقدمه
2	..... تعریف و کاربردها
3	..... اصطلاحات پایه
3	..... نرخ فشرده سازی
3	..... اهمیت
4	..... حفظ اطلاعات لازم حین فشرده سازی
4	..... انواع روش های فشرده سازی
5	..... افزونگی
6	..... مدل سیستم فشرده سازی
7	..... مراحل فشرده سازی
8	..... مراحل ناهمشفرده سازی
10	..... JPEG (الگوریتم)
12	..... JPEG2000 (الگوریتم)
14	..... جمع بندی و منابع

مقدمه

فشرده سازی تصویر، یکی از زمینه های مهم در علوم کامپیوتر محسوب می شود که چه از لحاظ تئوری و چه از لحاظ عملی، همواره مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است و با سرعت زیادی در حالت پیشرفت می باشد. نیاز به پیشرفت در زمینه فشرده سازی تصویر از آن جا مشخص است که با پیشرفت شاخه های دیگر در علم کامپیوتر، به مرور نیاز به ذخیره سازی و ارسال عکس ها به صورت بهینه تر به چشم می خورد.

تعریف و کاربردها

الگوریتم های فشرده سازی عکس، ابتدا کار خود را با فشرده سازی عکس های دو بعدی آغاز کردند و سپس روش کلی آن ها برای فشرده سازی ویدئو تعمیم داده شد. فشرده سازی تصویر به معنای کاهش اندازه فایل های داده ای از نوع تصویر و در عین حال نگاه داشتن اطلاعات لازم می باشد. اما این که اطلاعات لازم چیست و چه چیزی در طول فشرده سازی تصویر باید حفظ شود، بستگی به کاربرد دارد.

روش های مبتنی بر تقطیع تصاویر، که در اصل روش های کاهش سایز داده محسوب می شوند، عموماً برای فشرده سازی تصویر مورد استفاده قرار می گیرند.

برخی زمینه ها و کاربردها که نیاز ضروری به مبحث فشرده سازی تصویر دارند، عبارت اند از:

- (1) اینترنت
- (2) بیزینس ها
- (3) چند رسانه ای ها
- (4) عکس برداری ماهواره ای
- (5) عکس برداری پزشکی

اصطلاحات پایه

لازم است در مبحث فشرده سازی تصویر با سه اصطلاح زیر آشنا شویم:

(1) Compressed file: به تصویر حاصل از فشرده سازی گویند که حجم کمتری از تصویر ابتدایی دارد.

(2) Decompressed file: از فایل فشرده شده، برای بازسازی تصویر استفاده می شود که نتیجه این بازسازی را گویند.

(3) Uncompressed file: به فایل ابتدایی که هنوز هیچ گونه فشرده سازی روی آن صورت نگرفته است، گویند.

نرخ فشرده سازی

به نسبت سائز فایل فشرده نشده، به سائز فایل فشرده شده گویند:

Compression ratio = uncompressed file size / compressed file

Compression ratio = SIZE(u) / SIZE (c)

اهمیت

برای سازگاری با پهنای باند خیلی از سیستم های انتقال، عملیات فشرده سازی تصویر مفید و حتی ممکن است ضروری محسوب شود. همچنین برای ذخیره سازی در دیتابیس های کامپیوتری نیز، گاهی این کار ضروری محسوب می شود.

بنابراین، برای ارسال تصاویر با وضوح و کیفیت خیلی بالا، نیاز به فشرده سازی بیشتر به چشم می خورد. در عمل، میتوان گفت حتی گاهی ارسال یک ویدئو فشرده نشده روی بالاترین سرعت ارتباط اینترنتی نیز کاربردی نیست.

حفظ اطلاعات لازم حین فشرده سازی

کلیدی ترین نکته در فشرده سازی تصویر، حفظ اطلاعات لازم و ضروری فایل است. اما فرق داده و اطلاعات میتواند ما را در درک بهتر این موضوع یاری کند:

داده: برای عکس های دیجیتال، داده همان مقادیر مربوط به هر پیکسل است (در مقیاس سفید-سیاه) که میزان روشنی هر پیکسل را نشان می دهد. درواقع داده برای اطلاعات، همانند الفبا برای کلمات است.

اطلاعات: درواقع تفسیری در یک راه معنا دار و مفید است. این که چطور داده را تفسیر کنیم تا به اطلاعات مورد نیاز برسیم، بستگی به کاربرد ما از پردازش تصویر دارد. داده در زبان انگلیسی همان data و اطلاعات نیز information می باشد.

انواع عمده روش های فشرده سازی

دو نوع عمده روش های فشرده سازی عکس عبارت اند از:

1) فشرده سازی بدون خطا: در این روش ها، عکس اولیه دقیقاً بازسازی می شود. این روش ها عموماً عکس های پیچیده را تا حدود نصف یا یک سوم اندازه تصویر اولیه فشرده می کنند.

2) فشرده سازی با خطا: در این روش ها، عکس اولیه به طور دقیق بازسازی نمی شود و با مقداری خطا همراه است. برای حفظ کیفیت های بالاتر، ضریب فشرده سازی در این روش را در حدود $1/10$ تا $1/50$ تنظیم می کنند و برای کیفیت های پایین تر نیز، از ضریب های بین $1/100$ تا $1/200$ استفاده می کنند.

معادل انگلیسی روش های اول و دوم به ترتیب lossless compression methods و lossy compression methods می باشند.

افزونگی

الگوریتم های فشرده سازی، از وجود خاصیت افزونگی در فایل های تصویر بهره می گیرند. 4 نوع کلی افزونگی که در عکس ها می توان یافت، عبارت اند از:

1. Coding
2. Interpixel
3. Interband
4. Psychovisual redundancy

حال به توضیح این افزونگی ها خواهیم پرداخت:

1. Coding redundancy: این نوع افزونگی زمانی اتفاق می افتد که داده ای که برای ارائه تصویر استفاده شده است، به روش بهینه مورد استفاده قرار نگرفته است.
2. Interpixel redundancy: دلیل این افزونگی این است که عموماً پیکسل های مجاور از لحاظ مقدار بسیار به هم وابسته هستند. در اکثر تصاویر سطح روشنی پیکسل های مجاور به سرعت تغییر نمی کند و روند تغییر به آرامی است.
3. Interband redundancy: این افزونگی در تصاویر رنگی اتفاق می افتد و دلیل آن وابستگی بین باندها در درون یک عکس است. به عبارت دیگر اگر باندهای قرمز، سبز و آبی درون یک عکس را خارج سازی کنیم، مشابه خواهند بود.
4. Psychovisual redundancy: برخی اطلاعات درون عکس، برای سیستم بینایی انسان خیلی مهم تر از سایر اطلاعات است. بنابراین سایر اطلاعات کم اهمیت تر برای سیستم بینایی انسان، نوعی افزونگی محسوب می شوند.

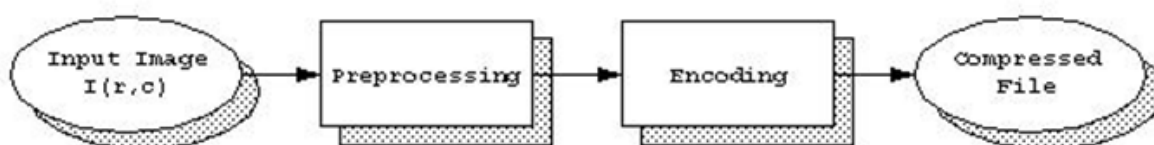
پس به طور خلاصه نکته کلیدی در فشرده سازی تصویر، مشخص کردن کمینه دیتا مورد نیاز برای بازیابی اطلاعات مورد نیاز تصویر است. این فشرده سازی با بهره گیری از انواع افزونگی های موجود در تصویر انجام می گردد.

مدل سیستم فشرده سازی

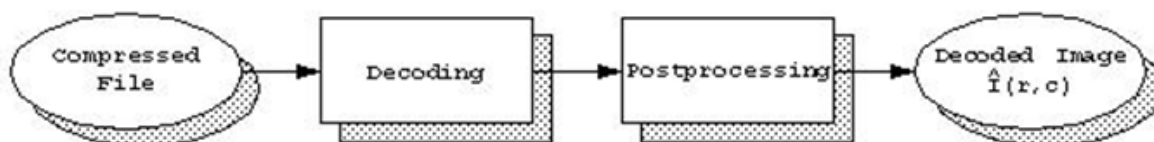
مدل سیستم فشرده سازی تصویر شامل دو بخش اصلی است:

- (1) فشرده کننده (compressor)
- (2) ناهمفشرده کننده (decompressor)

ساختار هر دو بخش در شکل زیر قابل مشاهده می باشند:



a) Compression



b) Decompression

در فرایند فشرده سازی، عکس به عنوان ورودی دریافت می شود. سپس یک مرحله پیش پردازش روی عکس انجام می شود که جزییات آن وابسته به کاربرد دارد. بعد از پیش پردازش، مرحله کد کردن خواهد بود تا نهایتاً فایل کد شده به عنوان خروجی، ارسال شود. در فرایند ناهمشفرده سازی، ابتدا فایل فشرده شده دیکود می شود و سپس در مرحله پس پردازش، برخی از نتایج غیر ضروری بدست آمده از محصول فشرده سازی، حذف می شوند.

مراحل فشرده سازی

مرحله فشرده سازی را میتوان به گاه های زیر به ترتیب تقسیم بندی کرد:

- Data reduction (1**
- Mapping (2**
- Quantization (3**
- coding (4**

که به توضیح هر یک خواهیم پرداخت.

Data reduction: در این مرحله میتوان یک سری اعمال را روی تصویر ورودی انجام داد. به عنوان مثال می توان روی آن spatial quantization انجام داد. به انی معنی که مقادیر موجود در پیکس های مختلف به اعداد خاصی گرد شوند. همچنین میتوان اعمال دیگری برای اصلاح و بهبود تصویر در این مرحله انجام داد. به عنوان مثال میتوان نویز موجود در تصویر را حذف کرد.

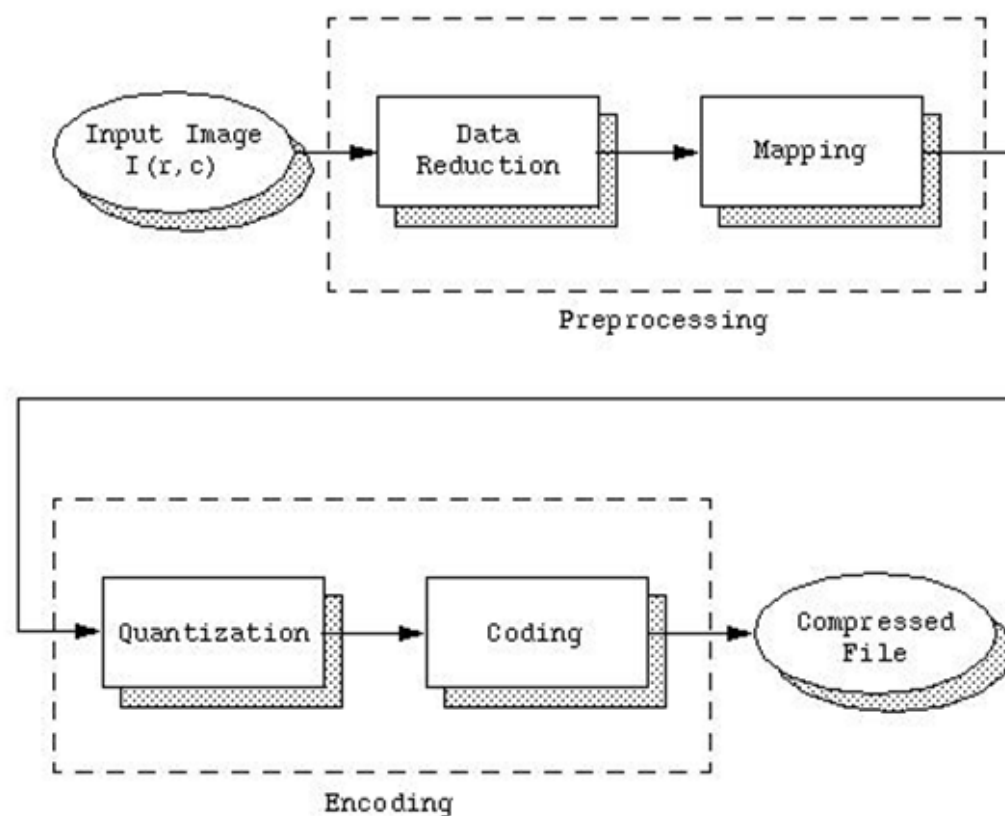
Mapping: در این مرحله، تصویر بدست آمده از مرحله قبل، به یک فضای ریاضی نگاشت می شود تا بتوان مراحل فشرده سازی را روی آن انجام داد.

Quantization: در این مرحله داده که ذاتا پیوسته است به عنوان ورودی گرفته می شود و سپس به داده گسسته تبدیل می گردد.

Coding: در این مرحله، داده گسسته بدست آمده از مرحله قبل به روشی بهینه به "کد" مورد نظر نگاشت می شود.

یک الگوریتم فشرده سازی، میتواند تمام این مراحل یا یک الی دو مورد را شامل شود. دو مرحله اول، اصطلاحا پیش پردازش و دو مرحله دوم، کد کردن نامیده می شوند.

در تصویر زیر، کلیت مراحل فشرده سازی به خوبی قابل مشاهده است:



مراحل ناهمفشرده سازی

مرحله فشرده سازی را میتوان به گاه های زیر به ترتیب تقسیم بندی کرد:

- Decoding (1
- Inverse mapping (2
- postprocessing (3

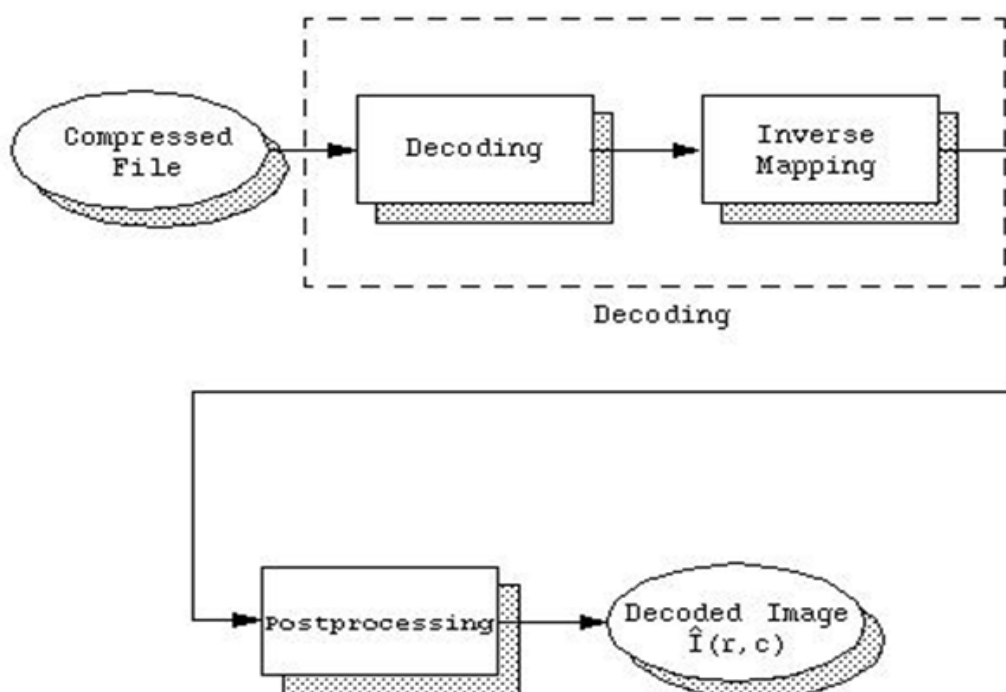
که به توضیح هر یک خواهیم پرداخت.

Decoding: در این مرحله، عکس فشرده شده به عنوان ورودی دریافت می شود و کد اولیه ای که روی آن اعمال شده بود، دیکود می شود.

Inverse mapping: دقیقاً عکس عمل mapping انجام شده در فرایند فشرده سازی را انجام می دهد.

Postprocessing: در این مرحله، تلاش می شود تا عکس بدست آمده از مرحله قبل، از لحاظ ظاهری ارتقا پیدا کند. این مرحله می تواند شامل معکوس تمامی اعمال انجام شده در مرحله پیش پردازش باشد. به عنوان مثال بزرگ کرد عکسی که در مرحله پیش پردازش کوچک شده بوده است.

دو مرحله اول گفته شده را مجموعاً مرحله دیکود می گویند. در تصویر زیر، کلیت مراحل مربوط به ناهمفشرده سازی عکس مشخص است:



الگوریتم JPEG

JPEG = Joint Photographic Experts Group

JPEG یک انجمن استاندارد سازی تصویر است و نام یک الگوریتم فشرده سازی که توسط همین انجمن ارائه شده نیز می باشد.

ویژگی های الگوریتم:

- 1) از دسته الگوریتم های lossy می باشد. به این معنی که وقتی یک عکس فشرده شده به این روش، ناهمفشرده سازی شود، با مقایسه عکس حاصل و عکس اولیه به این نتیجه می رسیم که تفاوت هایی در جزئیات با یکدیگر دارند.
- 2) سیستم بینایی و پرسپترون مغز انسان به گونه ای است که تغییرات کوچک در میزان روشنی تصویر را واضح تر از تغییرات در رنگ ها متوجه می شود. همچنین بینایی ما با دیتا با فرکانس خیلی بالا به خوبی ارتباط برقرار نمی کند. از این دو نکته در طراحی این الگوریتم استفاده شده است.
- 3) در این الگوریتم، نرخ فشرده سازی متغیر است و بنابراین میتواند با مقادیر خطای مختلفی عکس را فشرده کند.

نحوه کار الگوریتم:

همان طور که توضیح داده شد، سیستم بینایی و پرسپترون مغز انسان به گونه ای است که به تغییرات رنگ (chrominance) نسبت به تغییرات روشنی عکس (luminance)، کمتر حساس است. این الگوریتم نیز بر مبنای همین موضوع کار میکند. به این معنا که به جای آنالیز مقادیر رنگی RGB و CYK، از قالب YCbCr استفاده می کند که در آن Y معیاری برای سنجش روشنایی، Cb و Cr نیز به ترتیب معیارهای برای سنجش اطلاعات مربوط به رنگ آبی و قرمز می باشند.

از آنجایی که luminance نسبت به chrominance اهمیت بیشتری برای سیستم بینایی ما دارد، الگوریتم مقدار بیشتری از luminance را در عکس فشرده شده نگاه میدارد و با ضریب 2 از نمونه های رنگی در جهات افقی و عمودی می کاهد. عموم کاربردهای عملی از الگوریتم JPEG این مرحله گفته شده را دارا هستند.

سپس، تصویر مورد نظر به بلوک های پیکسلی 8 در 8 تقسیم بنده شده تا الگوریتم جداگانه روی آن ها انجام شود. فشرده سازی روی کانال های [Y-Cb-Cr] به صورت جداگانه انجام می گیرد.

برای هر بلوک، یک تبدیل کسینوسی گسسته (DCT) انجام میگیرد. در این فرایند، مقادیر 64 پیکسل ما مقادیر جدیدی جایگزین میشوند که توصیف می کنند آن مقادیر چگونه می توانند با ترکیبی از توابع ریاضی محاسبه شوند. در حقیقت در این مرحله، 64 مقدار فعلی با 64 مقدار ضرایب DCT جایگزین می شوند تا ماتریس جدیدی حاصل شود.

حال، برای فشرده سازی، الگوریتم با توجه به میزان فشرده سازی که به عنوان ورودی دریافت کرده است، جدول مناسب چندی سازی (quantization table) را انتخاب میکند که ماتریسی 8 در 8 از اعداد است. سپس، ماتریس ضراب DCT مرحله قبل را بر ماتریس چندی سازی نظیر به نظیر تقسیم می کند و هر عدد حاصل را به نزدیک ترین عدد صحیح مربوطه، گرد میکند. درواقع جدول چندی سازی فرایند را از تغییرات با فرکانس بالا به سمت فرکانس پایین هدایت میکند. نتیجه این مرحله از الگوریتم، 64 عدد است که برای الگوهای با فرکانس بالا مقادیر آن ها صفر است و بقیه مقادیر نیز از تنوع مقداری بالایی برخوردار نیستند. همچنین به دلیل گرد شدن، کمی loss (خطا) به آن در صورت بازیابی و انجام عکس این مرحله، اضافه شده است.

بنابراین جدولی که اکنون مقادیر یکسان زیاد و مقادیر 0 زیادی دارد، راحت تر قابل فشرده سازی است. نهایتاً این اعداد حاصل با یکی از روش های huffman یا arithmetic encoding، کد می شوند که عموماً huffman مورد استفاده قرار می گیرد.

مزایای و معایب روش:

این روش در عمل به نرخ فشرده سازی بالایی دسترسی پیدا می کند، به طوری که حدوداً میتوان سائز یک فایل را تا یک پنجم مقدار اولیه کاهش داد. اما این الگوریتم در عمل برای عکس های با تغییرات پیوسته مناسب است. عکس هایی که تغییرات تیز در طیف خود دارند، با این روش به خوبی فشرده نمی شوند. همچنین عکس هایی را که توسط نرم افزارهایی مثل فوتوشاپ، به آن ها پوشش یا سایه اضافه شده است، نمی توان به خوبی با این روش فشرده کرد.

الگوریتم JPEG2000

این الگوریتم توسط انجمن استانداردسازی ISO و در سال 2001 طراحی شد.

ویژگی های الگوریتم:

ویژگی های این الگوریتم مشابه الگوریتم JPEG می باشد. تنها تفاوت عمده در سه نکته ای است که به آن اضافه شده است و در بخش بعد توضیح داده خواهند شد.

نحوه کار الگوریتم:

این الگوریتم مشابه الگوریتم JPEG2000 و با در نظر گرفتن سه نکته زیر انجام می شود:

- 1) یک الگوریتم مبتنی بر موجک به الگوریتم JPEG فعلی اضافه میکند. این الگوریتم مبتنی بر موج (Wavelet-based) باعث افزایش کیفیت عکس ها به خصوص در نرخ های فشرده سازی بالا میشود.
- 2) این الگوریتم منجر به بهبود 20 درصدی کارایی فشرده سازی نسبت به JPEG می شود.

- 3) این الگوریتم همچنین یک حالت بدون ارور (lossless) نیز پیشنهاد می دهد که در نتیجه آن، اندازه فایل ها حدود نصف اندازه فایل های اولیه می شود.

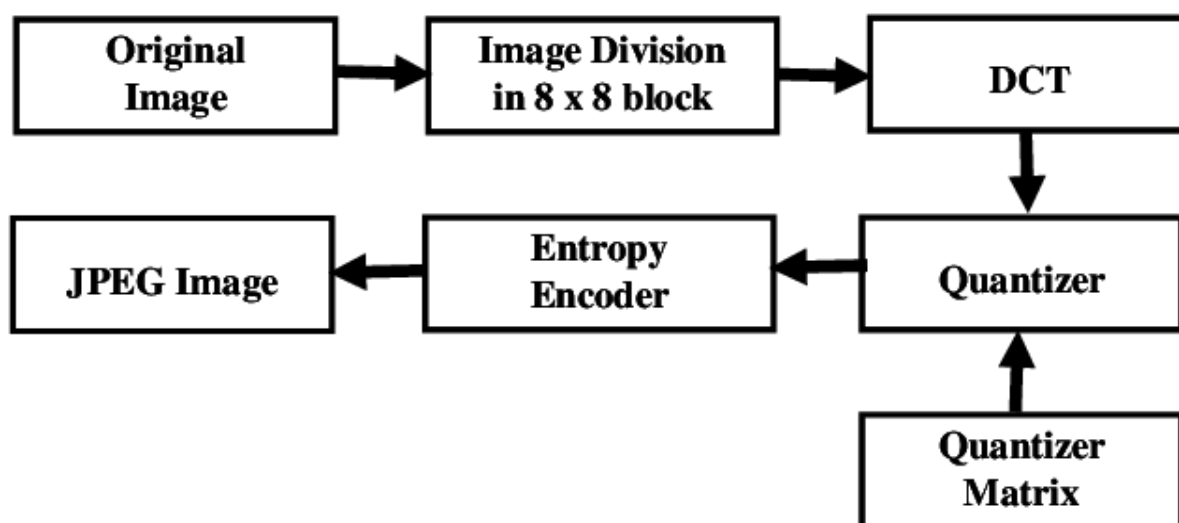
حال می توانیم به مزایا و معایب این روش بپردازیم.

مزایای و معایب روش - مقایسه با JPEG:

این روش، یک الگوریتم خیلی بهینه است که عمدتاً برای استفاده در اینترنت طراحی شده است. همچنین افزودن یک روش بدون خطا به آن، یکی از جذابیت های این الگوریتم شده است.

اما این الگوریتم معایبی نیز دارد. به عنوان مثال، JPEG2000 نسبت به JPEG، مقدار منابع خیلی بیشتر و توان CPU بیشتری برای فشرده سازی مصرف می کند. همچنین گاهی برای نرخ های فشرده سازی زیر 4 درصد، الگوریتم مبتنی بر موجک، جزییات بیشتری را نسبت به JPEG حذف میکند که برای نرخ فشرده سازی پایین، مناسب نیست. از این رو، خیلی از افراد و ... مجدداً برای فشرده سازی تصویر به الگوریتم JPEG روی آورده اند.

در شکل زیر، مراحل کلی روش فشرده سازی JPEG قابل مشاهده است:



جمع بندی و منابع

برای انجام این تحقیق، مطالعات فراوان از سایت های گوناگون انجام داده ام که آدرس مراجع در این صفحه آمده است. البته مطالعاتی که در این حوزه انجام دادم، وسیع تر از آنچه است که آورده شده و روش های فشرده سازی دیگری را نیز مطالعه کردم، اما برای رعایت محدودیت بیشینه حجم مطالب، به همین مقدار در ارائه خود اکتفا کردم. همچنین سعی شد که مطالب خوانا، واضح، به درستی و با رعایت اصول نگارشی نوشته شوند.

به طور خلاصه، فشرده سازی تصویر، با توجه به نیازهای بدیهی و زیادی که به آن در دنیای امروز وجود دارد، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این ارائه ابتدا به مقدمه، تعریف، بررسی کاربردها و اهمیت این موضوع پرداختم. سپس یک سری اصطلاحات پایه در این زمینه را مورد بررسی قرار دادم. سیستم فشرده سازی و ناهمفشرده سازی را مورد بررسی قرار دادم و انواع روش های فشرده سازی را از جهت مبتنی بر خطا بودن یا نبودن بررسی کردم. همچنین به دو نمونه از الگوریتم های فشرده سازی پرداختم و آن ها را با جزییات شرح دادم.

منابع:

An introduction to image processing, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC

Chapter 10 of Scott Umbaugh, SIUE 2005, chapter 10, Image compression

<https://www.prepressure.com/library/compression-algorithm/jpeg2000>

<https://www.prepressure.com/library/compression-algorithm/jpeg>

<https://en.wikipedia.org/wiki/YCbCr>