بررسی روشهای بهبود کیفیت فشرده کننده JPEG برای انتقال تصویر در کانال نویزی

محسن عشوریان

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی

آزاده یساری زارع و امیر کهرانی

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

صندوق پستی ۱۱۱-۸۶۳۱۵ اصفهان ایران فاکس ۵۴۵۲۲۹۴- ۰۳۳۵

کلمات کلیدی : فشرده سازی تصویر ، استاندارد JPEG ، پردازش تصویر

چکیده

با پیشرفت شبکه های ارتباط جهانی، ارسال تصاویر دیجیتال و فشرده سازی آن اهمیت زیادی پیدا کرده است . از جمله پرکاربردترین استانداردهای فشرده سازی JPEG است . فشرده سازی تصویر قبل از ارسال یا ذخیره سازی تصویر انجام می گیرد و تصویر در مقصد یا در زمانی دیگر وافشرده می شود. در هنگام انتقال تصویر، به دلیل نویز کانال مقداری از اطلاعات تصویر از دست می رود . بنابراین کیفیت تصویر بازسازی شده پائین می آید . در این مقاله روشهای بهبود کیفیت فشرده کنندهJPEG برای انتقال تصویر در کانال نویزی بررسی می شود . سه روش ارسال چندگانه، بازسازی بلوکهای از دست رفته و استفاده از کد متقارن مطرح می شود. در دو روش اول پیش فرض اینست که محل بلوکهای نویزی مشخص است . در روش ارسال چندگانه، اطلاعات تصویر به دو قسمت تقسیم می شود و روی هر قسمتJPEG انجام می شود، سپس هر قسمت در یک کانال ارسال می شود. پس از بازسازی ، قسمتی که نویز بیشتری پیدا کرده است، از روی اطلاعات کانال دیگر بازسازی می شود. این کار باعث بهبود کیفیت تصویر خواهد شد . در روش بازسازی بلوکهای از دست رفته، کل تصویر در یک کانال ارسال میگردد و هنگام بازسازی بلوک نویزی توسط چهار بلوک اطراف آن بازسازی می شود .در روش استفاده از کد متقارن، کدی ساخته می شود که به جای کد هافمن در استاندارد JPEG استفاده می شود و قابلیت بازسازی خطای بیت در کانال نویزی را داراست ، بنابراین به تخریب در کانال کمتر حساس است . این کد دارای یک جدول ویژه برای

کدگذاری و کدبرداری تصویر است . نتایج آزمایش های اولیه روی تصاویر مختلف نشان می دهد که این روشها باعث بهبود کیفیت تصویر در فشرده کننده JPEG می شود .

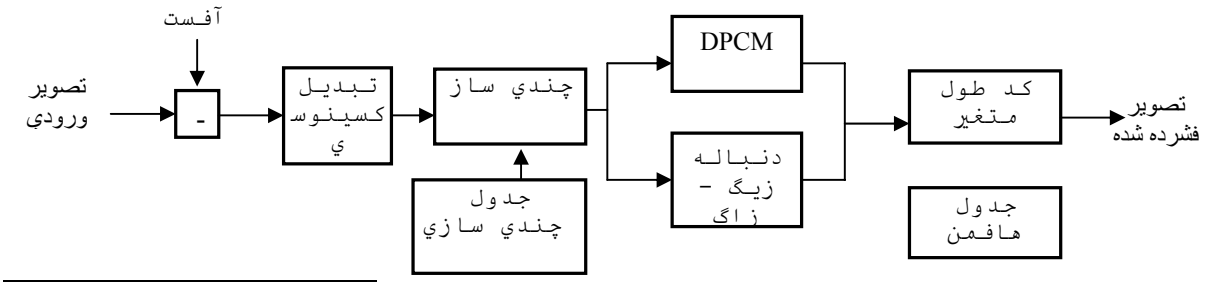
۱. مقدمه

در دهه اخیر به منظور فشرده سازی تصاویر چندین استاندارد جهانی تدوین شده است . اولین استاندارد G3 و G4 بود ، سپس نسل بعدی آن JBIG بود که برای کدکردن تصاویر فاکس بکار می رفت. در سال ۱۹۸۶ بوسیله گروه دیگری بنام JPEG [1] استاندارد نوینی تدوین یافت. استاندارد JPEG برای کد کردن تصاویر سطح خاکستری و رنگی بکار می رود.

در ادامه این مقاله ابتدا اجزاء استاندارد JPEG معرفی می شود ، سپس در بخش ۳ روشهای مطرح شده جهت بهبود کیفیت فشرده کننده JPEG برای ارسال تصویر در کانال نویزی بررسی می شود و نتایج اولیه حاصل شده ارائه می گردد و در نهایت در بخش ۴ جمعبندی صورت می گیرد .

۲. استاندارد JPEG

بلوک دیاگرام این استاندارد در شکل ۱ نشان داده شده است. در این استاندارد ابتدا تصویر به بلوکهای پیکسلی با ابعاد ۸*۸ تقسیم می شود که این بلوکها از چپ به راست و از بالا به پائین پردازش می شوند. سپس مقدار آفست ۱۲۸ از کل پیکسلهای تصویر کم می شود، در اینصورت رنج پیکسلها به ۱۲۸- تا ۱۲۷ کاهش می یابد . فشرده سازی در سه مرحله انجام می گیرد: محاسبه تبدیل کسینوسی ، چندی سازی و انتساب کد طول متغیر که در بخش های بعدی دقیق تر توضیح داده شده است .



[1] joint photographic experts group

شکل(۱) : بلوک دیاگرام استاندارد JPEG پایه

۲-۱. DCT و چندی سازی

همانطور که در بلوک دیاگرام مشاهده می شود ، تبدیل کسینوسی دو بعدی برای هر بلوک محاسبه می شود و به این ترتیب یک ماتریس ۸*۸ ضرایب DCT تشکیل می گردد که اندازه درایه های این ماتریس از چپ به راست و از بالا به پائین کاهش می یابند .

برای چندی سازی این ضرایب از چندی ساز یکنواخت استفاده می شود . از آنجایی که سیستم بینایی به اجزاء با فرکانس پایین حساس تر است ، بنابراین ضرایب فرکانس پایین باید با فاصله های پله کوچکتر و ضرایب فرکانس بالا با فاصله های پله بزرگتر چندی شوند .

برای رسیدن به نرخ فشرده سازی بالا استاندارد JPEG یک جدول چندی سازی پیشنهاد می کند که با Q_{table} نمایش داده می شود .

درایه های ماتریس ضرایب بر عضوهای متناظرشان از این جدول تقسیم می شوند .

معمولا برای کنترل کیفیت تصویر ، ابتدا Q_{table} در یک ضریب کیفیت α که با فاکتور کیفیت Q_{JPEG} نسبت عکس دارد ، ضرب شده و سپس ماتریس ضرایب DCT بر αQ_{table} تقسیم می گردد . ضریب کیفیت α به کمک معادلات زیر محاسبه می شود .

$$\alpha = \frac{S_Q + 50}{100} \qquad (۱)$$

$$S_Q = \frac{5000}{Q_{JPEG}} \quad 1 \le Q_{JPEG} \le 50 \qquad (۲)$$

$$S_Q = 200 - 2Q_{JPEG} \quad 50 \le Q_{JPEG} \le 100 \qquad (۳)$$

درایه های ماتریس چندی شده به دو دسته تقسیم می شوند : ۱) ضریب DC : این ضریب ، عنصر سطر و ستون اول ماتریس و با اهمیت ترین ضریب است که روشنایی متوسط بلوک را مشخص می کند و در بازسازی تصویر نقش بسزایی دارد .

۲) ضرایب AC : بقیه درایه های ماتریس چندی شده ، ضرایب AC نامیده می شوند که تعداد زیادی از آنها در اثر چندی نمودن دارای مقدار صفر می باشند .

۲-۲. انتساب کد طول متغیر

ابتدا ضرایب DC را کد می کنیم . ضرایب DC بلوکهای مجاور افزونگی ذاتی دارند بنابراین برای کد کردن این ضرایب از روش پیشگویی با اتلاف DPCM [1] استفاده می شود. در این روش مقدار بلوک فعلی از مقدار DC بلوک قبلی پیش بینی می شود و خطا با استفاده از روش هافمن کد می شود . کد خطا در دو مرحله تعیین می شود : در مرحله اول ابتدا از جدول طبقه بندی کدهای ضرایب JPEG ،(جدول ۱) ، گروهی که خطا به آن تعلق دارد تعیین می شود و سپس با استفاده از کد هافمن (جدول (۲)) ،کلمه کد مربوط به آن گروه مشخص می شود . در مرحله دوم هر موقعیت در جدول طبقه بندی با یک کد طول ثابت مشخص می شود و کد نهایی با استفاده از این دو مقدار تعیین می گردد .

به عنوان مثال اگر اندازه ضریب DC فعلی برابر ۲ و اندازه ضریب DC بلوک قبل برابر ۴ باشد ، خطای پیش بینی شده ۲- خواهد بود که عدد ۲- در گروه ۲ با کلمه کد «100» و کد طول ثابت «10» قرار دارد بنابراین کد نهایی «10010» خواهد بود.

Range	DC Difference Category	AC Category

[1] Differential Pulse Code Modulation

0	0	N/A
-1,1	1	1
-3,-2,2,3	2	2
-7,…,-4,4,…,7	3	3
-15,…,-8,8,…,15	4	4
-31,…,-16,16,…,31	5	5
-63,…,-32,32,…,63	6	6
-127,…,-64,64,…,127	7	7
-255,…,-128,128,…,255	8	8
-511,…,-256,256,…,511	9	9
-1023,…,-512,512,…,1023	A	A
-2047,…,-1024,1024,…,2047	B	B
-4095,…,-2048,2048,…,4095	C	C
-8191,…,-4096,4096,…,8191	D	D
-16383,…,-8192,8192,…,16383	E	E
-32767,…,-16384,16384,…,32767	F	N/A

جدول (۱) : جدول طبقه بندی کدهای ضرایب JPEG

Category	Base Code	Length	Category	Base Code	Length
0	010	3	6	1110	10
1	011	4	7	11110	12
2	100	5	8	111110	14
3	00	5	9	1111110	16
4	101	7	A	11111110	18
5	110	8	B	111111110	20

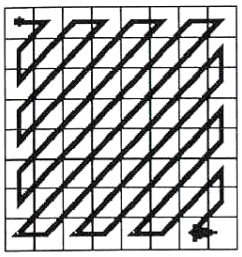
جدول (۲) : جدول کد DC برای JPEG

از آنجایی که بسیاری از ضرایب AC صفر هستند ، برای کد کردن آنها از روش کد کردن طول دنباله استفاده می شود . در این روش ابتدا ضرایب مطابق شکل (۲) بصورت زیگ-زاگ مرتب می شوند . به این ترتیب یک ماتریس دو بعدی به یک آرایه تبدیل می شود. سپس هر نماد بوسیله تعداد صفرهای قبل از یک مقدار غیر صفر ، به صورت زیر تعیین می شود :

(۴) (مقدار غیر صفر ، تعداد صفرها) = هر نماد

در مرحله بعد همه نمادها با استفاده از روش هافمن ، کد می شوند . به این ترتیب به نمادهایی که بیشتر تکرار می شوند کلمه های کد کوتاهتر و به آنهایی که کمتر تکرار می شوند ، کلمه های کد طولانی تر نسبت داده می شود. در ادامه برای نمونهکد طول دنباله برای ماتریس نرمالیزه شده A که در زیر نشان داده شده ، محاسبه شده است .

$$A=\begin{bmatrix} 2 & 5 & 0 & -2 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 9 & 1 & -1 & 2 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 14 & 1 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



شکل (۲) : روش مرتب کردن ضرایب DCT

برای کد کردن طول دنباله ابتدا درایه های ماتریس به صورت زیگ-زاگ مرتب می شوند و سپس با استفاده از رابطه (۴) بصورت یک مجموعه نوشته می شوند :

$$\{2,(0,5),(0,9),(0,14),(0,1),(1,-2),(0,-1),(0,1),(0,3),(0,2),(0,-1),(0,-1),(0,2),(1,-1),(2,-1),(0,-1),(4,-1),(0,-1),(0,1),EOB\}$$

هر نماد این مجموعه با استفاده از جدول هافمن کد می شود : ابتدا با استفاده از جدول (۱) گروهی که مقدار غیر صفر به آن تعلق دارد ، مشخص می شود و سپس کد (طول دنباله/گروه) با استفاده از جدول هافمن تعیین می شود .

به عنوان مثال نماد (0,5) را در نظر می گیریم ، عدد 5 با توجه به جدول (۱) در گروه سوم قرار دارد و نماد (0/3) در جدول (۳) دارای کلمه کد «100» میباشد . همانند روشی که برای تعیین ضریب DC بیان شد ، هر موقعیت در جدول طبقه بندی با یک کد طول ثابت مشخص می شود. بنابراین چون عدد 5 در گروه سوم قرار دارد ، کد طول ثابت برابر «011» و کلمه کد نهایی برای نماد (0,5) برابر «100011» خواهد بود .

Category	Base code	Length	Category	Base code	Length
0/0	**1010(=EOB)**	**4**			
0/1	00	3	8/1	11111010	
0/2	01	4	8/2	1111111111000000	
0/3	100	6	8/3	1111111110110111	
0/4	1011	8	8/4	1111111110111000	
0/5	11010	10	8/5	1111111110111001	
0/6	111000	12	8/6	1111111110111010	
0/7	1111000	14	8/7	1111111110111011	
0/8	1111110110	18	8/8	1111111110111100	
0/9	1111111110000010	25	8/9	1111111110111101	
0/A	1111111110000011	26	8/A	1111111110111110	
1/1	1100	5	9/1	111111000	
1/2	111001	8	9/2	1111111110111111	

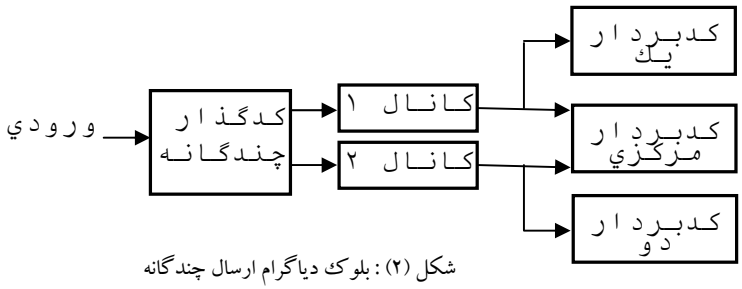
جدول (۳) : جدول کد AC برای JPEG (جدول ادامه دارد)

۳. روشهای بهبود کیفیت تصویر در کانال نویزی

در این بخش روشهای بهبود کیفیت تصویر در مسیر انتقال و در گیرنده پس از عبور از کانال نویزی مطرح می شود . در روش ارسال چندگانه و روش بازسازی بلوکهای از دست رفته تصویر، فرض بر اینست که محل بلوکهای نویزی مشخص است. در زیر این روشها توضیح داده شده اند .

۳-۱. روش ارسال چندگانه

عملکرد اصلی در روش کد کردن چندگانه تقسیم داده های منبع بین چند کانال انتقال است . در اینصورت هنگامی که تعدادی از کانالها دستخوش خرابی شوند ، باز هم می توان تصویر را با کیفیت مناسب بازسازی نمود . بلوک دیاگرام روش کلی ارسال چندگانه در شکل ۲ نشان داده شده است که داده ورودی در دو کانال ارسال می شود .



شکل (۲) : بلوک دیاگرام ارسال چندگانه

به دلیل ارسال اطلاعات تصویر در کانال نویزی دنباله بیت ارسال شده تخریب می شود و کیفیت تصویر بازسازی شده پائین می آید. روش های مختلفی برای پیاده سازی ارسال چندگانه وجود دارد . در روش اجرا شده در این مقاله تصویر را به بلوکهای۸*۸ تقسیم نموده و سپس سطر بلوکهای زوج را در یک ماتریس و سطرهای فرد را در ماتریس دیگری قرار می دهیم . حال از ضرایب هر ماتریس بطور جداگانه JPEG می گیریم وماتریس زوج را از یک کانال نویزی و ماتریس فرد را در کانال سالم عبور می دهیم . در موقع ارسال دنباله بیت اطلاعات ماتریس زوج در کانال نویزی تخریب می شود . در گیرنده روی هر دو ماتریس دریافت شده عکس JPEG انجام

می شود . پس از کنار هم چیدن دو ماتریس بلوکهای تخریب شده زوج با بلوکهای فرد بالایی آن جایگزین می شود، به عبارتی بلوکهای از دست رفتهٔ ماتریس زوج با پیشگویی خطی از ماتریس فرد ساخته می شود . برای سنجش کیفیت تصویر از معیار محاسبه PSNR استفاده می کنیم . نتایج روی تصاویر مختلف نشان می دهد که با ارسال تصویر در یک کانال PSNR پائین است، اما با ارسال تصویر در دو کانال PSNR بهتر شده است یعنی کیفیت تصویر بهتر شده است .

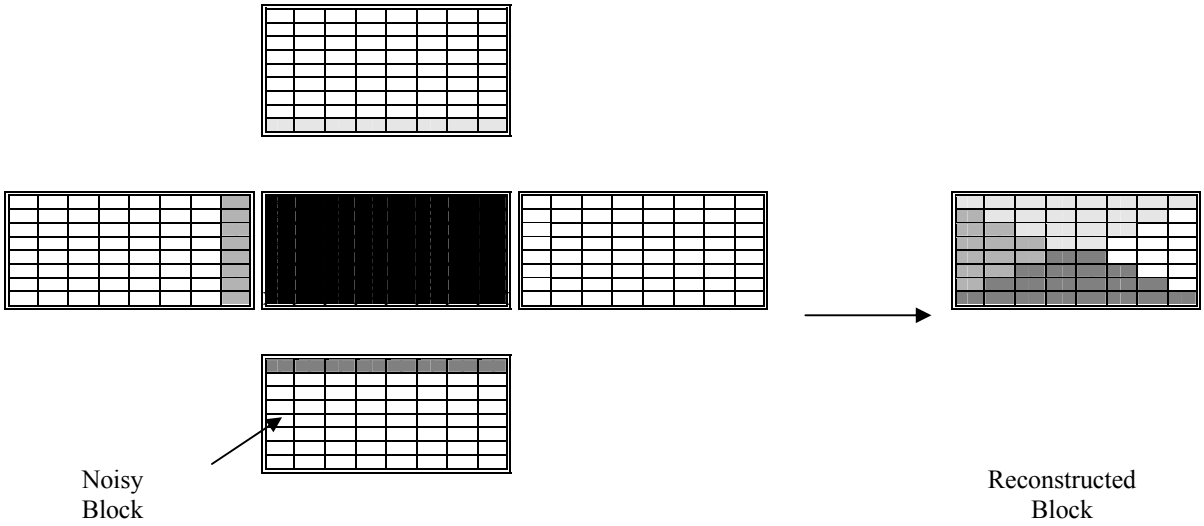
شکل (۳) : طرح کلی ارسال تصویر در دو کانال

۳-۲. روش بازسازی بلوکهای از دست رفته

این روش در مورد تصاویری که روی آنها JPEG انجام شده است بررسی می گردد . تصویر را پس از فشرده سازی از یک کانال نویزی عبور می دهیم، در گیرنده بلوکهای از دست رفته تصویر سیاه به نظر می آید . حال برای بازسازی این بلوکهای نویزی از چهار بلوک طرفین آن که سالم هستند استفاده می کنیم . طریقه جایگزینی مقادیر بلوکهای اطراف در شکل ۲ نشان داده شده است. در این شکل بلوک نویزی به چهار مثلث تقسیم می شود و مقادیر پیکسلهای مجاور این بلوک در این مثلثها انتشار می یابد، در اینصورت بلوک از دست رفته با تقریب خوبی بازسازی می شود.

در تصاویر بررسی شده در این روش بلوکهای نویزی در حد بسیار عالی بازسازی شده اند و کیفیت تصویر بهتر شده است .

البته اگر نویز کانال بسیار زیاد باشد ، احتمال اینکه بلوکهای نویزی کنار هم باشند زیاد می شود . در اینصورت در موقع بازسازی بلوکهای نویزی دو مثلث کناری بازسازی نمی شود و به اندازه یک بلوک لوزی از تصویر سیاه به نظر می رسد، ولی تعداد این بلوکها کم است و تصویر بازسازی شده باز هم کیفیت خوبی دارد .



شکل (۳) : طرح ساده بازسازی بلوک نویزی

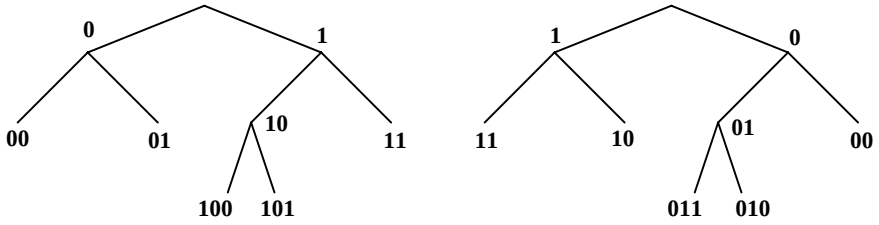
۳-۳. روش استفاده از کد متقارن

در استاندارد JPEG از کد طول متغیر[1] هافمن استفاده می شود. کد طول متغیر ، برای بهبود فشرده سازی از خاصیت آماری سمبلهای تصویر استفاده می کند اما نسبت به خطای بیت در کانالهای نویزی حساس است . به همین منظور از کد RVLC که قابلیت بازسازی خطای ایجاد شده را دارد، استفاده می کنیم . حال برای ساختن این کد به صورت متقارن از جدول کد هافمن بهینه استفاده می کنیم . این نوع کد برای کدگذاری و کدبرداری از یک جدول مشابه استفاده می کند .

شکل ۴ مثالی از درخت هافمن باینری را نشان می دهد . از گره مبدأ شروع کرده و 0 و 1 به شاخه های سمت چپ و راست نسبت می دهیم . همچنین می توان بیت 0 را به شاخه هایی که به سمت راست کشیده می شوند و بیت 1 را به شاخه های سمت چپ نسبت داد .

[1] Variable Length Coding

در اینصورت دو درخت هافمن خواهیم داشت که میانگین طول کلمه کد هر دو یکسان است . این تغییر 0 به 1 را میتوان با عملگر معکوس کننده بیت روی کلمه کد هافمن اصلی انجام داد .

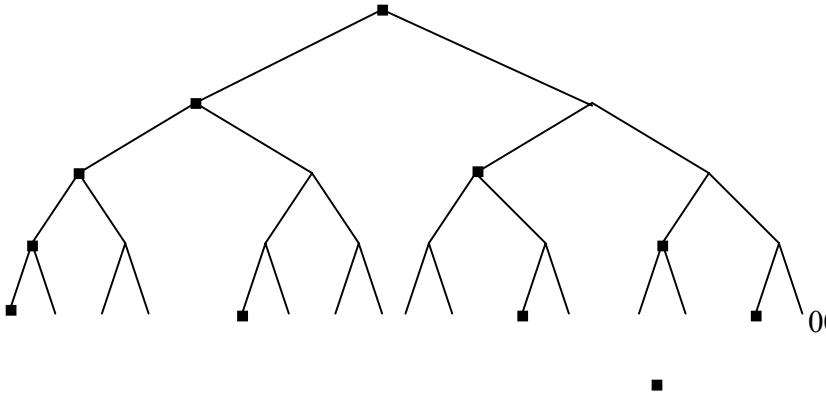


شکل (۴) : درختهای هافمن باینری

اگر همه کلمه کدهای متقارن انتخاب شده معکوس شوند می توان کلمه کد دیگری بدست آورد که طول مشابهی دارد . به عنوان مثال در شکل ۴ ما می توانیم کلمه کد '11' و '101' را از '00' و '010' باعمل معکوس کردن بیت بدست آورد . از این خاصیت می توان برای پیدا کردن کدهای متقارن در ناحیه چپ درخت هافمن ، خصوصاً شاخه هایی که 0 به آنها نسبت داده شده، استفاده کرد . در این ناحیه ما [S/2] کلمه کد متقارن پیدا کردیم که S تعداد سمبلهای داده شده است و [X] کوچکترین عدد صحیح بزرگتر یا مساوی X است .

در شکل ۵ کدهای متقارن نشان داده شده اند . با این کار با داشتن بعضی از کدها بقیه را نوشت .

سطح	کدهای متقارن
۱	0
۲	00
۳	000,010
۴	0000,0110
۵	00000,00100,01010
	, 01110



:کدهای متقارن

شکل (۵) : توزیع کدهای متقارن روی یک نیمه درخت باینری

٤. نتیجه گیری

ما در این مقاله سه روش برای بهتر کردن کیفیت تصویر در کانال نویزی را بررسی کردیم . با ارسال تصویر در دو کانال مجزا و مشاهده تصاویر بازسازی شده حاصل به این نتیجه رسیدیم که این روش کیفیت تصویر را در حد خوبی بالا می برد . همچنین نتایج اولیه حاصل شده از روش بازسازی بلوکهای از دست رفته نشان می دهد که بلوکهای نویزی با کیفیت بالایی بازسازی شده اند، در روش سوم با استفاده از کد متقارن به جای هافمن این امکان وجود دارد که خطای بیت ناشی از کانال نویزی کمترگردد .

٥. مراجع

1. Wook-Hyun Jeong and Yo-Sung Ho. “A New Construction Algorithm for Symmetrical Reversible Variable-Length Codes from the Huffman Code”, Lecture Notes in Computer Science 2869, pp. 675-682, Nov. 2003.

2. Gonzalez and Woods, “Digital Image Processing “Second Ed. 2002, Prientence Hall.

3. JPEG official web page: www.jpeg.org

4. M.Ashourian and Yo-Sung Ho. “Multiple Description Coding for Image Data Hiding Jointly in the Spatial and DCT Domains”, Lecture Notes in Computer Science 2869, pp. 659-666, Nov. 2003.

5. Wook-Hyun Jeong and Yo-Sung Ho. “Design of Symmetrical Reversible Variable-Length Codes from the Huffman Code “,Lecture Notes in Computer Science 2869, 2003