

# کاهش اثر بلوکی در فشرده سازی فراکتالی تصاویر با استفاده از معادلات گرما

حمید حسن پور<sup>۳</sup>  
h.hassanpour@ieee.org

احسان نادرنژاد<sup>۲</sup>  
ehsan\_nader@yahoo.com

مهدی سالاریان<sup>۱</sup>  
m\_salariann@yahoo.com

موسسه آموزش عالی علامه محدث نوری- گروه برق و کامپیوتر- مازندران- نور- خیابان شقایق- تلفن و فکس: ۰۱۲۲-۶۲۵۵۲۴۶

میان و ... [۵] می باشد. از روشهای دیگری که استفاده می شود می توان به آستانه گیری روی ضرائب موجک اشاره نمود [۶]. اما این روشها به نوبه خود باعث هموارسازی و جابه جایی در لبه های تصویر می گردند. در [۱۱] با استفاده از معادلات با مشتقات جزئی عمل افزایش کیفیت کاهش نویز تصویر انجام می گیرد، یکی از این معادلات، معادله نفوذ گرما می باشد، این روشها بر این اساس استوار هستند که شدت تغییر روشنایی در نواحی لبه ها بتدریج انجام میگیرد. بعبارت دیگر همانند مسئله انتقال حرارت، که در آن گرما مدام از یک محیط گرمتر به یک محیط خنکتر منتقل می شود تا آنکه دمای دو محیط به یک نقطه تعادل برسند. نشان داده شده است که این تغییرات بصورت تابع گوسی میباشد [۷]. با استفاده از این اصل مهم برای یک تصویر نیز چنین عملی را میتوان متصور می شوند و بر اساس آن تغییرات در نواحی لبه را بصورت تابعی گوسی در نظر گرفته می شود. در نتیجه تغییرات ناگهانی در نواحی لبه (نواحی که تغییرات در آنها بصورت گوسی هستند) را ناشی از وجود نویز می باشد. در واقع یک تصویر حاوی مجموعه نواحی است که در آن ناحیه های مختلف ممکن است دارای انحراف معیارهای متفاوتی باشند. این مسئله بعنوان معادله نفوذ مطرح شده است [۱۱]. این روش ابزار قدرتمندی را در کاهش نویز و افزایش کیفیت تصاویر در اختیار ما قرار می دهد. در این مقاله قصد داریم تا با استفاده از این ایده اثراتی را که بعد از فشرده سازی فراکتالی تصویر ایجاد می شود، کاهش دهیم. نتایج آزمایشات متفاوت بر روی تصاویر دیکد شده نشان می دهد که این روش بسیار کارآمد بوده و هم در افزایش کیفیت تصویر و هم در حفظ لبه ها بسیار موثر است.

## ۲- کلیات فشرده سازی فراکتالی

در روش فشرده سازی قبل از هر چیز تصویر موجود به بلوکهای برد با ابعاد ثابت با ابعاد  $m \times m$  افزاز می شود. در اینجا  $m$  پارامتری از پیش تعریف شده است [۴،۳]. سپس همه بلوکهای دامنه با ابعاد  $km \times km$  انتخاب در مجموعه ای به نام مجموعه بلوکهای دامنه قرار می گیرند. (معمولا  $k = 2$  است). بلوکهای دامنه ممکن است با گامهای به اندازه  $L$  با حرکت از چپ به راست و از بالا به پایین ساخته

**چکیده:** در این مقاله، روش جدیدی برای افزایش کیفیت تصاویری که با استفاده از تکنیک فشرده سازی فراکتالی کد شده اند ارائه شده است. استفاده از روش فراکتالی برای فشرده سازی تصاویرمانند بسیاری از روشهای فشرده سازی سبب ایجاد پدیده بلوکی و اثرات مصنوعی در تصویر می شود که برای نرخهای مختلف فشرده سازی متفاوت می باشد. در این مقاله با استفاده از معادلات نفوذ و اعمال آن به این تصاویر باعث افزایش کیفیت تصویر و کاهش پدیده بلوکی و اثرات مصنوعی شده ایم. روش پیشنهادی بر روی چندین تصویر از تصاویر استاندارد که با روش فراکتالی و با نرخ بیت های متفاوت فشرده شده اند آزمایش شده است. نتایج نشان داده است که روش پیشنهادی کارایی روش فراکتالی را بهبود داده است.

**واژه های کلیدی:** فشرده سازی فراکتالی، معادلات نفوذ، اثر بلوکی، بهبود کیفیت.

## ۱- مقدمه

فشرده سازی فراکتالی تصاویر، به صورت گسترده ای در کاربردهای مختلف پردازش تصویر، مانند قسمت بندی بافت، پردازش تصاویر MRI مورد استفاده قرار می گیرد [۹،۱]. از مزایای مهم این روش بازسازی سریع تصویر فشرده شده و همچنین ضریب فشرده سازی بالای آن است. مزیت دیگر آن قابلیت تنظیم تفکیک تصویر است که این روش را برای حوزه گسترده ای از کاربردهای چندرسانه ای مناسب ساخته است.

این روش کد گذاری مانند دیگر روشها معایبی دارد، از جمله این معایب اثر بلوکی و ایجاد پدیده اثر مصنوعی در تصویر دیکد شده می باشد. پژوهشگران تحقیقات بسیار زیادی را برای کاهش این اثرات انجام داده اند که شامل یک مرحله پس پردازش (post processing) است. این مرحله در صورتی موجب افزایش کیفیت تصویر خواهد شد به درستی صورت گیرد. نکته اساسی این است که این مرحله نباید باعث هموارسازی و جابه جایی لبه های تصویر گردد.

روشهای متداولی که برای کاهش این اثرات در تکنیکهای فشرده سازی استفاده می شود شامل استفاده از فیلترهای ساده مانند فیلتر وینر و

### ۳- معادله نفوذ

معادله نفوذگرما روشی است که بر اساس تکرار بنا گردیده است. این معادله بصورت (۴) بیان می گردد.

$$\frac{\partial I(x, y, t)}{\partial t} = \nabla \cdot (c(x, y, t) \nabla I(x, y, t)) \quad (4)$$

$$I(x, y, 0) = I_0(x, y)$$

در این معادله  $I(x, y)$  تصویر دوبعدی،  $I(x, y, 0) = I_0(x, y)$  تصویر اولیه،  $\nabla$  عملگر گرادیان،  $c(x, y, t)$  ضریب نفوذ و  $\nabla \cdot$  عملگر دیورژانس می باشد. برای ضریب نفوذ مقدار متفاوت توسط پرونا و مالیک پیشنهاد شده است [۱۰]:

$$c(x, y, t) = \frac{1}{(1 + \frac{|\nabla I|^2}{k^2})} \quad (5)$$

$$c(x, y, t) = \exp\left(-\frac{|\nabla I|^2}{2k^2}\right) \quad (6)$$

در این روابط ضریب نفوذ  $C$  در نقاط مختلف تصویر تغییر می کند. در جاهاییکه گرادیان تصویر بزرگ است این ضریب مقدار کمی دارد. در نتیجه ضریب نفوذ در نزدیکی لبه ها مقدار کمی خواهد داشت. عدد  $k$ ، پارامتر هدایت نامیده می شود. این پارامتر برای کنترل اثر ضریب نفوذ در نظر گرفته شده است. مشکل عمده روش پرونا- مالیک آن است که گرادیان از روی تصویر نویزی محاسبه می شود و به موجب آن محل دقیق لبه ها قابل شناسایی نمیشد. برای حل این مشکل پیشنهاد شده که گرادیان از روی تصویر هموار شده محاسبه گردد [۱۱]، یعنی بصورت معادله (۷):

$$\nabla I_G = \nabla(G_\delta \times I(x, y, t)) \quad (7)$$

در این رابطه  $G_\sigma$  فیلتری گوسی است که با تصویر اولیه کانوالو می شود تا تصویر همواری برای محاسبه مقدار گرادیان مهیا کند. البته می توان روشهای دیگر مانند فیلتر میان و میانگین را نیز در اینجا مورد استفاده قرار داد.

### ۴- روش پیشنهادی

در اینجا ما از روش تقسیم بندی چهار مرحله ای برای کد کردن فراکتالی تصویر استفاده نموده ایم، این تصاویر با نسبت فشرده سازی بالایی دیکد شده اند در نتیجه پدیده بلوکی به آسانی قابل رویت می باشد. برای کاهش اثر این پدیده از معادله نفوذ استفاده نموده ایم.

برای حل معادلات نفوذ روشهای مختلفی وجود دارد، اما برای کاربرد آن در حذف نویز تصاویر دیجیتال لازم است که روشهای عددی در نظر گرفته شوند. در این روش مشتقهای اول و دوم، و نیز لاپلاسیان یک نقطه در فضای گسسته از روی نقاط همسایه آن نقطه بدست می آیند. برای بیان این روش معادله (۴) به صورت رابطه (۸) بازنویسی می شود.

شوند، حداقل مقدار  $L$  برابر یک است که در این حالت مجموعه بلوکهای دامنه بزرگترین اندازه خود را خواهد داشت. برای اینکه مجموعه بلوکهای دامنه غنی تر باشد معمولا از روی هر بلوک دامنه هفت بلوک دیگر ساخته می شود این بلوکهای به ترتیب با چرخشهای  $90^\circ$  و  $270^\circ$  درجه و برگردانهای مختلف از بلوک اولیه ساخته می شود. پس از بنا کردن مجموعه بلوکهای دامنه نظیر هر بلوک برد یک بلوک دامنه جستجو می شود که با تبدیلی خاص بتوان آن را به کمترین خطای ممکن به آن نگاهت. برای سنجش میزان خطا از فاصله اقلیدسی استفاده می شود. اگر  $R$  بلوک برد با اندازه  $n = m \times m$  باشد و  $D$  نیز بلوک دامنه کاهش یافته با همین ابعاد باشد در اینصورت فاصله اقلیدسی یا خطا به صورت زیر تعریف می شود.

$$E(R, D) = \sum_{i=1}^n (sd_i + o - r_i)^2 \quad (1)$$

در این رابطه  $s$  ضریب مقیاسبندی کنتراست و  $o$  میزان شیفت روشنایی است. برای اینکه مقدار بهینه این دو پارامتر را محاسبه کنیم باید نسبت به این دو پارامتر مشتق بگیریم و برابر صفر قرار دهیم که در مرجع [۴] این کار صورت گرفته و نتیجه زیر را در بر داشته است:

$$s = \frac{\langle R - \bar{R}.1, D - \bar{D}.1 \rangle}{\|D - \bar{D}.1\|^2} \quad (2)$$

$$o = \bar{R} - s\bar{D} \quad (3)$$

در اینجا  $\langle, \rangle$ ،  $\bar{R}$ ،  $\bar{D}$  و  $R$ ،  $D$  به ترتیب ضرب داخلی، بلوک برد، بلوک دامنه، متوسط بلوک برد و متوسط بلوک دامنه هستند. با توجه به ابعاد بلوک دامنه و پیچیدگی رابطه (۲) معمولا بجای محاسبه این رابطه  $s$  را در بازه  $[0, 1]$  جستجو می کنند در انتها آدرس بلوک دامنه و تبدیل مربوطه متناظر هر بلوک برد ذخیره می شود. همه مراحل بالا ممکن است در یک مرحله انجام شود در اینصورت الگوریتم سریع بوده ولی ممکن است کمی پراتلاف باشد. دلیل این امر آن است که با ثابت ماندن ابعاد بلوکها شباهت نواحی به همین بلوکها محدود شده اند در حالیکه ممکن است بتوان شباهتهای بیشتری را در ابعادی کوچکتر یافت و از اتلاف الگوریتم کاست. برای انجام چنین کاری در بعضی از تحقیقات قسمت بندی چهار مرحله ای مورد استفاده قرار گرفته است [۱۷]. در اینجا در مرحله اول آدرس بلوک دامنه و تبدیلهای متناظر تنها برای بلوکهایی ذخیره می شود که خطای نگاهت از یک حد آستانه ای کمتر باشد، در غیر اینصورت بلوک برد مورد نظر به چهار قسمت مساوی تقسیم شده و الگوریتم برای هر یک از چهار قسمت یاد شده تکرار می شود. این کار تا سه مرحله دیگر تکرار می شود.

در این مقاله ما با استفاده از معادله نفوذ کیفیت تصویر کد شده با استفاده از این الگوریتم را بهبود بخشیدیم، بر همین اساس در بخش بعدی معادله نفوذ تشریح شده است.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{255^2}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (f_i - f_i^*)^2} \right) \quad (11)$$

در رابطه (۱۱)،  $N$  تعداد کل پیکسلهای تصویر و  $f_i, f_i^*$  به ترتیب پیکسل  $i$ ام تصویر اولیه و تصویر باز شده بعد از فشرده شدن است.

## ۲- معیار شباهت ساختاری (Structural SIMilarity)

این معیار اولین بار در سال ۲۰۰۲ توسط (Wang and Bovik) ارائه شده است [۱۶]، این معیار ترکیبی از سه معیار مختلف می باشد، اگر  $x = \{x_i | i=1, 2, 3, \dots, N\}$  و  $y = \{y_i | i=1, 2, 3, \dots, N\}$  سیگنال تصویر اصلی و سیگنال تصویر تخمینی باشد. این معیار بصورت (۱۴) تعریف می شود.

$$SSIM = Q = \frac{4\sigma_{XY} \bar{X}\bar{Y}}{(\sigma_X^2 + \sigma_Y^2)[(\bar{X})^2 + (\bar{Y})^2]} \quad (12)$$

در این معادله :

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2, \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{Y})^2 \quad (13)$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})$$

محدوده دینامیکی  $SIMM$  بین  $(-1, +1)$  می باشد بهترین مقدار  $SSIM = 1$  هنگامی می باشد که  $y_i = x_i$  (تصویر اصلی = تصویر تخمینی) باشد، بدترین مقدار  $SSIM = -1$  هنگامی رخ می دهد که  $y_i = 2\bar{X} - x_i$  باشد. همانطور که گفته شده این معیار از ترکیب سه معیار قدرتمند می باشد که می توان آنها را بصورت (۲۷) نشان داد.

$$SSIM = Q = Q_1 Q_2 Q_3 = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \times \frac{2\bar{X}\bar{Y}}{(\bar{X})^2 + (\bar{Y})^2} \times \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (14)$$

$$= s(x, y)^\alpha \times l(x, y)^\beta \times c(x, y)^\gamma$$

در این معادله ترکیب اول ( $Q_1$ )، ضریب کربلیشن بین  $x, y$  می باشد که وابستگی بین دو تصویر را نشان می دهد و محدوده آن بین  $(-1, +1)$  می باشد به این ترکیب تابع شباهت ساختاری گفته می شود (Structural SIMilarity) ترکیب دوم ( $Q_2$ ) تابع روشنایی (Luminance function) می باشد که متوسط روشنایی بین دو تصویر را اندازه گیری می کند. ترکیب سوم ( $Q_3$ ) تابع کنتراست (Contrast function) نامیده می شود که چگونگی شباهت بین تصاویر را نمایش می دهد. ضرائب  $\alpha, \beta, \gamma$  پارامترهایی هستند که برای وزن دهی هر تابع بکار می رود، در اینجا این مقادیر را برابر یک در نظر می گیریم. با توجه به

$$\frac{\partial I(x, y, t)}{\partial t} = C(x, y, t) \left( \frac{\partial^2 I(x, y, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I(x, y, t)}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial I(x, y, t)}{\partial x} \times \frac{\partial C(x, y, t)}{\partial x} + \frac{\partial I(x, y, t)}{\partial y} \times \frac{\partial C(x, y, t)}{\partial y} \quad (8)$$

برای حل تقریبی این معادله، از روابط گسسته استفاده می شود که این روابط بر اساس استفاده از مقادیر پیکسلهای همسایه می باشد، برای استفاده از پیکسلهای همسایه از ساختارهای مختلف همسایگی استفاده می شود که در این مقاله از ساختار [۱۵] استفاده شده است. حل تقریبی معادله نفوذ را بصورت (۹) نوشته می شود :

$$I(x, y, t + \Delta t) = I(x, y, t) + \Delta t (d_n c_n + d_s c_s + d_e c_e + d_w c_w + \alpha (d_{ne} c_{ne} + d_{se} c_{se} + d_{nw} c_{nw} + d_{sw} c_{sw} + d_{n1} c_{n1} + d_{s1} c_{s1} + d_{e1} c_{e1} + d_{w1} c_{w1})) \quad (9)$$

برای نمونه یکی از پارامترهای رابطه (۹) بصورت (۱۰) نوشته می شود برای بقیه پارامترها مشابه (۹) عمل می شود.

$$d_n = I(x, y, t) - I(x, y, t - 1) \quad c_n = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_n}{k}\right)^2} \quad (10)$$

این پارامترها در حقیقت معادل عددی برای مشتق و ضریب نفوذ در جهات مختلف هستند. جهات مختلف به ترتیب شمال با اندیس  $n$ ، جنوب با اندیس  $s$ ، شرق با اندیس  $e$  و غرب با اندیس  $w$  و ... مشخص شده اند.

در این روابط  $\Delta t$  گامهای زمانی برای حل عددی است. بدیهی است هر چه تعداد گامها و تکرار در این رابطه بیشتر باشد تصویر به سمت یک تصویر یکنواخت میل می کند. این ضریب باید طوری انتخاب شود که با افزایش مقادیر پیکسلها، روشنایی تصویر از محدوده اصلی خارج نگردد. در اینجا باید با انتخاب تعداد تکرارهای مناسب نویز را به بهترین صورت از تصویر حذف کرد. پارامتر  $\alpha$  برای وزن دهی به میزان اهمیت شبیهیاری در نظر گرفته شده است؛ البته اهمیت آنها در تصاویر مختلف با توجه به فراوانی لبههای اریب متفاوت است.

## ۴- نتایج آزمایشات

برای ارزیابی کارایی الگوریتم پیشنهادی ما از دو معیار مهم استفاده کردیم که بصورت زیر می باشد.

### ۱- نسبت اوج سیگنال به نویز (PSNR)

این معیار میزان از دست رفتن اطلاعات تصویر را نشان می دهد و نشان از کیفیت تصویر دیکد شده و میزان وفادارای الگوریتم استفاده شده می باشد که به صورت زیر تعریف می شود.

$PSNR$  که معیار خوبی برای میزان اطلاعات از دست رفته تصویر می باشد افزایش یافته است، همچنین معیار  $SSIM$  که معیار خوبی برای ارزیابی کیفیت تصویر می باشد در اکثر حالات آزمایش دارای کارایی بالاتری می باشد همچنین این معیار نشان می دهد که ساختار و اسکلت تصویر در روش پیشنهادی بخوبی حفظ می گردد.

نتایج نشان داده است که روش پیشنهادی برای بهبود کیفیت تصاویر فشرده سازی شده کارایی خوبی دارد. برای قضاوت از نگاه چشم انسان یکی از تصاویر مورد آزمایش در شکل ۳- آمده است، شکل ۳-الف تصویر دیکد شده به روش فراکتالی می باشد، شکل ۳-ب نیز تصویر بهبود یافته با روش پیشنهادی می باشد. برای مقایسه دقیقتر در شکل‌های بعدی درشتنمایی قسمتی از تصاویر قبلی آمده است که نشان می دهد اثرات بلوکی و مصنوعی بخوبی کاهش یافته است.

جدول ۱- نتایج الگوریتم بر روی چند تصویر

|              | اعمال معادله نفوذ |        | فشرده سازی فراکتالی |        |
|--------------|-------------------|--------|---------------------|--------|
|              | $SSIM$            | $PSNR$ | $SSIM$              | $PSNR$ |
| لنا          | ۰,۷۱              | ۲۹,۹۶  | ۰,۶۵                | ۲۹,۱۲  |
| قایق         | ۰,۷۵              | ۲۹,۳۶  | ۰,۷۱                | ۲۸,۳۶  |
| نمک و فلفل   | ۰,۶۷              | ۲۸,۳۶  | ۰,۵۸                | ۲۷,۸۳  |
| بابون        | ۰,۸۲              | ۲۹,۶۱  | ۰,۷۶                | ۲۸,۶۳  |
| مردفیلمبردار | ۰,۷۳              | ۲۹,۱۵  | ۰,۶۹                | ۲۸,۸۷  |



ب



الف

نکات گفته شده، در این معیار هر چه مقدار اندازه گیری شده برای یک تصویر به عدد یک نزدیکتر باشد تصویر دارای کیفیت بهتری می باشد. برای استفاده این معیار در پردازش تصویر، ابتدا تصویر را بصورت پنجره هایی تقسیم بندی می کنیم، سپس برای هر پنجره مقدار  $SSIM$  را محاسبه می کنیم سپس از روی مقدار میانگین مقدار  $SSIM$  محاسبه می شود.

$$\overline{SSIM}(X, Y) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M SSIM(x_j, y_j) \quad (15)$$

در این رابطه  $x$  و  $y$  بترتیب، تصویر اصلی و تصویر بهبود یافته می باشند و  $M$  تعداد پنجره های تصویر می باشد،  $x_j, y_j$  نیز محتویات  $j$ امین پنجره می باشد.

الگوریتم پیشنهادی بر روی چندین تصویر استاندارد که از مرجع [۱۳, ۱۴] استخراج شده است اعمال شده است، همچنین برای پیاده سازی از نرم افزار مطلب استفاده شده است.

در همه آزمایشات انجام شده روش پیشنهادی مقادیر  $PSNR$  و  $SSIM$  را افزایش داده است، همچنین اثرات بلوکی و مصنوعی که در روشهای قبلی وجود داشته است بطور قابل ملاحظه ای کاهش یافته است بدون آنکه هموارسازی و یا جابه جایی در لبه های تصویر انجام دهد.

نتایج بعضی از آزمایشات بر روی چهار تصویر معروف که در پردازش تصویر استفاده می شود در جدول ۱- آمده است. در اکثر حالات



شکل ۳- الف) تصویر دیکد شده با  $PSNR=31.23$  ب) تصویر بهبود یافته بروش معادله نفوذ با  $PSNR=33.31$  ج و د) بترتیب درشتنمایی تصاویر الف و ب

*shrinkage : A n empirical study*, " *Journal of Electronic Imaging*, vol. 12, pp. 151-160, 2003

- [7] Weickert, J., B. M. ter Haar Romeny, and M. Viergever, "Efficient and reliable schemes for nonlinear diffusion filtering," *IEEE Trans. On Image Processing*, vol. 7, pp. 398-410, 1998.
- [8] A. Zachor, "Iterative procedures for reduction of blocking effects in transform image coding", *IEEE Trans. Circuits Syst.Video Technol.* 2, pp. 91-95, Mar. 1992
- [9] M.Salarian, H. Miari Naimi, "A Fast Fractal Image Compression Algorithm using predefined values for contrast scaling" *International Conference on Signal Processing and Imaging Engineering (ICSPIE'07) San Francisco, USA, October 2007.*
- [10] Perona. P and Malik. J, "Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion" *IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intel.* 12(7), pp. 629-639, 1990.
- [11] E. Nadernejad, H. Hassanpour, H.Miari, "Image Restoration Using a PDE-based Approach", *International Journal of Engineering*, Vol.20, No.3, (2007), 225-236.
- [12] Weeratunga S.K., and C. Kamath, "A comparison of PDE-based non-linear anisotropic diffusion techniques for image denoising", *SPIE Electronic Imaging*, 2003
- [13] MedicalInformation Finder, <http://www.netme-dicine.com> . , retrieved on October 2006.
- [14] R. C. Gonzalez, Richard E.Woods. *Image Databases* ."[http://www.imageprocessingplace.com/DIP/dip\\_image\\_databases](http://www.imageprocessingplace.com/DIP/dip_image_databases) " , retrieved on October 2006.
- [15] H. Hassanpour, E. Nadernejad, and H. Miari "Image Enhancement Using Diffusion Equations", *International Symposium on Signal Processing and its Applications (ISSPA 2007), Sharjah, UAE, 2007.*
- [16] Z.Wang and A.C.Bovik, "A universal image quality index," *IEEE Signal Processing letters*, vo.9,no.3,pp-81-84, 2002.
- [17] Y. Fisher. *Fractal Image Compression: Theory and Applications*. Springer-Verlag, New York, 1994.

## ۵- نتیجه گیری

در این مقاله روش جدیدی برای بهبود کارایی تکنیک فشرده سازی تصاویر بر پایه فراکتال ارائه شده است در این روش با استفاده از معادلات نفوذ گرما یک مرحله پس پردازش به تصویر دیکد شده فراکتالی اضافه شده است. نتایج آزمایشات متعدد نشان داده است که روش پیشنهادی بمیزان قابل توجهی اثرات بلوکی و اثرات مصنوعی که در تصاویر فشرده شده ایجاد می شود را کاهش داده است بدون آنکه ساختار و لبه های موجود در تصویر را تغییر یا جابه جا کند. مقدار بهبود  $PSNR$  برای تمامی ازمایشهای گزارش شده در حدود ۲ دسیبل است که نشان از کارایی بالای الگوریتم پیشنهادی دارد.

## ۶- مراجع

- [1] M.Hassaballah, M.M.Makky and Y.B. Mahdy, "A Fast Fractal Image Compression Method Based entropy", *Electronic Letters on computer Vision And Image Analysis* 5(1):30-40, 2005
- [۲] مهدی سالاریان، حسین میار نعیمی "روشی اصلاح شده برای فشرده سازی تصاویر ثابت مبتنی بر فراکتالها با قسمت بندی مربعی چند مرحله ای" پانزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، اردیبهشت ۸۶، مرکز تحقیقات مخابرات.
- [3] A. E. jacquin, " image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 1, pp. 18-30, Jan. 1992.
- [4] E. W. Jacobs, Y.Fisher, and R. D. Boss, "Image compression :A study of iterated transform method," *IEEE trans. Signal Processing*, vol. 40, pp.251-263, Mar.1992.
- [5] R. C. Gonzalez, Richard E.Woods, "Digital Image Processing" Prentice Hall, 2004.
- [6] I. K. Fodor and C.Kamath, "Denoising through wavelet