

## نهان نگاری تصویر مبتنی بر SVD چندگانه در حوزه موجک با استفاده از PSO

جواد وحیدی\*

استادیار، دانشگاه علم و صنعت ایران  
(دریافت: ۹۵/۰۷/۰۵، پذیرش: ۹۶/۰۳/۰۶)

### چکیده

هرروزه بر تعداد کسانی که از محصولات رقمی (Digital)، اعم از اصوات، تصاویر و ویدئوهای رقمی، در زندگی روزمره خود استفاده می کنند، افزوده می شود. از طرف دیگر قابلیت کپی برداری از این محصولات، به راحتی و بدون افت کیفیت باعث شده است تا همواره طراحی سامانه‌ای که بتواند از این محصولات و حقوق صاحبان آن‌ها حفاظت کند، یکی از نیازهای جدی این عرصه است. امروزه نهان نگاری داده در محصولات رقمی، به عنوان یک راه حل برای پیاده سازی و اثبات حق مالکیت، احراز اصالت محتوی و کنترل تعداد نسخه‌های چاپ شده از یک اثر را محقق ساخته است. نهان نگاری دیجیتالی یعنی قرار دادن یک سیگنال نامحسوس در بین داده‌های رسانه پوششی، به طوری که هیچ تغییری در داده‌های اصلی نداشته باشد ولی در صورت نیاز بتوان آن را استخراج کرده و به عنوان ادعا برای مالکیت اثر دیجیتالی استفاده نمود. در این مقاله، یک روش ترکیبی جدید برای نهان نگاری تصاویر ارائه گردید که جهت استخراج تصویر یا متن نهان شده پس از حملات عمدی یا غیرعمدی، از الگوریتم توده ذرات (PSO) جهت پیدا کردن مقدار بهینه Scaling factor استفاده شده است.

**واژه‌های کلیدی:** نهان نگاری تصاویر رقمی، حوزه تبدیل، تجزیه مقدار منفرد، الگوریتم توده ذرات

### ۱- مقدمه

نهان نگاری برای پنهان کردن یا اضافه کردن داده یا فایلی در فایل دیگر، به طوری که فقط افراد آگاه با ابزار لازم بتوانند به آن دست یابند و هم چنین یکی از راه‌های حفاظت از داده‌های چندرسانه‌ای در برابر نشرهای غیرقانونی و توزیع غیرقانونی آن‌ها است. تفاوت اصلی نهان نگاری با پنهان نگاری در این است که در نهان نگاری هدف اصلی حفظ محصول دیجیتالی است در حالی که در پنهان نگاری، هدف اصلی، پیام پنهان شده است. در این روش یک سیگنال ثانویه یا الگو به تصویر، ویدئو و یا داده‌های صوتی جاسازی می شود که قابل کشف نیست و به صورت یک عضو جدایی ناپذیر به خوبی با داده‌های رقمی اصلی منطبق است و در مقابل هر نوع پردازش سیگنال چندرسانه‌ای [۱-۲] بدون هیچ مشکلی باقی می ماند. این اطلاعات ثانویه تعبیه شده، علامت نهان نگاری رقمی است. علامت نهان نگاری رقمی به طور کلی، یک کد شناسایی مرئی یا نامرئی است که ممکن است برخی اطلاعات مربوط به گیرنده قانونی و یا نویسنده داده‌های اصلی و قوانین حق نشر به شکل داده‌های متنی و یا تصویری در آن ذخیره شده باشد. این علامت نهان نگاری رقمی را می توان شناسایی و یا استخراج نمود و بعداً به عنوان یک ادعا در مورد مالکیت حقیقی

داده‌ها از آن استفاده کرد. فقدان یک علامت نهان نگاری در تصویری که قبلاً نهان نگاری شده بود به این معنی است که محتوای داده رقمی دچار تغییر شده است. نهان نگاری رقمی که تحت عملیات انتقال/تبدیل دست نخورده باقی می ماند، ما را در حفاظت از حقوق مالکیت اثر رقمی کمک می کنند. در ادامه این فصل در بخش دوم روش‌های نهان نگاری و در ادامه، روش پیشنهادی نهان نگاری در حوزه موجک در بخش سوم شرح داده می شود. در انتها در بخش چهارم با نتیجه گیری از پیاده سازی‌ها و نتیجه گیری نهایی در بخش پنجم، این مقاله را به پایان می رسانیم.

### ۲- روش‌های نهان نگاری

روش‌های نهان نگاری می توانند به دو زیر دسته تقسیم بندی شوند:  
۱- روش‌های حوزه مکان ۲- روش‌های حوزه فرکانس  
در روش‌های حوزه مکان برای گنجاندن شی رقمی مورد نظر، مقادیر پیکسل‌ها به طور مستقیم دست کاری می شود. این روش پیچیدگی کمتری دارند، شکننده ترند و مقاوم نیستند، اما در روش‌های حوزه فرکانس ابتدا تصاویر به یکی از حوزه‌های فرکانسی انتقال یافته و سپس پنهان نگاری با دست کاری مقادیر در حوزه فرکانس انجام می گیرد و در نهایت تصویر به حوزه مکان

اندازه تصویر میزبان و نهان شده وجود ندارد زیرا در هنگام قراردادن تصویر نهان نگاری داخل تصویر میزبان، تصویر نهان نگاری تغییر اندازه داده و هم اندازه با زیرباند LL تصویر میزبان می گردد هم چنین در این روش تصویر نهان نگاری و تصویر میزبان می تواند رنگی (RGB) باشد [۶-۷].

### ۳-۱- الگوریتم جاسازی کردن تصویر نهان نگاری

الگوریتم جاسازی کردن تصویر نهان نگاری در تصویر میزبان به شرح زیر می باشد:

۱- تصویر میزبان I را به سه ماتریس IB, IG, IR تقسیم کن.  
 ۲- در ماتریس  $i=R,G,B$ ;  $i=IR,IG,IB$  DWT را اجرا کن و آن را به بلوک های  $i=R,G,B$ ;  $i=IR,IG,IB$ ;  $i=IR,IG,IB$  تقسیم کن.

۳- در بلوک  $i=R,G,B$ ;  $i=IR,IG,IB$  SVD را اجرا کن.  $[Ii\_LL\_u, Ii\_LL\_s, Ii\_LL\_v]=svd(Ii\_LL)$ ;  $i=R,G,B$   
 ۴- ابعاد تصویر نهان نگاری W را به ابعاد بلوک LL از تصویر میزبان تغییر بده.

۵- تصویر نهان نگاری W را به سه ماتریس WB, WG, WR تبدیل کن.

۶- تصویر نهان نگاری را در مقیاس فاکتور  $T=0.5$  ضرب کرده، آن گاه با مقادیر منفرد (S) مجموعه LL از تصویر میزبان را جمع کنید:  $Ii\_LL\_s2=Ii\_LL\_s+T*Wi$ ;  $i=R,G,B$

۷- در ماتریس  $i=R,G,B$ ;  $i=IR,IG,IB$  SVD را اجرا کن.

۸-  $[Ii\_LL\_s2\_u, Ii\_LL\_s2\_s, Ii\_LL\_s2\_v]=svd(Ii\_LL)$ ;  $i=R,G,B$

۹- معکوس SVD را بشکل زیر اجرا کن.

i.  $Ii\_LL\_new=Ii\_LL\_u* Ii\_LL\_s2\_s* Ii\_LL\_vT$

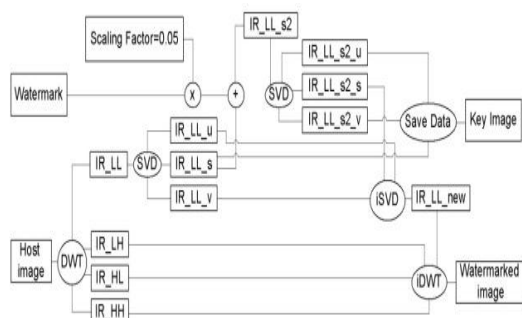
۱۰- معکوس DWT را برای ۴ ماتریس

ii.  $i=R,G,B$ ;  $i=IR,IG,IB$   $Ii\_LL\_new, Ii\_LH, Ii\_HL, Ii\_HH$  اجرا کن و

$Ii$  را به دست بیاور.

۱۱- سه ماتریس IB, IG, IR را ادغام و تصویر نهان نگاری شده Iw را ایجاد کن.

۱۲- سه ماتریس  $Ii\_LL\_s2\_u, Ii\_LL\_s, Ii\_LL\_s2\_v$  (کلید جهت بازبازی تصویر واترمارک) را ذخیره نمایید.



شکل (۲): الگوریتم جاسازی واترمارک در تصویر میزبان.

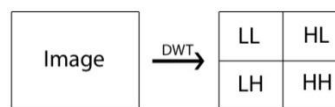
بازگردانده می شود. در مقایسه با روش های حوزه مکان ثابت شده است که روش های حوزه فرکانس در دست یافتن به الگوریتم های نهان نگاری رقمی از لحاظ غیرقابل مشاهده بودن و نیازمندی های استحکام بهتر است. انتقال های حوزه فرکانس که عموماً در الگوریتم های پنهان نگاری تصاویر رقمی مورد استفاده قرار می گیرد شامل انتقال های زیر است:

دامنه تبدیل کسینوسی گسسته (Discrete cosine transform<sup>۱</sup>), دامنه تبدیل فوریه گسسته (Discrete Fourier Transform<sup>۲</sup>), دامنه تبدیل موجک گسسته (Discrete wavelet transform<sup>۳</sup>), دامنه تبدیل سریع هادامارد (Fast Hadamard Transform<sup>۴</sup>), تجزیه مقدار منفرد (Singular Value Decomposition<sup>۵</sup>) و غیره.

به طور کلی، این مطلب مورد تأیید است که روش های حوزه فرکانس، قوی تر از روش های دامنه فضایی عمل می کنند [۳].

### ۳-۲- تبدیل موجک گسسته (DWT)

استفاده از DWT در فشرده سازی و کدینگ سیگنال های تصویری هر روز بیش تر می گردد. دلایل مثبت این روش می تواند مصالحه مطلوب کیفیت، امنیت و مقاومت باشد. نکته بااهمیت در این روش وجود خاصیت چندتبدیلی در این حوزه است که می توان با بهره گیری مناسب این روش پیام را به شیوه مطلوبی در تصویر پخش و جای گذاری کرد. تبدیل موجک از تجزیه تصویر در حوزه فرکانسی - فاصله ای تشکیل شده است. کم ترین باند فرکانسی در کوچک ترین فاکتور تجزیه ای را با LL نام گذاری می کنند. HL یعنی بیش ترین باند فرکانسی افقی و کم ترین باند فرکانسی عمودی است. LH نیز کوچک ترین سایز تجزیه در کم ترین فرکانس افقی و بیش ترین فرکانس عمودی قرار دارد [۴-۵].



شکل (۱): تبدیل موجک گسسته

### ۳- روش پیشنهادی نهان نگاری در حوزه موجک

در این تحقیق، یک روش نهان نگاری غیرقابل مشاهده و مبتنی بر روش SVD چندگانه در حوزه موجک که از الگوریتم PSO جهت افزایش استحکام استفاده شده است، پیشنهاد می گردد. در الگوریتم پیشنهادی، تصویر میزبان I و تصویر نهان نگاری W و تصویر نهان نگاری شده Iw نامیده شده است و محدودیتی در

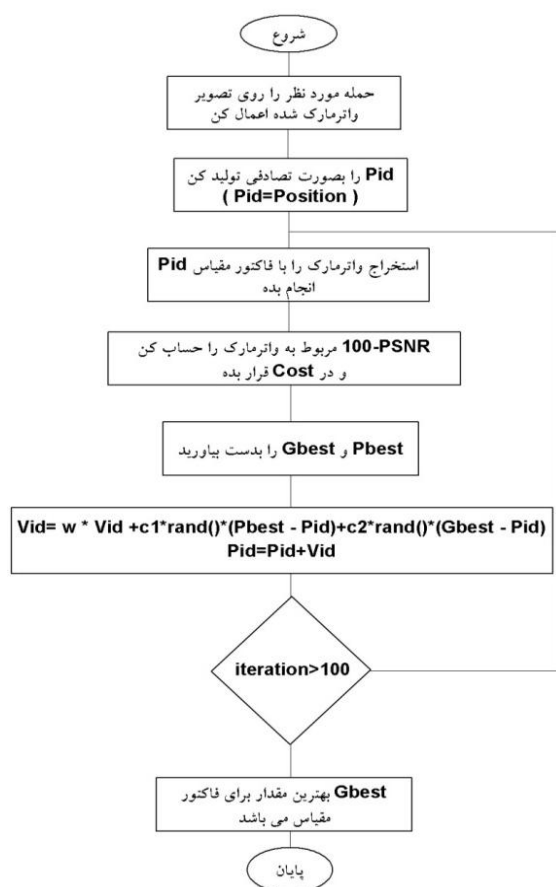
- 1- DCT
- 2- DFT
- 3- DWT
- 4- FHT
- 5- SVD

برای بررسی کیفیت تصاویر نهان نگاری پس از فرآیند نهان نگاری و اعمال حملات بر روی آن‌ها، روش‌های متعددی وجود دارد. یکی از روش‌های رایج اندازه‌گیری، PSNR یا اوج نسبت وزن سیگنال به نویز و MSE میانگین مربع خطاها می‌باشند که در آن کیفیت بصری تصویر نهان نگاری استخراج شده  $W^*$  و تصویر نهان نگاری اصلی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

محاسبه PSNR با استفاده از رابطه زیر انجام می‌شود:

$$MSE(W, W') = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (W(i, j) - W'(i, j))^2 \quad (۱)$$

$$PSNR(W, W') = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE(W, W')} \quad (۲)$$



شکل (۴): فلوجارت الگوریتم پرنندگان در الگوریتم پیشنهادی.

برای تصاویر با عمق ۸ بیت، مقدار معمول برای PSNR عددی بین ۳۰ db و ۵۰ db در واحد Decibel می‌باشد. که این مقدار هرچه بیشتر باشد بهتر است. برای تصاویر با عمق ۱۶ بیت این مقدار بین ۶۰ db تا ۸۰ db می‌باشد. در صورتی که تصویر واترمارک و تصویر واترمارک استخراج شده دقیقاً شبیه به هم باشند (اصلاً نویز وجود نداشته باشد) مقدار MSE برابر صفر خواهد بود پس مقدار PSNR تعریف نشده است. (تقسیم بر صفر)

[۸]

### ۳-۲- الگوریتم استخراج واترمارک

الگوریتم استخراج تصویر نهان نگاری از تصویر به شرح زیر می‌باشد:

۱- تصویر واترمارک شده  $I^W$  را به سه ماتریس  $I^W_R, I^W_G, I^W_B$  تقسیم کن.

۲- در ماتریس  $I^W_i$  ;  $i=R,G,B$ ، DWT را اجرا و آن را به بلوک‌های  $I^W_{i\_LL\_new}, I^W_{i\_LH}, I^W_{i\_HL}, I^W_{i\_HH}$  ;  $i=R,G,B$  تقسیم کن.

۳- در بلوک  $I_{i\_LL\_new}$  ;  $i=R,G,B$ ، SVD را اجرا کن.

$[I^W_{i\_LL\_u}, I^W_{i\_LL\_s2\_s}, I^W_{i\_LL\_v}] = \text{svd}(I^W_{i\_LL\_new})$  ;  $i=R,G,B$

۴- ماتریس‌های  $I_{i\_LL\_s2\_u}, I_{i\_LL\_s}, I_{i\_LL\_s2\_v}$  که در الگوریتم جاسازی واترمارک ذخیره کرده بودیم را فراخوانی نمایید.

۵- معکوس SVD را به شکل زیر اجرا کن:

$$I_{i\_LL} = I_{i\_LL\_u} * I_{i\_LL\_s} * I_{i\_LL\_v}^T$$

۶- معکوس DWT را برای ۴ ماتریس  $I_{i\_LL}, I_{i\_LH}, I_{i\_HL}, I_{i\_HH}$  ;  $i=R,G,B$  اجرا کن و به دست بیاور.

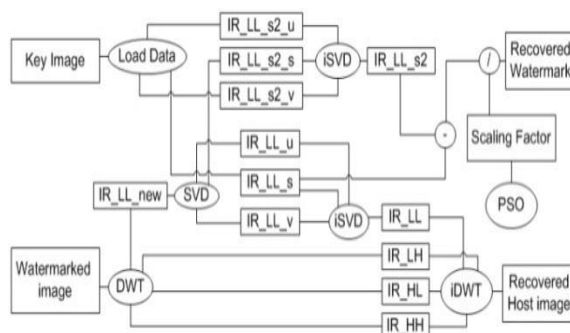
۷- سه ماتریس  $I_R, I_G, I_B$  را ادغام کن تا تصویر میزبان استخراج شده ایجاد گردد.

۸- معکوس SVD را به شکل زیر اجرا کن:

$$I_{i\_LL\_s2} = I_{i\_LL\_s2\_u} * I_{i\_LL\_s2\_s} * I_{i\_LL\_s2\_v}^T$$

۹- ماتریس  $I_{i\_LL\_s2}$  را از  $I_{i\_LL\_s2}$  کم کرده سپس بر مقیاس فاکتور T (که بهینه‌ترین مقدار آن از طریق الگوریتم PSO به دست می‌آید) تقسیم می‌کنیم:  $W_i = (I_{i\_LL\_s2} - I_{i\_LL\_s}) / T$  ;  $i=R,G,B$

۱۰- سه ماتریس  $W_R, W_G, W_B$  را ادغام کن تا تصویر واترمارک استخراج شده ایجاد گردد.

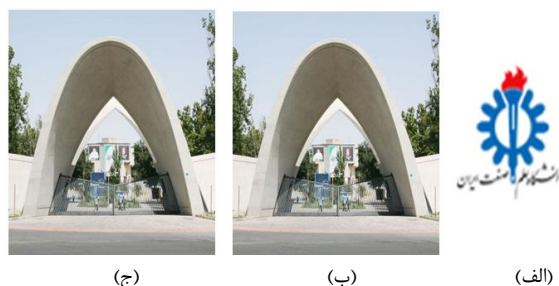


شکل (۳): الگوریتم استخراج واترمارک از تصویر میزبان.

فلوجارت الگوریتم پیشنهادی به همراه الگوریتم PSO جهت استخراج کردن واترمارک بر روی تصویر مورد حمله قرار گرفته به صورت شکل (۳) می‌باشد.

## ۴- نتایج پیاده سازی

برای آزمایش طرح نهان نگاری مبتنی بر SVD چندگانه پیشنهاد شده، از یک تصویر رنگی RGB شکل (۵. ب) با اندازه  $512 \times 512$  پیکسل به عنوان تصویر میزبان I و یک تصویر رنگی RGB شکل (۵. الف) با اندازه  $64 \times 64$  پیکسل به عنوان تصویر نهان نگاری W استفاده شده است. شکل (۵. ج) تصویر نهان نگاری شده می باشد.



شکل (۵): (الف) تصویر نهان. (ب) تصویر میزبان. (ج) تصویر نهان نگاری شده.

نتایج حاصل از حملات رایج بر روی تصویر نهان نگاری شده، در جدول (۱) آمده است. الگوریتم [۷] بر روی تصاویر سیاه و سفید می باشد. هم چنین تصویر استخراج شده نیز سیاه و سفید می باشد و مقدار PSNR به دست آمده هم بر اساس تصاویر سیاه و سفید می باشد ولی روش پیشنهادی ما، بر روی تصاویر رنگی کار می کند به این دلیل در جدول زیر در قسمت مربوط به روش پیشنهادی، هم PSNR مربوط به تصاویر رنگی و هم PSNR مربوط به تصاویر سیاه و سفید را قرار داده ایم. تا مقایسه به صورت شفاف تر صورت گیرد.

جدول (۱): مقایسه روش پیشنهادی و الگوریتم [۷].

ردیف	نوع حمله	روش پیشنهادی		
		PSNR سیاه و سفید	PSNR رنگی	PSNR واترمارک
1	بدون حمله	38.8796	33.4592	36.3886
2	JPEG compression	38.0371	29.7184	9.8275
3	Salt & pepper	32.5043	23.4389	9.2226
4	Rotation 25°	35.8886	26.1144	3.9984
5	Rotation 270°	38.2667	33.4469	9.9417
6	Gaussian	32.0910	22.1228	8.0315
7	Cropping	34.8465	25.9530	2.9464

در ادامه با توجه به جداول بالا مقایسه ای را بین روش

پیشنهادی و الگوریتم [۷] ارائه می دهیم.

نخست به شباهت های بین این دو روش می پردازیم. ابتدا باید در نظر داشته باشید که روش پیشنهاد شده ما و روش [۷] هر دو از طرح های نهان نگاری مبتنی بر مقادیر منفرد هستند. دوم این که هر دو روش نهان نگاری برای امنیت طرح نهان نگاری، به جای استفاده از دنباله اعداد تصادفی در علامت نهان نگاری از تصویر با متن معنادار استفاده می کنند که این مسئله بر عملکرد روش نهان نگاری می افزاید و از مشکل تشخیص مثبت-کاذب جلوگیری می کند. مطلب بعدی این که در هر دو روش، از طرح نهان نگاری برگشت ناپذیر استفاده می شود و نکته آخر این که هر دو روش از طرح نهان نگاری به منظور احراز حق مالکیت استفاده می شود.

اکنون به تفاوت های این دو طرح نهان نگاری می پردازیم. الگوریتم [۷] از یک روش نهان نگاری مبتنی بر SVD خالص استفاده می کند. در روش آن ها، تصویر میزبان و تصویر نهان نگاری باید به صورت GrayScale (سیاه و سفید) باشد و این مسئله محدودیتی در این روش است زیرا تصاویر رنگی RGB را پشتیبانی نمی کند ولی در روش پیشنهاد شده ما، این مشکل برطرف شده است و تصاویر رنگی را پشتیبانی می کند. همان طور که در قسمت های قبل توضیح داده شد در روش نهان نگاری ما تصویر میزبان و تصویر نهان نگاری از نوع رنگی RGB هستند و هم چنین تصویر نهان نگاری ایجاد شده نیز یک تصویر رنگی RGB می باشد.

در روش [۷] در برابر حملات رایج مقاومت خوبی ندارد. همان طور که در جداول فوق مشاهده کردید این روش نهان نگاری در برابر رایج ترین حملات ضعیف عمل می کند و تصویر نهان نگاری استخراج شده از آن بدون کیفیت بصری می باشد اما روش نهان نگاری پیشنهاد شده ما در برابر رایج ترین حملات مقاومت خوبی از خود نشان داده است نتایج حاصل از آزمایشات در جداول فوق مبین این مسئله می باشد.

همچنین، روش پیشنهاد شده در صورتی که هیچ حمله ای بر روی آن انجام نشود تصویر نهان نگاری را به خوبی بازیابی می کند ولی الگوریتم [۷] در حالتی که هیچ حمله ای بر روی آن صورت نگیرد تصویر نهان نگاری را با کیفیت پایین بازیابی می کند.

## ۵- نتیجه گیری

الگوریتم [۷] از یک روش نهان نگاری مبتنی بر SVD خالص استفاده می کند. در روش آن ها، تصویر میزبان و تصویر نهان نگاری باید به صورت GrayScale (سیاه و سفید) باشد اما در روش پیشنهاد شده ما، این مشکل برطرف شده است و تصاویر رنگی را

پشتیبانی می‌شود. با توجه به آزمایشات انجام شده مشاهده کردیم که روش پیشنهاد شده در صورتی که هیچ حمله‌ای بر روی آن انجام نشود تصویر نهان‌نگاری را به خوبی بازیابی می‌کند ولی الگوریتم [۷] در حالتی که هیچ حمله‌ای بر روی آن صورت نگیرد تصویر نهان‌نگاری را با کیفیت پایین بازیابی می‌کند. نتایج آزمایش‌ها نشان دهنده مزیت روش پیشنهادی نسبت به روش مشابه است.

## ۶- مراجع

- [1] N. Mahmoodabadi, V. VahidAbdolmaleki, and M. Mekdad, "Watermarking Confidential Information By Substitutions Permutations Least Significant Bit," The Fifth National Conference Of Command And Control, 1392. (In Persian)
- [2] A. Ghafoor and M. Imran, "A Non-blind Color Image Watermarking Scheme Resistent Against Geometric Attacks," Radioengineering, vol. 21, no. 4, 2012.
- [3] A. A. Mohammad, A. Alhaj, and S. Shaltaf, "An improved SVD-based watermarking scheme for protecting rightful ownership," Elsevier, Signal Processing, vol. 88, pp. 2158- 2180, 2008.
- [4] A. Agarwal, N. bora, and N. Arora, "Goodput Enhanced Digital Image Watermarking Scheme Based on DWT and SVD," IJAIEEM, vol. 2, Issue 9, 2013.
- [5] A. K. Gupta and M. S. Raval, "A robust and secure watermarking scheme basedon singular values replacement," Sadhana, vol. 37, Part 4, pp. 425-440, 2012.
- [6] H. Biao-Bing and T. Shao-Xian, "A contrast sensitive visible watermarking scheme," IEEE Multimedia, vol.13, no. 2, pp. 60-67, 2006.
- [7] S. Shanmugaprabha and N. Malmurugan, "A New Robust Image Watermarking Scheme Based on DWT with SVD," IJASCSE, vol. 3, Issue 4, 2014.
- [8] [HTTP://en.wikipedia.org/wiki/Peak\\_signal-to-noise\\_ratio](http://en.wikipedia.org/wiki/Peak_signal-to-noise_ratio)