

## بهبود ظرفیت نهان نگاری برگشت پذیر با استفاده از تکنیک درون یابی در

### تصاویر پزشکی

سید محمد حسینی<sup>۱</sup>، دکتر احمد کشاورز<sup>۲</sup>، دکتر حبیب رستمی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد هوش مصنوعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات بوشهر، گروه مهندسی کامپیوتر، بوشهر، ایران  
Tarannompc20@gmail.com

<sup>۲</sup> استادیار، دانشکده کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، بوشهر  
ahmad\_modarres81@yahoo.com

<sup>۳</sup> استادیار، دانشکده کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، بوشهر  
habib@sharif.edu

### چکیده

با توجه به اینکه ظرفیت درج یکی از مهمترین موضوعات در حوزه نهان نگاری برگشت پذیر، خصوصاً در حوزه پزشکی، است. در این مقاله یک پنهان نگاری قابل برگشت بر اساس درونیابی پیکسلهای تصویر و تشخیص نواحی مورد علاقه<sup>۱</sup> در تصویر میزبان با هدف افزایش ظرفیت درج ارائه شده است. بر اساس پیش پردازش مبتنی بر مولفه های Texton، اهمیت نواحی تصویر، یک تصویر باینری ساخته می شود که مکانهای پیکسل های دارای اهمیت بافتی بالا را نگهداری می کند. در نواحی غیر از این نواحی، پیکسل های بیشتری جهت درج انتخاب می شود. حال بعد از انتخاب پیکسل های که شرایط مناسب جهت درج را دارند، بر اساس یک الگو میزان ظرفیت هر پیکسل مستقلاً محاسبه می گردد. در گام بعد بر اساس یک روش درونیابی، از تصویر اصلی خود تصویر درونیابی شده آن را می سازیم. عملیات درج در پیکسل هایی که شرایط درج ( بسته به مقدار ظرفیت درج در یک بیت، دو بیت و... LSB هر پیکسل درج صورت می گیرد) را دارند صورت می گیرد. همچنین در عملیات معکوس با شناسایی پیکسل هایی که در آنها درج صورت گرفته و محاسبه ظرفیت درج آنها، به کمک مقادیر درونیابی شده، مقدار واقعی پیکسل و همچنین بیت های که در آن درج شده است را بر می گردانیم. نتایج حاصل از الگو ریتیم پیشنهادی بر روی تصاویر استاندارد پزشکی، نشان دهنده کارایی روش پیشنهادی در مقابل روش های دیگر است.

### کلمات کلیدی:

نهان نگاری برگشت پذیر، ظرفیت درج، مولفه های Texton و نواحی مورد علاقه

---

<sup>۱</sup> region-of-interest

بر روی تصاویر پزشکی و در بخش پایانی نتیجه گیری بیان خواهد شد.

## ۲- روش پیشنهادی

با مطالعات انجام شده بر روی روشهای نهان نگاری، یک روش خوب و جامع برای نهان نگاری برگشت پذیر تصاویر، باید حداقل دارای ویژگی های، حفظ جامعیت اطلاعاتی و کلیت تصویر در زمان درج، بازیابی تصویر اصلی و استخراج رشته واترمارک می بایستی دارای کمترین اعوجاج باشد، توانایی خودکار محاسبه ظرفیت هر پیکسل برای درج، یک روش درج مناسب بایستی متناسب با طول رشته واترمارک و توزیع پیکسلهای مناسب درج، می بایستی عمل درج متوازی داشته باشد.

با توجه به این ویژگی ها در الگوریتم نهان نگاری چند مرحله ای<sup>۲</sup> (در مقابل تک گام<sup>۳</sup>)، اعوجاج در روشهای چند مرحله ای نهان نگاری بسیار بیشتر و همچنین کارایی بازیابی و استخراج رشته واترمارک و همچنین کارایی درج را در مرحله دوم درج به بعد، به شدت تحت تاثیر قرار می دهد. به همین منظور برای دوری از همین مشکلاتی ما یک الگوریتم نهان نگاری توافقی و در یک گام پیشنهاد داده ایم.

در زیر با تشریح هر یک از زیر قسمت های مدل ارائه شده، مشاهده خواهیم کرد که این مدل خواص فوق را داراست.

### ۲-۱- پیشنهاد مدل وفقی<sup>۴</sup> جهت یافتن مناسب ترین

#### توزیعی پیکسلی در تصویر

آنالیز پیکسلی تصویر شامل مشخص کردن نواحی در یک تصویر توسط رابطه پیکسلی آن تصویر، برای یافتن الگوهای تکرار شده در تصویر است. مدل توصیفی پیکسلی در اینجا با استفاده از مفهوم Texton (برگرفته از Texture Ton) سعی دارد مفاهیم زبری، درشتی، همواری، نرمی و ناهمواری را بعنوان تغییرات مکانی در شدت پیکسل ها را معلوم نماید [13], [14]. داشتن اطلاعاتی در مورد تغییرپذیری محلی مقادیر شدت یک پیکسل در یک تصویر می تواند اطلاعات مناسبی در مورد مفاهیم فوق ارائه دهد و این مهم را، Texton به خوبی انجام می دهد. بعنوان مثال در نواحی با بافت هموار و نرم محدوده مقادیر

نهان نگاری دیجیتال تکنیک درج اطلاعات در رسانه ی دیجیتالی است که بعدا می تواند استخراج شده یا تشخیص داده شود. داده-ی درج شده واترمارک نام دارد و رسانه ی که درج در آن صورت می گیرد، میزبان یا پوشش است. این کار در راستای محافظت حقوق معنوی صورت می گیرد. در حال حاضر رسانه هایی که واترمارکینگ بر روی آنها اعمال می شود عبارتند از: سیستم واترمارکینگ متن، صوت، تصویر و ویدئو [۲].

استخراج واترمارک می تواند به سه گروه زیر تقسیم بندی شود [۳]: ابتدا روشی که برای استخراج به تصویر اصلی اولیه نیاز دارد. این روش ها که به روش های غیرکور معروفند در برابر حملات مختلف پردازش تصویر مقاوم هستند، در روش دوم که نیمه کور نام دارد، نیاز به تصویر اصلی نیست و با واترمارک و یا اطلاعات اضافی دیگر استخراج را انجام می دهد و در انتها تکنیک های کور که تنها با استفاده از کلید رمز و بدون نیاز به تصویر اصلی، واترمارک و اطلاعات اضافی واترمارک را استخراج می کند.

الگوریتم معرفی شده با الهام گیری از روشهای ارائه شده تا به امروز، از روشی که به اندازه گیری ارتباط فضایی و مکانی پیکسل ها می پردازد و با استخراج نواحی هموار وزبر در تصویر مکانهای مناسب را برای درج پیشنهاد میدهد. بررسی و اندازه گیری ارتباط فضایی پیکسلها از اینرو مهم است که اطلاعاتی در مورد تغییر پذیری محلی مقادیر شدت یک پیکسل در تصویر فراهم می آورند. بعنوان مثال در نواحی با بافت هموار و نرم محدوده مقادیر همسایگی که حول یک پیکسل واقعند، مقادیر کوچکی خواهند بود در حالی که در نواحی با بافت کلفت و خشن این مقادیر بزرگتر است در نتیجه بدست آوردن ماتریسی از مقادیر که اطلاعاتی از این دست را به ما بدهد در بدست آوردن موقعیت های مناسب درج، تصویر بسیار موثر بوده چرا که بافت موجود در تصویر اطلاعات ادراکی سطح بالایی را ارائه می دهد و آنالیز صحیح آن منجر به تصمیم گیری مناسب جهت درج در نواحی کم اهمیت - نواحی که حجم تصویری کمتری از اصل محتوایی تصویر را حمل می کند- تصویر می گردد. به همین جهت درج در نواحی کم اهمیت تصویر باعث می شود که کیفیت تصویر کمتر دستخوش تغییر شود و در نتیجه کیفیت تصویر در مقابل فرایندهای درج مقاوم باقی می ماند.

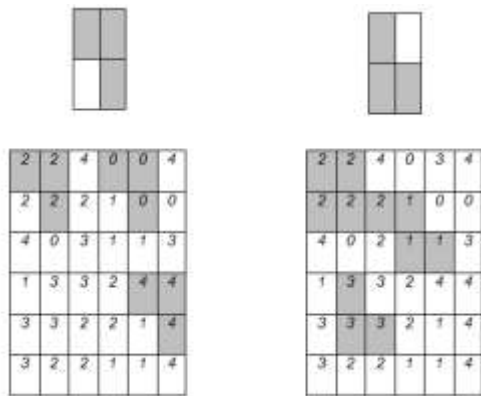
در ادامه در بخش دو، روش پیشنهادی را با تمام جزئیات بیان می کنیم، در بخش سه مقایسه روش پیشنهادی با دیگر روشها

<sup>۲</sup>multi-pass embedding

<sup>۳</sup>Single-pass embedding.

<sup>۴</sup>adaptive

برای استخراج روابط پیکسلی بر اساس مولفه های معرفی شده، با یک مثال این مراحل را توضیح می دهیم. لازم است که هر یک از اجزای شکل 1 را بصورت جداگانه مطابق شکل 4-4 و 4-3 به تصویر اصلی شکل 4-2 اعمال کرده و تصویر Texton مربوط به هر جزء استخراج گردد.



شکل 2: تصاویر استخراج شده بر اساس  $T_4$  و  $T_2$

همانطور که در شکل 2 دیده می شود مولفه  $T_2$  و  $T_4$  به تصویر اصلی اعمال گردیده و نواحی از تصویر که شامل این مولفه-هاست، را استخراج کرده ایم. همین اقدام را برای دیگر مولفه ها انجام می دهیم.

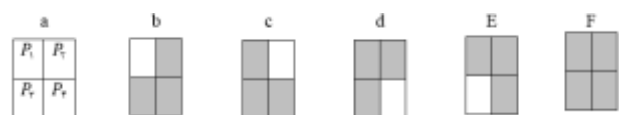
بعد از این عملیات تصاویری بدست می آید که هر کدام نواحی از تصویر که شامل مولفه های مربوط به خود است را نگه داشته (علامت زده) و نسبت به دیگر نواحی بی اهمیت است. همچنین می توانیم یک تصویر از ترکیب این تصاویر نیز بدست آورد که در اینجا با ترکیب پنج، تصویر مولفه ای بدست آمده تصویر ششم تولید می شود.

حال عملیات درج را می توان در هر یک از این شش تصویر بدست آمده انجام داد- در اینجا در نواحی سفید، نواحی سیاه بعنوان نواحی با اهمیت تصویر در نظر گرفته شده و در حد امکان بیتی در این نواحی درج نمی شود. بعد از درج در هر یک از تصاویر ذکر شده با اندازه گیری پارامترهای تست کیفیت بصورت توافقی یکی از شش تصویر به عنوان تصویر مناسب برای درج این رشته خاص انتخاب می شود. یعنی در واقع این روش به ما این انعطاف را می دهد که بسته به رشته نهان نگار و کیفیت و نوع نواحی که در تصویر پوشش وجود دارد، یکی از شش تصویر فوق که در عین حال که در هنگام درج جامعیت ارتباطی پیکسل های تصویر حفظ می شود بلکه اطلاعات در پیکسل هایی با درج اهمیت پایین از نظر بصری درج می شوند.

همسایگی که حول یک پیکسل واقع اند، مقادیر کوچکی خواهند بود در حالی که در نواحی با بافت کلفت و خشن این مقادیر بزرگتر است. در نتیجه بدست آوردن ماتریسی از مقادیر که اطلاعاتی از این دست را به ما بدهد در آنالیز تصویر بسیار موثر بوده چرا که داشتن روابط پیکسلی تصویر اطلاعات بصری سطح بالایی را ارائه می دهد و آنالیز صحیح آن منجر به داشتن دید مناسبی از چینش پیکسل های تصویر و در نتیجه یافتن مکانهای مناسب جهت درج، و در نتیجه منجر به بهبود ظرفیت نهان نگاری و بالا نگه داشتن کیفیت تصویر بعد از درج می شود. در نتیجه برآن شدیم تا از روشی برای آنالیز پیکسلی استفاده شود که موارد فوق را به حد قابل قبولی پوشش دهد. در اینجا به تشریح این مفهوم می پردازیم.

## 2-1-1- روش یافتن روابط پیکسلی به کمک مولفه ها

در اینجا به توضیح روش استخراج نواحی با اهمیت و کم اهمیت تصویر به کمک مولفه های بنام Texton می پردازیم. Texton بیشتر در مباحث مربوط به بازیابی تصویر بر اساس محتوا بکار گرفته شده است، و در اینجا قصد داریم به کمک این مولفه ها روشی برای نهان نگاری ارائه دهیم. به منظور استخراج Texton تصویر، می بایستی اجزایی در جهت استخراج ویژگی های پیکسلی مشترکی که در تصویر است، تعریف کرد. انواع مختلفی از اجزا Texton، با فاصله پیکسلی مشخص، در آنالیز پیکسلی می تواند مورد استفاده قرار گیرد، در اینجا به کمک مثالی که اجزاء آن در شکل 4-1 نشان داده شده است. هر جزء Texton معرف یک چهارتایی از پیکسل هاست (این پیکسل ها را پیکسل های مولفه ای یا دارای ساختار می نامیم) که هیچ یا یکی از پیکسل ها  $P_1$  و  $P_2$  و  $P_3$  و  $P_4$  در هر جزء مخالف بقیه بوده و در کل با هم تشکیل یک جزء Texton را می دهند، با توجه با اینکه کدام پیکسل مخالف بقیه باشد به ترتیب،  $T_1$ ،  $T_2$ ،  $T_3$  و  $T_4$  ایجاد می شوند. شکل 1 انواع اجزایی که می توان با این چهار پیکسل داشت را نشان می دهد.



شکل 1: انواع اجزای (a) شبکه 2x2، (b)  $T_1$ ، (c)  $T_2$ ، (d)  $T_3$ ، (e)  $T_4$  و (f)  $T_5$ .

## ۲-۲- فرایند درج با قابلیت ظرفیت بالا به کمک

### درونیابی

اساس پیکسل‌های واقع در همسایگی عمودی و افقی آن پیکسل درونیابی می‌گردد. این روش را به کمک شکل ۳ توضیح می‌دهیم.

		$I_{nn}$	$I_{nne}$
	$I_{nw}$	$I_n$	$I_{ne}$
$I_{ww}$	$I_w$	?	

شکل ۳: پیکسل‌های همسایه موثر در محاسبه درونیابی پیکسل؟

فرض کنید پیکسل‌های مشخص شده بخشی از پیکسل‌های یک تصویر باشد، برای پیش بینی مقدار پیکسل؟ به کمک پیکسل‌های مشخص شده به کمک رابطه (۱) برآوری از اندازه و جهت پیکسل مجهول در دو جهت افقی و عمودی انجام می‌گیرد.

$$\begin{aligned} d_h &= |I_w - I_{ww}| + |I_n - I_{nw}| + |I_n - I_{ne}| \\ d_v &= |I_w - I_{nw}| + |I_n - I_{nn}| + |I_{ne} - I_{nne}| \end{aligned} \quad (1)$$

حال بر اساس این مقادیر برآوردی از این پیکسل به کمک فرمول ۲ بیان می‌شود.

$$\hat{I} = \begin{cases} I(i, j-1) & \text{if } \Delta > 80 \\ \frac{I(i, j-1) + \xi}{2} & \text{if } \Delta \in (32, 80) \\ \frac{I(i, j-1) + 3\xi}{4} & \text{if } \Delta \in (8, 32) \\ \frac{I(i+1, j) + 3\xi}{4} & \text{if } \Delta \in (-32, -8) \\ \frac{I(i+1, j) + \xi}{2} & \text{if } \Delta \in (-80, -32) \\ I(i+1, j) & \text{if } \Delta < -80 \end{cases} \quad (2)$$

که داریم:

$$\begin{aligned} \Delta &= d_v - d_h \\ &= \frac{\xi}{2} \frac{I(i, j-1) + I(i+1, j)}{2} \\ &\quad + \frac{I(i-1, j+1) - I(i-1, j-1)}{4} \end{aligned} \quad (3)$$

## ۲-۲-۱- محاسبه ظرفیت درج در هر پیکسل

این که در همه پیکسل‌های تصویر میزبان به تعداد مساوی بیت واترمارک درج شود، استراتژی بهینه ای نیست. به همین

برای این منظور در منطقه که به عنوان منطقه با اهمیت پایین شناخته شده است، در مقدار هر مکان پیکسل را با تغییر LSB در مکانهای ۱ و ۲ و ... و بیت‌های خود را درج می‌کنیم. قبل از درج لازم است یک عملیات آماری انجام دهیم گامهایی که لازم است بر روی بستر تصاویر Texton قبل از فرایند درج صورت گیرد به صورت زیر است، این عملیات به این علت صورت می‌گیرد که می‌خواهیم استراتژی در بر بگیریم که بیت‌های واترمارک برابری در پیکسل‌های مورد نظر واقع در تصویر میزبان، قرار ندهیم.

۱- شمارش تعداد بیت‌های نهاننگاری و همچنین

تعداد پیکسل‌های در نواحی کم اهمیت تصویر

۲- بدست آوردن تناسب بین دو پارامتر فوق

۳- بر اساس پارامتر بدست آمده در گام دوم میتوان

تصمیم گرفت که هرپیکسل در مکان LSB چند

تغییر می‌تواند داشته باشد. در این مرحله

متناسب با ظرفیت نهان نگاری یک حد آستانه

T، تعریف میشود.

با توجه به توضیحات فوق و همچنین گامهای بیان شده

لازم است یک عملیات پیش درج صورت گیرد. در این عملیات

بصورت توافقی (بر اساس محاسبات) محاسبه می‌شود که چه

تعداد از بیت‌های واترمارک می‌بایستی برای هر پیکسل درج شود.

بعد از مرحله پویش و فقی تصویر، و بر اساس اینکه کدام

یک از شش تصویر حاصله شده جهت درج، مناسب ارزیابی می‌شود

(در مرحله ۴-۳-۳ این کار صورت می‌گیرد) برای درج در

هر پیکسل، بر اساس پیکسل‌های همسایه درونیابی (پیش بینی

مقدار پیکسل براساس مقدار پیکسل‌های همسایه) صورت می‌دهیم.

و بر اساس این درونیابی و مقدار واقعی پیکسل تصمیم به درج

یک یا چند بیت می‌نماییم. در واقع با اسکن ماتریس‌های B و

چک کردن پیکسل‌های دارای اهمیت پایین مراحل را به صورت

زیر پی می‌گیریم.

برای درونیابی و پیش بینی مقدار یک پیکسل از روش

Wu که معروف به روش GAP<sup>۶</sup> است [10] و در مقاله های

مختلف جهت تشخیص تیزی و لبه‌ها در تصاویر مورد استفاده قرار

گرفته استفاده می‌کنیم. در این روش مقدار یک پیکسل بر

<sup>۶</sup>Gradient-Adjusted Prediction

منظور یک رویه اتوماتیک تعریف میکنیم تا تعداد بیت‌های واترمارک که میبایستی در هر پیکسل درج شود را مشخص کند.

فرض کنیم تصویر میزبان ما به صورت زیر تعریف شود.

$$I = \{I(i, j), 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq M\}$$

که  $N \times M$  اندازه تصویر است.

با استفاده از مدل درونیایی ارائه شده در قسمت ۴-۳-۱،

مقدار پیکسل‌های پیش‌بینی شده تصویر میزبان به صورت

$$I' = \{I'(i, j), 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq M\}$$

پیش‌بینی میشود، که  $I'(i, j)$  مقدار پیش‌بینی شده

برای  $I(i, j)$  است.

مقادیر  $I'(i, j)$  مقادیرایست که به کمک پیکسل‌های

همسایه یک پیکسل پیش‌بینی شده است، در نتیجه مسلماً با مقدار واقعی یک پیکسل اختلافی دارد، این اختلاف به صورت زیر محاسبه میشود.

$$d(i, j) = I(i, j) - I'(i, j)$$

بینی است. این اختلاف یک ظرفیت است. یعنی از این عدد

میتوانیم بعنوان یک پایه برای محاسبه ظرفیت تحمیلی به یک

پیکسل استفاده کرد. در واقع وقتی یک پیکسل بکمک همسایه

های خود درونیایی میشود با توجه به بافت تصویر در مقیاس

محلی کوچک، این مقدار میتواند جایگزین مقدار واقعی پیکسل

گردد. حال با در نظر گرفتن، ترشولد  $T$ ، برای پیکسلی که

خطای پیش‌بینی آن رابطه زیر را اغنا کند

$$d(i, j) \in [-T, T]$$

از واترمارک را درج کند.

$$d^{wat}(i, j) = 2d(i, j) + b \quad (۴)$$

که  $b \in [0, 1]$  رشته واترمارک است.

یعنی خطای پیش‌بینی را به چپ شیفت داده (ضرب در

۲) و عدد واترمارک را به انتهای آن اضافه می‌کنیم. (بعنوان

مثال اگر  $d=6$  باشد و  $b=1$  آنگاه داریم:  $d=110 \rightarrow$

$$d^w = 1101 \rightarrow (2d=1100)$$

عملیات برای برگشت پذیری

بدین صورت طراحی گردیده)

اما در اینجا هدف درج تنها یک بیت در هر پیکسل

نیست، بلکه بر اساس تجربیات حاصله شده به دنبال عددی

بعنوان ظرفیت درج هر پیکسل هستیم که بر اساس پارامترهای

مانند ترشولد و خطای درونیایی بدست آید.

$$n = \left\lfloor \log \frac{\alpha T}{d} + 1 \right\rfloor \quad (۵)$$

در این فرمول  $\alpha$  ظریبی از توزیع شدت پیکسلی تصویر مرجع و [طول رشته واترمارک] است. رابطه ای جهت درج چند بیت در یک پیکسل بصورت رابطه ۶ بیان می‌شود.

$$d^{wat}(i, j) = 2^n d(i, j) + b, \quad (۶)$$

$$d(i, j) \in \left[ \frac{-T}{2^n}, \frac{T}{2^n} \right]$$

در واقع با توجه به میزان اعوجاجی که یک عمل درج

ایجاد میکند میتوان مقدار  $n$  را میتوان محاسبه و یا محدود کرد.

اگر چنانچه در یک تصویر دو پیکسل با مقادیر  $I(i_1, j_1)$  و

$I(i_2, j_2)$  داشته باشیم و طبق فرمول درج بالا، به ترتیب

دارای اختلاف درونیایی  $d(i_2, j_2), d(i_1, j_1)$  باشند. حال

چنانچه بین این دو مقدار رابطه زیر برقرار باشد.

$$2d(i_2, j_2) \rightarrow 2^{n-1}d(i_1, j_1) < d(i_2, j_2) < 2^n d(i_1, j_1)$$

این نشان دهنده این است که درج  $n$  بیت در پیکسل

$I(i_1, j_1)$  دارای اعوجاج کمتری نسبت به درج یک بیت

در پیکسل  $I(i_2, j_2)$  است. با این توضیح به این نتیجه میرسیم

که بایستی بصورت دینامیک برای هر پیکسل مستعد درج،

ظرفیت درج آنرا محاسبه کرده و بر اساس این ظرفیت اقدام به

درج یک یا چند بیت در یک پیکسل کرد، در نتیجه فرمول ارائه

شده برای ظرفیت درج بر اساس پارامترهای بیان شده قابل

اندازه‌گیری است.

## ۲-۲-۲- تخمین توزیع شدت پیکسلی تصویر و انتخاب

### یکی از شش تصویر حاصله

یکی از کارهایی که در اینجا انجام میدهیم و در ادامه و

مکمل پوشش وقتی تصویر است، انجام یک برآورد از توزیع شدت

پیکسلها در سراسر تصویر مرجع است. در اینجا یک کمک تبدیل

وولت، توزیع شدت پیکسلهای یک تصویر را تخمین می‌زنیم و

بعنوان پارامتری موثر، جهت محاسبه ظرفیت درج یک پیکسل

استفاده می‌شود. حال قبل از محاسبه این پارامتر توضیح

مختصری از تبدیل موجک DWT را بیان می‌کنیم.

تبدیل موجک گسسته یک بعدی یک سیگنال گسسته را

بر حسب مقادیر تابع مقیاس و تابع شیفت یافته و گسترش یافته

تجزیه می‌کند. تبدیل موجک یک تصویر (سیگنال دوبعدی) با

## ۲-۳- فرایند درج

بعد از اینکه تصویر باینری B ساخته شد، فرایند درج میتواند آغاز گردد. در طول فرایند درج مقادیر خاکستری پیکسلها بر اساسا خطای درونیایشان تغییر میکنند. در اینجور موارد، مشکلات سرریز و زیرریز ممکن است به خاطر وجود مقادیر پیکسلهایی مانند ۰ و ۲۵۵ رخ دهد که ممکن است به ۱- و ۲۵۶ تغییر مقدار پیدا کنند. برای رفع این مشکل به این صورت عمل میکنیم: برای پیکسلهای با مقدار ۰ و ۲۵۵ در تصویر پوشش، مکانشان را در ادامه بردار نقشه مکانی ذخیره کرده و مقدار این پیکسلها به ترتیب به ۱ و ۲۵۴ تغییر مقدار پیدا میکند. در نتیجه پیش پردازش اولیه هرگز منجر به سرریز و یا زیر ریز مقادیر خاکستری پیکسلها نمیشود. مراحل درج در شکل نشان داده شده است. این مراحل به صورت دیتیل در زیر توضیح داده می شود.

ورودی :

تصویر پوشش I با ابعاد M.M، رشته واترمارک S،

حد آستانه T و مولفه های Texton

خروجی :

تصویری که اطلاعات در آن درج شده است.

مراحل درج:

- ۱- تصویر پوشش I را اسکن میکنیم موقعیتهای ۰ و ۲۵۵ را پیدا کرده و آنها را ذخیره میکنیم. این رشته را میتوانیم فشرده کنیم. حال مقدار این پیکسلها را به ۱ و ۲۵۴ تغییر میدهیم. تصویر حاصله را I' مینامیم.
- ۲- با استفاده از پارمتر T و کامپونتهای واقع در شکل ۴-۱ فرایند استخراج مولفه های Teton از تصویر را آغاز کرده برای بدست آوردن تصاویر باینری ( $0 \leq l \leq 6$ )  $B_l$  همانطوری که در بخشهای قبل توضیح داده شد.
- ۳- تصاویر باینری ( $0 \leq l \leq 6$ )  $B_l$  را اسکن کرده و اگر  $B_l(i, j) \neq 1$  باشد به کمک مدل درونیایی پیشنهادی این پیکسل را به کمک پیکسلهای همسایه اش درونیایی میکنیم. مقادیر درونیایی شده را  $P_l$  مینامیم.
- ۴- حال به ازای تمام ( $0 \leq l \leq 6$ )  $B_l(i, j)$  که  $B_l(i, j) \neq 1$  است، مقدار خطای درونیایی را برای هر پیکسل محاسبه میکنیم.

پیاده سازی تبدیل موجک یک بعدی در جهت های افقی و عمودی به دست می آید [2]. از آنجایی که تبدیل موجک، تصویر را به باندهای فرکانسی مختلف با مقیاسهای متفاوت می کشاند، لذا شباهت زیادی با سیستم بینایی چشم انسان دارد. از طرفی چون الگوریتم فشرده سازی  $JPEG200$  - که استاندارد جدیدی از فشرده سازی تصویر است و بسیاری از تصاویر موجود از این استاندارد استفاده کرده اند - بر مبنای تبدیل موجک پایه گذاری شده است. استفاده از این تبدیل برای استخراج ویژگی ها امروزه زیاد مرسوم شده است.

در تبدیل موجک دوبعدی در سطح یک، تصویر با ابعاد  $X, Y$  به چهار ناحیه  $LL_1, LH_1, HL_1, HH_1$  تقسیم می شود که  $LL_1$  ناحیه ای با ابعاد  $\frac{X}{2}$  و  $\frac{Y}{2}$  است. در سطح دوم به همین ترتیب به چهار ناحیه با ابعاد  $\frac{X}{4}$  و  $\frac{Y}{4}$  تقسیم می شود. که در نهایت ناحیه هایی با ابعاد  $\frac{X}{2^n}$  و  $\frac{Y}{2^n}$  بدست خواهد آمد. بنابراین در حوزه تبدیل موجک، تصویر به صورت یک ساختار هرمی نمایش داده می شود [7], [6]. بعد از محاسبه این تخمین محاسبات زیر را برای برآورد تخمینی از توزیع پیکسلهای مولفه ای و غیر مولفه ای در تصویر انجام می دهیم.

تخمین به کمک موجک تابع زیر تولید میشود که اعدادی را به بعنوان تعداد تکرار هر مقدار پیکسلی بعنوان خروجی به ما میدهد. زیر را به ما می دهد.

$$Wav(i) = Cont(i). 0 \leq i = Pixel\ intensity \leq 255$$

حال برای به دست آوردن تخمینی از توزیع پیکسلهای

مولفه ای و غیر مولفه ای در تصویر داریم:

For i := 1 to 255

For j := 1 to 255

if  $I(i, j) \in \text{component pixels}$   $cont(i * j)$   
=  $cont(I(i, j)) + 1$

END

END

این تخمین عبارت است از:

$$\text{Density Estimation of component pixels} = \frac{cont(i * j) \quad I(i, j) \in \text{component pixels}}{\sum_{i=1}^{255} Cont(i)}.$$

در نتیجه تخمین پیکسلهای غیر مولفه ای نیز برابر است

با:

$$\text{Density Estimation of non component pixels} = \alpha = 1 - \text{Density Estimation of component pixels}$$

### ۳- ارزیابی کارایی

برای بررسی کارایی روش بیان شده از تصویر پزشکی استاندارد که همگی از دیتاست [14] مورد استفاده قرار گرفته اند. این تصاویر خاکستری با سایز ۵۱۲\*۵۱۲ را مورد استفاده قرار دادیم. در این پیاده سازی بر روی یک سیستم ۶۴ بیتی Core i3 با ۸ گیگابایت حافظه و به کمک برنامه متلب ۲۰۱۳ مورد ارزیابی قرار گرفت. این تصاویر که با بصورت MRI هستند و یا بصورت CT، در شکل ۵-۱ بخشی از این تصاویر را نشان داده است.



(a)



(b)

شکل ۴: تصاویر MR و CT جهت ارزیابی کارایی روش

همچنین در شکل ۵ اطلاعاتی که در مورد بیمار که بعنوان اطلاعات واترمارک در تصویر ذخیره شده است را نشان میدهد. این اطلاعات به اطلاعات باینری تبدیل شده و در تصویر ذخیره میگردد.

THE PATIENT INFO  
P.Name : Ali.Hossaini  
Age:40  
ID:3451

شکل ۵: اطلاعات بیمار

شکل ۶ تصاویر بالا را بعد از عملیات درج اطلاعات نشان

میدهد.



(a)



(b)

$$D_{i,j} = P_l(i,j) - \tilde{I}(i,j)$$

۵- حال به کمک رابطه زیر فرایند درج را آغاز میکنیم.

$$D^{wat}(i,j) = 2^n D(i,j) + b$$

که در اینجا  $n$  ظرفیت درج در هر پیکسل است و  $b$  بیتی از بیتهای رشته واترمارک.

در نتیجه در هر بیتی که در شرایط فوق مستعد درج باشد با محاسبه  $n$ ، فرایند درج در  $n$  بیت از  $lsn$  هر پیکسل صورت میگیرد. نهایتاً تصویر واترمارک نهایی ساخته میشود  $I^W$ .

### ۲-۴ فرایند استخراج

ورودی :

تصویر واترمارک  $I^W$  با ابعاد  $M.M$ ، حد آستانه  $T$  و

مولفه های  $Texon$

خروجی :

تصویر پوشش و رشته واترمارک.

مراحل استخراج به قرار زیر است.

۱- با استفاده از روش بیان شده در بالا تصویر  $I^W$

را به کمک پارامتر  $T$  و مولفه های  $Texon$

اسکن کرده و  $B_l$  ( $0 \leq l \leq 6$ ) ها را بدست

می آوریم.

۲- تصاویر  $I^W$  را اسکن کرده و پیکسلهای غیر مولفه

ای را درونیایی می کنیم. تصویر حاصله را با  $P$

نمایش می دهیم.

۳- برای مقادیری از پیکسلهای که  $B_l(i,j) \neq 1$ ،

مقدار درونیایی تصویر واترمارک را به کمک

فرمول زیر حساب می کنیم، این پارامتر خطای

درونیایی اصلاح شده نام دارد.

$$\tilde{D} = I^W - P$$

مقادیر خطای درونیایی اصلاح شده را اسکن می کنیم، در

مواردی که  $B_l(i,j) \neq 1$  و  $\tilde{D}(i,j) \in \left[-\frac{T}{2^n}, \frac{T}{2^n}\right]$  به

احتمال زیادی یک یا چند پیکسل درج شده است. پس با

محاسبه  $n$  برای هر پیکسل و خواندن  $n$  بیت از  $LSB$  هر

پیکسل، رشته واترمارک استخراج می گردد. نهایتاً تصویر اصلی و

رشته بیتی واترمارک استخراج می گردد.

شکل ۶: تصاویر شکل ۴ بعد از عملیات درج اطلاعات

	۹	۱	۴	۱	۶	۴	۰	۹
et al.[26]	۴۸,۸	۷۱۶۸	۴۸,۳	۲۲۶۹	۴۸,۹	۸۴۰۵	۴۸,۵	۳۸۷۳
Lu	۲	۴	۶	۶	۴	۰	۰	۴
روش پیشنهادی	۴۸,۹	۸۴۱۵	۴۹,۹	۳۰۰۲	۴۸,۰	۷۹۸۰	۴۹,۵	۴۷۳۴
ی		۲		۰	۸	۵	۸	۵

از پارامتری به نام PSNR برای اندازه گیری کیفیت

تصویر واترمارک استفاده کرده ایم.

برای اندازه گیری کیفیت تصویر واترمارک دو پارامتر

آماری وجود دارد که ساده ترین و پرکاربردترین معیارهای سنجش MSE<sup>۷</sup> و شباهت PSNR<sup>۸</sup> هستند و علت آن محاسبه ساده و در برداشتن یک معنای فیزیکی قابل فهم است. این روش ها که معیارهای ارزیابی کیفیت مبتنی بر میزان حساسیت خطا نامیده می شوند نیز دارای اشکال ها و محدودیت هایی هستند. این پارامترها از طریق فرمولهای ۷ محاسبه می شوند.

$$MSE = \frac{1}{N \times M} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (x_{i,j} - \hat{x}_{i,j})^2$$

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \frac{225^2}{MSE}$$

(۷)

در روش بیان شده مقدار PSNR قبل و بعد از درج و

استخراج واترمارک محاسبه شده و در جدول ۵-۱ نشان داده شده است.

همچنین در شکل ۴-۵ مقدار PSNR قبل و بعد از درج

و استخراج واترمارک نشان میدهد. همانطور که در این جدول و شکل دیده میشود کیفیت و برگشت پذیری در این روش تضمین گردید. و این مسئله بسیار مهمی برای تصاویر پزشکی میباشد.

جدول ۱ نتایج مقایسه روش پیشنهادی با روشهای دیگر

را بیان میکند.

جدول ۱: نتایج مقایسه روش پیشنهادی با روشهای دیگر

روش	تصویر a		تصویر b		تصویر c		تصویر d	
	PSNR	ظرفیت	PSNR	ظرفیت	PSNR	ظرفیت	PSNR	ظرفیت
Ni et al.[28]	۴۸,۲	۵۴۶۰	۴۸,۲	۵۴۲۱	۴۸,۲	۱۶۱۷	۴۸,۲	۷۳۰۱
	۰		۰		۰	۱	۰	
Hwang et al.[29]	۴۸,۲	۵۳۳۶	۴۸,۲	۵۲۰۸	۴۸,۴	۱۵۳۰	۴۸,۲	۷۰۵۱
	۲		۰		۰	۰	۵	
Lin et al.[30]	۴۶,۶	۵۹۹۰	۴۷,۶	۱۹۱۳	۴۷,۹	۸۰۰۰	۴۷,۶	۳۷۶۴
	۰	۰	۱	۰	۹	۶	۰	۴
Hu et al.[27]	۴۸,۶	۶۰۲۴	۴۸,۳	۲۱۴۱	۴۸,۸	۷۷۲۵	۴۸,۴	۲۸۲۵

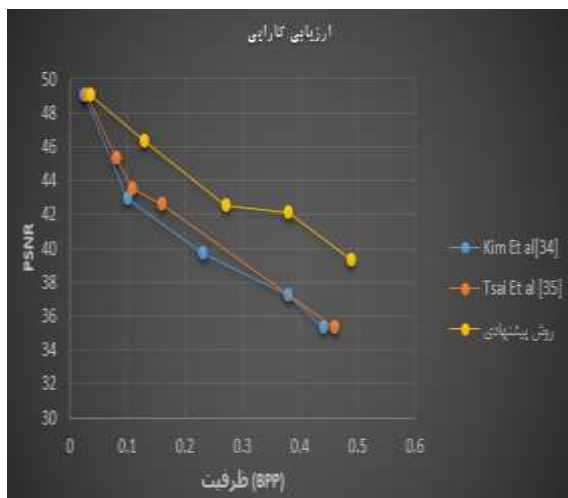
<sup>۷</sup>Mean square error

<sup>۸</sup>Peak To Noise Signal Ratio

روش [3],[8] عملیات واترمارکینگ برگشت پذیر را بر اساس histogram-shifting انجام می دهد در حالیکه روش [7] بر اساس انتقال بیت و پیش بینی خطا عمل واترمارکینگ برگشت پذیر را انجام می دهد.

همانطور که در این جدول می بینیم روش پیشنهادی دارای کارایی بالاتری و قابلیت درج بالاتری است. و این قابلیت ها در تصاویر استاندارد معمول (لنا- بابون و...) که برای درج مورد استفاده قرار می گیرند بالاتر نیز می رود.

همچنین روش پیشنهادی خود را با دیگر روشها نیز مقایسه کردیم. که در نمودارهای شکل ۵-۴ نشان داده شده اند. همانطور که در نمودارها نشان داده شده است، ظرفیت درج روش پیشنهادی بطور میانگین حدود ۰,۱۵ تا ۰,۳ از دیگر روشها دارای ظرفیت درج بالاتر است.



شکل ۵-۴: ارزیابی کارایی روش پیشنهادی در مقابل روشهای دیگر

#### ۴- نتیجه گیری

در بیمارستانها معمولاً مقدار داده های ذخیره شده از قبیل اسناد اداری و اطلاعات بیمار و تصاویر پزشکی زیاد بوده و در بین اینها اطلاعات و تصاویر پزشکی از اهمیت بیشتری برخوردارند. برای جلوگیری اطلاعات بیمار از هر حمله ۳ چیز

- ۴- محاسبه خودکار میزان ظرفیت فضای درج در یک پیکسل.
- ۵- تک مرحله ای بودن درج
- ۶- عدم درج در پیکسل‌های که بافت اصلی تصویر را تشکیل داده اند.

## مراجع

- [1] Podilchuk, C.I.; Delp, E.J.; , "Digital watermarking: algorithms and applications," Signal Processing Magazine, IEEE , vol.18, no.4, pp.33-46, Jul 2001
- [2] Mohammad, A.A.; Alhaj, A.; Shaltaf, S.; , "An improved SVD-based watermarking scheme for protecting rightful ownership," Signal Processing, vol.88, pp.2158-2180, 2008.
- [3] Hwang, M.S.; Chang, C.C.; Hwang, K.F.; , "Digital watermarking of images using neural networks," Journal of Electronic Imaging, Vol.9, pp. 548-555, 2000
- [4] Zhang, X; Wang, S.; , "Fragile watermarking scheme using a hierarchical mechanism," Signal Process, vol.89, no.4, pp.675-679, 2009
- [5] Voloshynovskiy, S.; Deguillaume, F.; Pun, T.; , "Multibit digital watermarking robust against local nonlinear geometrical distortions," Image Processing, 2001. Proceedings. 2001 International Conference on , vol.3, no., pp.999-1002 vol.3, 2001
- [6] Wang, X.Y.; Yang, H.Y.; Cui, C.Y.; , "An SVM-based robust digital image watermarking against desynchronization attacks," Signal Processing, vol.88, pp.2193-2205, 2008
- [7] Bas, P.; Chassery, J.-M.; Macq, B.; , "Geometrically invariant watermarking using feature points," Image Processing, IEEE Transactions on , vol.11, no.9, pp. 1014- 1028, Sep 2002
- [8] van Schyndel, R.G.; Tirkel, A.Z.; Osborne, C.F.; , "A digital watermark," Image Processing, 1994. Proceedings. ICIP-94., IEEE International Conference , vol.2, no., pp.86-90 vol.2, 13-16 Nov 1994
- [9] Duda, R.O.; Hart, P.E.; Stork, D.G., Pattern classification, pp. 654-13; 20-64; 161-192; 471-482, 2nd ed, New York: John Wiley & Sons, 2001
- [10] Liu, J.C.; Chen, S.Y.; , "Fast two-layer image watermarking without referring to the original image and watermark," Image and Vision Computing, vol.19, no.14, 2001
- [11] Yong-Gang, F.u.; Rui-Min S.; , "Color image watermarking scheme based on linear discriminant analysis," Computer Standards and Interfaces, vol.30, pp.115-120, 2008
- [12] Pao-Ta Yu; Hung-Hsu Tsai; Jyh-Shyan Lin; , "Digital watermarking based on neural networks for color images," Signal Processing, Vol.81, no.3, pp.V663-V671, March 2001
- [13] Hung-Hsu Tsai; Duen-Wu Sun; , "Color image watermark extraction based on support vector machines," Information Sciences, Vol.177, no.2, pp.V550-V569, 15 Jan 2007
- [14] S. Barre, available at: <http://www.barre.nom.fr/medical/samples/>.

مورد نیاز می باشد : ۱- صحت (درستی یا تمامیت) ۲- خصوصی بودن ۳- اعتبار پرونده پزشکی . یکی از روشهای نگهداری اطلاعات جاسازی آن در داخل تصاویر پزشکی میباشد ، بطوریکه در صورت نیاز ، پزشک بتواند اطلاعات را استخراج نماید و از تصویر و اطلاعات موجود در آن بتواند برای تشخیص درست درمان استفاده کند .

در نهان نگاری معمولی فقط نهان نگار لزوماً استخراج می شود و گیرنده (دریافت کننده اطلاعات) مورد بررسی قرار نمی گیرد اما نهان نگاری برگشت پذیر نیازمند این است که هر دو ، داده مخفی شده و چند رسانه ای اصلی باید کاملاً بهبود یابد . نهان نگاری یک راه موثر برای پنهان سازی داده های محرمانه داخل پوشش رسانه شامل صدا ، ویدئو ، و تصویر می باشد. اصطلاح برگشت پذیر بدین معنی است که داده ، شامل اطلاعات خصوصی بیمار و داده مربوط به تشخیص آن می تواند در تصاویر پزشکی مخفی شود .

در این پایان نامه یک روش نهان نگاری برگشت پذیر با قابلیت محاسبه ظرفیت درج و بر اساس پیش پردازش مبتنی بر مولفه های Texton و درونیابی ارائه گردید. در این روش ابتداء با پردازش تصویر و بدست آوردن شش مولفه باینری Texton از تصویر ، نقاط دارای اهمیت تصویر را مشخص می کنیم. از نظر مولفه های Texton این نقاط ، نقاطی اند که نبایستی درج در آنها صورت بگیرد. حال بر اساس یک روش درونیابی که در فصل چهارم با جزئیات کامل تشریح گردید، از تصویر اصلی خود تصویر درونیابی شده آنرا می سازیم (می توانیم فقط نقاطی که مستعد درجند را نیز درونیابی کنیم). عملیات درج در پیکسل‌هایی که شرایط درج ( بسته به مقدار ظرفیت درج در یک بیت، دو بیت و... LSB هر پیکسل درج صورت میگیرد) را دارند صورت میگیرد. همچنین در عملیات معکوس با شناسایی پیکسل‌هایی که در آنها درج صورت گرفته و محاسبه ظرفیت درج آنها، به کمک مقادیر درونیابی شده ، مقدار واقعی پیکسل و همچنین بیت های که در آن درج شده است را بر می گردانیم.

مقایسه روش پیشنهادی با دیگر روشهای برگشت پذیر در قالب جداول و نمودارها بیان کنند، افزایش کارایی، و افزایش قابلیت درج این روش است.

در زیر مزایای روش بیان شده را بطور خلاصه بیان می

کنیم:

- ۱- افزایش ظرفیت درج
- ۲- کاهش اوجاج در تصویر
- ۳- افزایش کارایی نهان نگاری