

نهان‌نگاری مقاوم تصویر دیجیتال نسبت به نویز فلفل و نمک با استفاده از سودوکوی دو مرحله‌ی

محمد شهاب گلی^۱، علیرضا نقش^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مخابرات نوری، دانشکده مهندسی برق، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران، m.shahabgoli0015@yahoo.com

۲- استادیار، دانشکده مهندسی برق، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، اصفهان، ایران، naghsh.a@pel.iaun.ac.ir

چکیده- با گسترش روز افزون تبادل اطلاعات در سراسر جهان و استفاده از شبکه‌های مخابراتی نظیر اینترنت، نیاز به یک فضای امن برای انتقال اطلاعات بیش از پیش احساس می‌شود. یکی از روش‌های مناسب برای حفظ اطلاعات در برابر حملات، استفاده از نهان‌نگاری تصویر است. نهان‌نگاری تصویر دیجیتال روشی است که در آن اطلاعات در یک تصویر جاسازی و ارسال می‌شود. این روش در دو حوزه‌ی مکان و تبدیل مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش نهان‌نگاری در حوزه‌ی مکان علی‌رغم ظرفیت بالایی که دارد در برابر حمله‌ی نویز فلفل و نمک مقاوم نیست. در سال‌های اخیر برای حل این مشکل از روشی استفاده شده که در آن تصویر واترمارک را در قالب یک جدول سودوکو تبدیل کرده و سپس نهان‌نگاری می‌کنند که با این کار می‌توان مقاومت نهان‌نگاری را در برابر حمله‌ی ذکر شده افزایش داد. نوآوری در این مقاله به این صورت است که با استفاده از دو جدول سودوکوی مختلف با کدهای متفاوت تصویر واترمارک با روش کم‌اهمیت‌ترین بیت که یکی از روش‌های حوزه‌ی مکان است نهان‌نگاری شده است. با این روش می‌توان تعداد بیشتری از تصویر واترمارک را در اختیار داشت و تصویر واترمارک را در برابر حمله‌ی نویز نمک و فلفل مقاوم‌تر کرد.

کلید واژه- سودوکو، حوزه‌ی تبدیل، حوزه‌ی مکان، نهان‌نگاری تصویر دیجیتال

۱- مقدمه

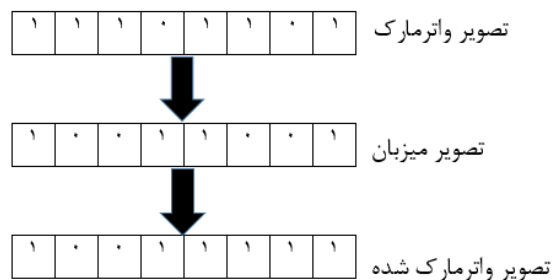
به معنای جاسازی اطلاعاتی در شکل صوت، متن، ویدئو و تصویر در سیگنال میزبان است. سیگنال میزبان نیز می‌تواند صوت، متن، ویدئو و حتی تصویر باشد. در نهان‌نگاری تصویر، داده در تصویری به عنوان پوشش جاسازی می‌شود. اطلاعات مهم که هدف مخفی کردن آن است را واترمارک و تصویری که به عنوان پوشش مورد استفاده قرار می‌گیرد، میزبان می‌نامند. تصویر به دلیل آن‌که حجم اطلاعات زیادی دارد می‌تواند میزبان خوبی برای داده‌های مختلف باشد [1].

نهان‌نگاری روشی مطمئن برای حفظ امنیت اطلاعات به شمار می‌رود [2]. در شکل ۱ نمای کلی از یک سیستم نهان‌نگاری تصویر مشاهده می‌شود.

امروزه انتقال اطلاعاتی نظیر متن، صوت، فیلم و تصویر در ساختار دیجیتال بسیار معمول است. اکثر مردم از اینترنت برای انتقال اطلاعات استفاده می‌کنند. وجود اینترنت و پیشرفت تکنولوژی در این زمینه شرایط بسیار مناسبی برای تبادل اطلاعات در سراسر دنیا پدید آورده است اما علی‌رغم مزایای زیاد، مشکلاتی هم در این راستا وجود دارد. مشکلاتی از قبیل کپی‌برداری، دسترسی به اطلاعات دیگران و حتی تخریب آن، خطراتی هستند که امنیت اطلاعات را تهدید می‌کنند. با وجود این مشکلات برای داشتن امنیت در انتقال اطلاعات باید فضایی امن برای تبدیلی به دور از مشکلات مطرح شده ایجاد کرد که اطلاعات به راحتی از نقطه‌ی به نقطه‌ی دیگر جا به جا شوند.

یکی از راه‌حلهایی که برای مقابله با مشکلات فوق وجود دارد استفاده از روش‌های نهان‌نگاری دیجیتال است. نهان‌نگاری

کم اهمیت ترین بیت (LSB) است. در این روش اطلاعات واترمارک در بیت های کم ارزش تصویر میزبان نهان نگاری می شود.



شکل ۲: نمایش نهان نگاری کم اهمیت ترین بیت در یک پیکسل از تصویر

در این روش معمولاً بسته به سیاستی که مدنظر است سه یا چهار بیت پر ارزش تصویر واترمارک در سه یا چهار بیت کم ارزش تصویر میزبان جاسازی می گردد. به این ترتیب اطلاعات واترمارک از خطرات احتمالی محفوظ نگاه داشته می شود. نهان نگاری با استفاده از کم اهمیت ترین بیت ظرفیت بالایی برای مخفی کردن اطلاعات واترمارک دارد و این یک مزیت مهم به شمار می رود اما در برابر حملات مکانی از قبیل برش و نویز نمک و فلفل مقاوم نیست [3,4].

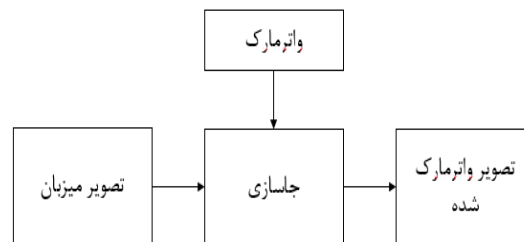
۲-۲- نهان نگاری در حوزه تبدیل

در نهان نگاری حوزه تبدیل اطلاعات واترمارک در شکل تبدیل یافته ی تصویر میزبان جاسازی می گردد. این روش در برابر حملات مکانی بسیار مقاوم است اما ظرفیت کمی دارد. پرکاربردترین روش های نهان نگاری حوزه تبدیل شامل تبدیل موجک گسسته (DWT)، تبدیل کسینوسی گسسته (DCT) و تبدیل تجزیه مقدار منفرد (SVD) می باشد [6].

۳- نهان نگاری با استفاده از جدول سودوکو

۳-۱- نهان نگاری با استفاده از یک جدول سودوکو

جدول سودوکو مجموعه ی است متشکل از یک شبکه ی سطر و ستونی که توسط N خانه، به N ناحیه تقسیم می شود و درون هر خانه عدد قرار می گیرد [7]. جدول سودوکو انواع مختلفی دارد و سودوکوی مورد نظر در این مقاله، سودوکوی 9×9 است که شامل 81 خانه می باشد. در شکل ۲ یک جدول سودوکوی 9×9 در ۹ نمایش داده شده است.



شکل ۱: مراحل نهان نگاری تصویر

نهان نگاری تقسیم بندی های مختلفی دارد، از لحاظ حوزه ی کاری شامل حوزه ی مکان و حوزه ی تبدیل و از نظر وابستگی به تصویر اصلی در هنگام استخراج، به دو صورت کور و غیر کور به کار می رود. هر کدام از حوزه های مطرح شده دارای مزایا و معایبی می باشند. نهان نگاری در حوزه ی مکان آسان، سریع و با ظرفیت بالا همراه است اما در برابر حملاتی از قبیل نویز، فشردگی، برش و چرخاندن مقاوم نیست در حالی که حوزه ی تبدیل اگرچه دارای ظرفیت بالایی نیست اما در برابر حملات مختلف نظیر آنچه گفته شد بسیار مقاوم است [3,4].

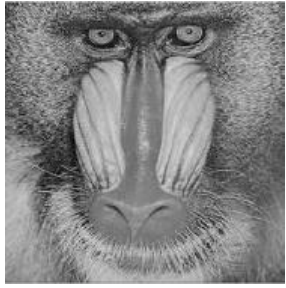
برای نهان نگاری تصویر دیجیتال روش های مختلفی وجود دارد که می توان با استفاده از آن ها اطلاعات مهم را از حملات حفظ کرد. اخیراً یکی از روش هایی که برای بالابردن امنیت در نهان نگاری تصویر در مقالات مختلف پیشنهاد شده استفاده از جدول سودوکو است. در روش نهان نگاری بر پایه جدول سودوکو به دلیل آن که تصویر چندین مرتبه تکرار می شود، می توان از آن به عنوان روشی امن در برابر حملات برش و نویز فلفل و نمک استفاده کرد.

در بخش ۲ نهان نگاری در حوزه ی مکان و تبدیل مرور می شود، در بخش ۳ پیشنهاد مقاله ، در بخش ۴ نتایج حاصل از شبیه سازی ها نمایش و در نهایت در بخش ۵ نتیجه گیری مقاله مطرح می گردد.

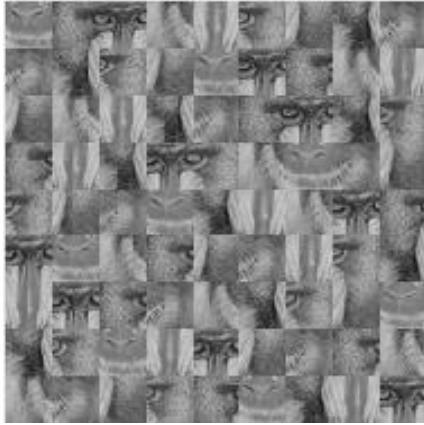
۲- نهان نگاری در حوزه ی مکان و حوزه ی تبدیل

۲-۱- نهان نگاری در حوزه ی مکان

در نهان نگاری حوزه ی مکان تصویر واترمارک به طور مستقیم در مشخصات مکانی تصویر میزبان جاسازی می شود. برای این نوع از نهان نگاری روش های مختلفی وجود دارد که پرکاربردترین آن روش



شکل ۵: تصویر پیش از سودوکو شدن



شکل ۶: تصویر پس از سودوکو شدن

تصویر حاصل، شامل تصویر بابونی است که ۹ بار تکرار شده است. به دلیل تکرار تصویر، اگر برشی در قسمتی از آن ایجاد شود یا حتی تصویر مورد حمله‌ی نویز نمک و فلفل قرار گیرد، می‌توان با استفاده از قسمت‌های دیگر که آسیبی ندیده یا کمتر در معرض آسیب بوده، تصویر اصلی را بازسازی کرد و به این ترتیب پوششی امن در برابر حملات برش و نویز نمک و فلفل ایجاد نمود.

۳-۲- نهان‌نگاری با استفاده از دو جدول سودوکوی متفاوت

استفاده از جدول سودوکو در نهان‌نگاری بسیار مفید است و حاشیه امن مناسبی در برابر حملات ایجاد می‌کند. در مقالات مختلف از یک جدول سودوکو استفاده شده اما در این مقاله سعی بر آن است که از دو جدول سودوکوی مختلف برای نهان‌نگاری یک تصویر در تصویر دیگر استفاده شود. دو جدول سودوکوی که با استفاده از آنها بتوان به الگوهای متفاوتی در چیدمان تصویر دست یافت.

در این روش ابتدا تصویر واترمارک مطابق شکل ۳ به ۹ قسمت تبدیل می‌گردد و هر قسمت با استفاده از یک جدول سودوکو با کد

8	1	2	7	5	3	6	4	9
9	4	3	6	8	2	1	7	5
6	7	5	4	9	1	2	8	3
1	5	4	2	3	7	8	9	6
3	6	9	8	4	5	7	2	1
2	8	7	1	6	9	5	3	4
5	2	1	9	7	4	3	6	8
4	3	8	5	2	6	9	1	7
7	9	6	3	1	8	4	5	2

شکل ۳: جدول سودوکوی ۹ در ۹

با استفاده از جدول سودوکوی ۹ در ۹ می‌توان اطلاعات واترمارک را ۹ مرتبه در تصویر میزبان تکرار کرد [7]. در این مقاله یک تصویر از تصاویر استاندارد جعبه ابزار پردازش تصویر متلب با استفاده از جدول سودوکوی نمایش داده شده در شکل ۳ چیدمان می‌شود.

تصویر انتخاب شده تصویر بابون با ابعاد ۵۱۲ در ۵۱۲ است. ابتدا تصویر واترمارک به ۹ قسمت مطابق شکل ۳ تقسیم‌بندی و شماره‌گذاری می‌شود.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

شکل ۴: شماره‌گذاری تصویر واترمارک

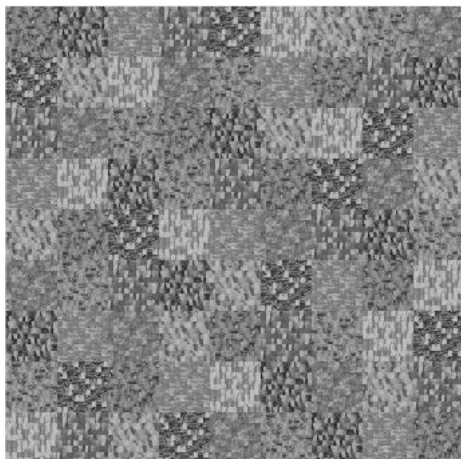
سپس هر قسمت مطابق جدول سودوکوی شکل ۲ در کنار هم قرار می‌گیرد. به این صورت تصویر مورد نظر مطابق با یک کد مشخص چیدمان می‌شود و از این طریق می‌توان تعداد بیشتری از یک تصویر را با یک الگوی خاص در اختیار داشت [7,8,9]. در زیر می‌توان تصویر بابون پیش از اعمال الگوی سودوکو و پس از آن را مشاهده کرد.

در مرحله‌ی دوم تصویر ایجاد شده در شکل ۸ مجدد سودوکو می‌شود. سودوکوی اعمالی مطابق با جدول نمایش داده شده در شکل ۸ انجام پذیرفته است.

1	4	8	6	2	5	7	3	9
2	7	5	9	3	8	1	6	4
6	9	3	1	4	7	5	2	8
8	5	4	3	6	1	2	9	7
7	1	2	5	8	9	6	4	3
9	3	6	4	7	2	8	1	5
4	8	9	7	1	6	3	5	2
3	2	1	8	5	4	9	7	6
5	6	7	2	9	3	4	8	1

شکل ۹: جدول سودوکو استفاده شده در مرحله دوم

تصویری که پس از اعمال دومین سودوکو ایجاد می‌شود به صورت زیر است.

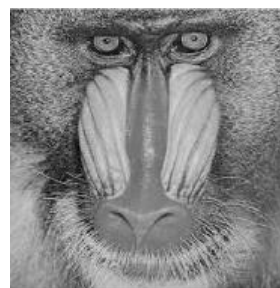


شکل ۱۰: تصویر بابون پس از اعمال دومین سودوکو

همان‌طور که پیش‌تر مطرح شد در تصویر نمایش داده شده در شکل ۱۰ تصویر بابون ۷۲۹ مرتبه تکرار شده است.

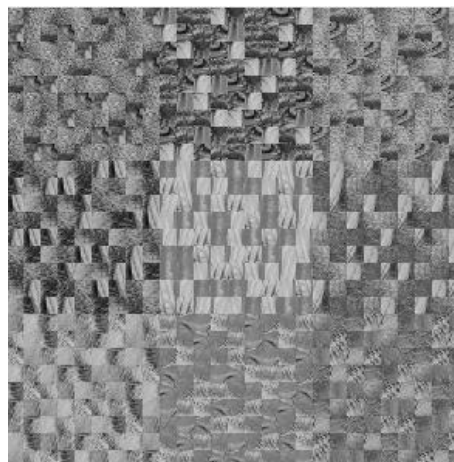
تصویر واترمارک جدید که با اعمال دو سودوکوی مختلف ایجاد شده است را می‌توان با روش‌های مختلفی در تصویر میزبان نهان‌نگاری کرد. در این مقاله با استفاده از روش کم‌اهمیت‌ترین بیت تصویر واترمارک سودوکو شده در تصویر میزبان نهان‌نگاری شده است.

مشخص در خودش چیدمان می‌شود. سپس تصویر ایجاد شده به عنوان تصویر واترمارک جدید خود به ۹ قسمت دیگر تقسیم شده و این قسمت‌های جدید مطابق با یک جدول سودوکوی دیگر چیدمان می‌گردند. به این ترتیب تصویر واترمارک با استفاده از دو جدول سودوکوی مختلف و در دو مرحله ساختار جدیدی پیدا می‌کند که در این حالت به جای داشتن ۹ تکرار از تصویر واترمارک، ۸۱ تکرار از تصویر مورد نظر ایجاد خواهد شد. با داشتن تعداد تکرار بیشتر از تصویر واترمارک می‌توان مقاومت را در برابر حملات مختلف از جمله برش و نویز فلفل و نمک بالا برد. نتایج هر مرحله از این روش به صورت مجزا در زیر آمده است.



شکل ۷: تصویر بابون پیش از سودوکو شدن

در مرحله‌ی اول تصویر بابون به ۹ قسمت مطابق شکل ۳ تقسیم شده و در هر قسمت با استفاده از جدول نمایش داده شده در شکل ۲ عملیات سودوکو انجام پذیرفته و نتیجه در شکل ۷ نمایش داده شده است.



شکل ۸: تصویر بابون پس از اعمال اولین سودوکو

۴- نتایج شبیه‌سازی‌ها

برای سنجش عملکرد نهان‌نگاری با روش‌های مختلف معیارهایی وجود دارد که می‌توان توسط آن‌ها روش‌های مختلف را با هم مقایسه کرد. از جمله این معیارها می‌توان به MSE و PSNR اشاره کرد.

جدول ۱: روابط ریاضی معیارهای MSE و PSNR

معیار ارزیابی	رابطه‌ی ریاضی
MSE	$\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{M-1} (I(i, j) - I_W(i, j))^2$
PSNR	$10 \times \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right)$

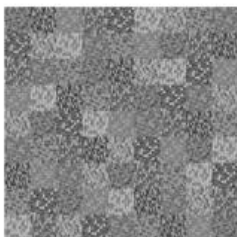
تصویر میزبان پیش از نهان‌نگاری



تصویر واترمارک شده



تصویر بایون سودوکو شده



تصویر استخراج شده



شکل ۱۱: تصویر بایون سودوکو شده پیش از نهان‌نگاری و پس از آن

همان‌طور که مشاهده می‌شود تصویر بایون پس از سودوکو شدن در دو مرحله و نهان‌نگاری با روش کم‌اهمیت‌ترین بیت قابل بازیابی است.

جدول ۲: نتایج معیارها در نهان‌نگاری با روش کم‌اهمیت‌ترین بیت

معیار ارزیابی	مقدار بدست آمده
MSE	۶,۴۵
PSNR	۴۰,۰۳۲۲ Db

۴-۲- نتایج نهان‌نگاری با روش کم‌اهمیت‌ترین بیت و نویز نمک و

فلفل

نتایجی که پس از اعمال نویز نمک و فلفل به میزان ۷۵ درصد بدست آمد به شرح زیر است.

۴-۱- نتایج نهان‌نگاری با روش کم‌اهمیت‌ترین بیت

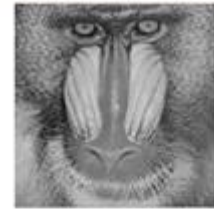
تصویری که در شکل ۱۰ ایجاد شد با روش کم‌اهمیت‌ترین بیت از روش‌های نهان‌نگاری در حوزه‌ی مکان در تصویر میزبان جاسازی شد که نتایج حاصل شده به صورت زیر است. تصویر میزبان نیز از تصاویر استاندارد جعبه ابزار پردازش تصویر در نرم‌افزار متلب انتخاب شده است.

مراجع

- [1] Vinita Gupta, Atul Barve, “ A Review on Image Watermarking and Its Techniques”, *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, Volume 4, Issue 1, January 2014.
- [2] Sunesh, Harish Kumar, “ Watermark Attacks And Applications in Watermarking”, *National Workshop-Cum-Conference on Recent Trends in Mathematics and Computing (RTMC) 2011*.
- [3] Seyed Mojtaba Mousavi, Alireza Naghsh, “Watermarking Techniques used in Medical Image: a survey”, *Journal of Digital Imaging*, Volume 27, Issue 6, pp 714-729, December 2014.
- [4] Shadi. Saneie, Alireza. Naghsh “Introducing a new method of Robust Digital Image Watermarking against Cropping and Salt & Pepper Noise using Sudoku” *Majlesi Journal of Multimedia Processing Vol. 4, No. 4, December 2015*
- [5] Seyed Mojtaba Mousavi & Alireza Naghsh & Azizah A. Manaf1 & S. A. R. Abu-Bakar, “A robust medical image watermarking against salt and pepper noise for brain MRI images” *Multimed Tools Appl DOI 10.1007/s11042-016-3622-9*
- [6] Muralikrishna Nangedda, Reddy A Sudharsan, “Medical Image Steganography with Digital Water Marking”, *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, Volume 4, Issue 7, July 2014.
- [7] Gunjal BL, Mali SN, “ROI Based embedded watermarking of medical images for secured communication in telemedicine”, *Int JComp Commun Eng* pp 293–298, 2012
- [8] Kamal Ahmad Khalid Shamsul, Mat Deris Mustafa, Malik Mohammad Kamaruddin, “Anti Cropping Digital Image Watermarking using Sudoku”, *International Journal of Grid and Utility Computing Volume 4 Issue 2/3, September 2013*.
- [9] Kamal Ahmad Khalid Shamsul, Mat Deris Mustafa, Malik Mohammad Kamaruddin, “ A Robust Digital



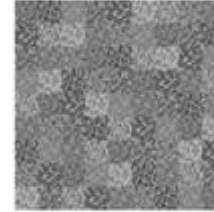
تصویر واترمارک شده



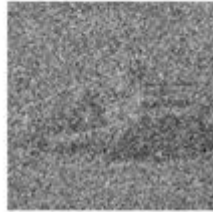
تصویر واترمارک سودوکو شده در دو مرحله



تصویر واترمارک شده با نویز ۷۵ درصد



تصویر استخراج شده



جدول ۱۲: نتایج نهان نگاری روش مطرح شده در برابر نویز لفل و نمک ۷۵ درصد

۵- نتیجه گیری

نهان نگاری تصویر دیجیتال روشی مطمئن برای حفظ اطلاعات در برابر حملات مختلف است. پیش از این با یک جدول سودوکو حاشیه امن در برابر حملات نویز نمک و لفل ایجاد می شد اما در این مقاله نوآوری به این صورت است که با استفاده از سودوکوی دو مرحله ای با کدهای متفاوت تعداد تصاویر واترمارک تکرار شده، افزایش پیدا می کند. در مواقعی که از یک جدول سودوکو استفاده می شود تعداد تکرارها ۹ است و زمانی که از دو سودوکوی مختلف استفاده می گردد این تکرارها به ۸۱ می رسد. افزایش تکرار تصاویر واترمارک شده کمک می کند در هنگامی که نویز لفل و نمک تصویر واترمارک شده را مورد حمله قرار می دهد و تصویر واترمارک مخدوش می شود و یا حتی در زمانی که بخشی از تصویر برش داده می شود از دیگر قسمت ها که در معرض کمتری از حملات قرار گرفته اند برای بازسازی تصویر استفاده شود.

Image Watermarking against Salt & Pepper using Sudoku", *The Second International Conference on Informatics Engineering & Information Science (ICIEIS2013)*, 2013.