بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی برق

واترمارکینگ تصاویر دیجیتال بر اساس تبدیل موجک برای جلوگیری از جعل سند

احمد یعقوبی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی برق - مخابرات (گرایش سیستم)

استاد راهنما: دکتر سید علی‌اصغر بهشتی شیرازی

آذرماه ۱۳۸۳

دانشکده مهندسی برق

پیشنهاد پروژه کارشناسی ارشد

(مخابرات سیستم)

واترمارکینگ تصاویر دیجیتال بر اساس تبدیل موجک برای جلوگیری از جعل سند

Wavelet-Based Digital Image Watermarking for Forgery Detection

استاد راهنما : دکتر علی اصغر بهشتی شیرازی

دانشجو : احمد یعقوبی ۸۱۶۱۳۱۴۱

آذرماه ۸۲

مقدمه

استفاده از تصاویر دیجیتال بدلیل راحتی ذخیره سازی، دستکاری و انتقال محبوبیت و رشد چشمگیری در چند سال اخیر در زندگی بشر داشته است. اما این خصوصیات، مدیای دیجیتال را در برابر حملاتی مانند جعل قانون کپی، تصدیق هویت، و یا دسترسی نامحرمانه حین انتقال، آسیب پذیر کرده است. در پنج سال گذشته، حفاظت از اطلاعات دیجیتال به منظور نگهداری یا انتقال امن، از طریق پنهان کردن اطلاعات در تصاویر دیجیتال مورد توجه خاصی قرار گرفته است.

در این میان گرچه روشهای رمزنگاری جهت انتقال امن اطلاعات استفاده می شوند اما این روشها هیچ مکانیزمی برای تأمین امنیت اطلاعات پس از رمزگشایی و در زمان استفاده نمی دهند. حال آنکه الگوریتم های(WM) watermarking با افزودن اطلاعات عموماً نامحسوس به محصولات دیجیتال امنیت آنها را در برابر کارهایی چون کپی غیر مجاز، پخش غیر مجاز، ادعای مالکیت نادرست و ... تأمین می کنند. WM مکمل رمزنگاری در امنیت اطلاعات است.

WM تصاویر دیجیتال و ویدئو جهت حفظ امانت، قانون کپی، تصدیق هویت در شبکه ها و یا از طریق کارتهای هوشمند، و نیز انتقال امن اطلاعات، بصورت یک رقابت جهت امنیت و کنترل دسترسی به اطلاعات، مالتی مدیا و سایر سرویسهای دیجیتال شده است. بدیهی است ارائه الگوریتم های بهینه ای که قادر به تامین نیازهای خاص هر یک از این کاربردها باشد فصل نوینی در پردازش تصاویر دیجیتال می باشد.

اهداف پروژه

هدف از WM در این پروژه ارائه نرم افزاری است که بتواند نیازهای زیر را برآورده کند.

۱- محافظت از حقوق مالک اصلی یا صاحب اثر – محدودکردن حق کپی [1]

۲- ردیابی اطلاعات[2]

۳- کنترل و نظارت بر پخش محصولات[3] دیجیتال

۴- تأیید صحت اطلاعات[4] در محصولات دیجیتال و پرینت و اسکن

[1] Copyright Protection and Control
[2] Fingerprinting
[3] Broadcast and Publication Monitoring
[4] Authentication

تاریخچه Watermarking تصاویر دیجیتال

در یک طرح کلی WM سه مرحله وجود دارد[۱].

۱ – تولید پترن WM با توجه به تصویر انتخابی

پترن WM می تواند یک تصویر باینری یا خاکستری از آرم (لوگو) یک شرکت، یا یک پیام، متشکل از مشخصات خصوصی مورد نظر با تعداد کاراکتر مورد نیاز و یا حتی یک تصویر به همان اندازه تصویر پوشش باشد.

۲ – جاسازی وتزویج WM داخل تصویر اصلی (embedding)

دو روش کلی برای الگوریتم های WM وجود دارد[۱]. ۱– WM در حوزه مکان[1] ۲– WM در حوزه تبدیل(فرکانس)[2].

۳ – آشکارسازی WM از داخل تصویر WM شده

تکنیک WM را از نظر اینکه در آشکارسازی چگونه عمل می کند میتوان به دو دسته تقسیم بندی کرد.

۱– الگوریتم هایی که از تصویر اصلیِ بدونِ WM (پوشش[3]) برای آشکارسازی استفاده می کنند (private schemes).

۲– الگوریتم هایی که در مرحله آشکارسازی احتیاج به پوشش ندارند (blind/public schemes).

استفاده از معیار شباهت[4] و یا تست های فرضی[5] در مرحله دکودینگ رایج است[۲]. عملیات دکودینگ بجز موارد خاص، معمولاً مشابه فرآیند تزویج است.

بطور کلی WM با تغییر پیکسل ها در حوزه مکان یا تغییر ضرایب در حوزه فرکانس بر اساس یک تابع انجام می شود.

در [۲،۳،۴،۵،۶] از WM در حوزه DCT و از مدولاسیون ضرایب DCT (private) و یا جایگزینی آنها با تابعی از سیگنال WM (blind) استفاده کرده است([۲] مدل پایه Cox – تکنیک طیف گسترده – که در سال ۱۹۹۷ ارائه شد). در این الگوریتم ها، پس از اعمال تبدیل مناسب به فریم، تصویر به حوزه فرکانس برده می شود. سیگنال WM بصورت خطی، اضافه شونده، و مناسب بر حسب اندازه ضرایب فرکانسی در باند های متفاوت و یا بصورت وفقی بر اساس دامنه ضرایب اضافه شده است. پس از تغییر ضرایب– فرآیند اعمال WM - با عمل تبدیل معکوس به حوزه فریم بر می گردد. در[۷] از حوزه DFT برای جاسازی یک سیگنال با استفاده از تکنیک WM طیف گسترده استفاده شده است.

---

[1] Spatial Domain
[2] Frequency Domain
[3] cover
[4] Correlation Measure
[5] Hypothesis Tests

در [۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳] از تبدیل موجک گسسته (DWT) برای طرح WM استفاده شده است. دقت (عمق) آنالیز طیفی، استفاده از بسته های موجک (WP) برای آنالیز باندها در سیگنال تصویر اصلی و یا آنالیز خود سیگنال WM جهت اعمال به تصویر اصلی از تکنیک های رایج در حوزه WT است.

در WM در حوزه مکان الگوریتم های مختلفی بر اساس تغییر اطلاعات رنگ بطور مناسب [۱۴،۱۵]، استفاده از تبدیل مکانی و اعمال WM بر اساس یک تابع [۱۶]، بر اساس مدل بینایی انسان (HVS) و پوشش بینایی[۱۷،۱۸]، بر اساس آنالیز مقادیر ویژه (SVD) [۱۹،۲۰] و یا ممانهای تصویر [۲۱،۲۲] ارائه شده است.

ویژگیهای پروژه پیشنهادی

در این پروژه از تبدیل موجک برای الگوریتم WM استفاده می شود. علت استفاده از تبدیل موجک هماهنگی با الگوریتم های فشرده سازی نوین مانند JPEG2000 و MPEG4 و قابلیت بالای آن در جداسازی مولفه های فرکانسی در تصویر می باشد. از ویژگیهای دیگر این پروژه مقاومت در برابر دو نوع نویز موجود در پرینتر ها و اسکنر هاست که بصورت زیر مدل می شود :

۱- نویز جمعی که بصورت نویز با pdf گاوسی با متوسط صفر و واریانسی متناسب با کیفیت پرینتر و اسکنر مدل می شود. (مثلاً N(0,5))

۲- نویز هندسی مانند Rotation ، Cropping ، Resizing و ...

در موارد پرینت و اسکن بازیابی WM بسیار مشکل بوده، چرا انواع اعوجاج ها در این فرآیند وجود دارد. تقریباً تمامی الگوریتم های WM برای حوزه دیجیتال طراحی می شوند. در این پروژه می خواهیم تست پرینت و اسکن را روی تصویر WM شده انجام داده و احتمال خطا در استخراج WM را به حداقل برسانیم، بطوری که نیازهای شناسایی هویت در موارد پرینت و اسکن شده (کارت شناسایی) را برآورده کند.

همچنین الگوریتم بکار رفته باید نیازهای زیر را برآورده کند؛

۱- حداقل اعوجاج در تصویر WM (رنگی یا سیاه و سفید) شده بطوری که با چشم غیر مسلح قابل تشخیص از تصویر اصلی نباشد.

۲- مقاومت در برابر انواع فشرده سازیِ همراه با افت مانند JPEG ، چراکه ارسال از کامپیوتر به پرینتر و یا از اسکنر به کامپیوتر ممکن است بصورت فشرده شده صورت گیرد. و یا در محصولات دیجیتالی مانند پایگاه داده تصاویر، تصویر WM شده بصورت فشرده شده ذخیره می شود. الگوریتم باید بتواند در برابر این اعوجاج دیجیتالی مقاوم باشد.

۳- برای تصاویر رنگی نیز مناسب و قابل استفاده باشد، تا قابل استفاده در ادوات تأیید هویت رنگی باشد.

در مواردی که نیاز به استخراج قابل ملاحضه ای و یا تمام سیگنال پیام جاسازی شده بدون خطای کانال، در صورت حمله به سیستم و یا اغتشاش ناشی از کانال انتقال است همچنین ممکن است برای کاهش احتمال خطا در دکودینگ سیگنال WM، مجبور به استفاده از تکنیک های آشکارسازی و تصحیح خطا مانند **توربوکد** ها [۲۳] در این پروژه باشیم.

روش پیشنهادی انجام پروژه Watermarking

با انتخاب تبدیل موجک بعنوان هسته اصلی سیستم WM ، پیدا کردن موجک مناسب بهمراه تعداد سطح آنالیز برای تجزیه سیگنال تصویر، ابتدا سیگنال تصویر اصلی (پوشش) به حوزه فرکانس برده می شود. پس از اعمال تبدیل به تصویر و نیز انتخاب روش اعمال WM که معمولاً بصورت تکنیک طیف گسترده – اضافه کردن درصدی از سیگنال مکانی یا فرکانسی WM با استفاده از یک پارامتر تزویج به ضرایب تبدیل تصویر اصلی بر اساس یک تابع، بصورت وفقی بطوری که ضرایب بزرگتر دارای تغییرات بیشترند – انجام می شود، سیگنال WM بصورت کنترل شده به تصویر اضافه می شود. سیگنال WM باید بصورت صحیح و مناسب با اندازه، کیفیت و خصوصیات تصویر اصلی انتخاب و یا تطبیق داده شود تا اعوجاج در تصویر حداقل شود. از دو معیار بینایی (subjective) و معیار اندازه گیری علمی و بدور از ذهن (objective) بر حسب PSNR تصویر WM شده و PSNR تصویر تفاضل – اصلی و WM شده – برای مقایسه کیفیت روش WM می توان استفاده کرد[۱]. نحوه تولید و انتخاب پترن WM نیز در کیفیت سیگنال WM شده مهم است. با اعمال تبدیل معکوس به ضرایب تغییر یافته به حوزه فریم بر می گردیم تا تصویر WM شده بدست آید. در مرحله دکودینگ WM می توان روشی مشابه انکودینگ انجام داد. آشکار سازهای معیار شباهت برای مقایسه سیگنال WM بدست آمده با WM اصلی بکار می رود. توجه داریم که در پروژه های WM ، استخراج سیگنال WM بطور صد در صد پس از اعمال انواع حملات به الگوریتم هدف نیست؛ بلکه مقداری از WM بدست آمده – بر حسب تقاضا و کاربرد - بصورت صحیح کافی است و نیازهای تأیید هویت را مرتفع می کند. انواع حملات به الگوریتم های پیاده سازی شده انجام و مقاومت آنها در حفظ WM و استخراج آن مقایسه خواهد شد تا الگوریتم مناسب بدست آید. سیستم و الگوریتم بهبود یافته سپس ارائه خواهد شد.

مراحل انجام پروژه	زمان بندی(هفته)
۱- بررسی کاربردها و مفاهیم کلی در WM	۲
۲- مطالعه تبدیل موجک	۲
۳- مطالعه و بررسی الگوریتم های موجود و مناسب برای کاربرد	۳

۴- پیاده سازی چند الگوریتم مناسب در حوزه فرکانس	۱۲
۵- ارائه الگوریتم بهبود یافته جهت محافظت از حقوق مالک و پیاده سازی آن	۶
۶- مشاهده نتایج الگوریتم پیشنهادی ومقایسه آن با الگوریتم های موجود	۳
۷- نوشتن پایان نامه	۷
۸- نوشتن مقاله	۴

پیاده سازی الگوریتم ها و کلیه شبیه سازی ها توسط نرم افزار MATLAB انجام خواهد شد.

امکانات مورد نیاز

کامپیوتر و اینترنت سرعت بالا

مراجع

[1]. N. Nikolaidis, I. Pitas, " Digital ImageWatermarking: an Overview ",Proc. ICIP,IEEE 98

[2]. I. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia" , IEEE Trans. , Image Processing, vol. 6, no. 12, pp 1673-1687, 1997.

[3]. W. Luo, G. L. Heileman, C. E. Pizano,"Fast and Robust Watermarking of JPEG Files", 5th IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation (SSIAI.02)

[4]. Peter. H. Wong,Oscar. C. Au, "A Novel semi private watermarking" , Proc. of International Conference on Image Processing (ICIP 2002) , IEEE 2002 ,pp. 623-625

[5]. C.M. Kung, J.H. Keng, T.K.Truong,"watermak technique using frequency domain" , Proc. IEEE ,DSP 2002 pp. 729-731

[6]. M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, A. Piva, " A DCT-domain system for robust image watermarking" ,IEEE Signal Processing, v 66, no 3, pp 357-372, May 98

[7]. J. O Ruanaidh, T. Pun, "Rotation scale and translation invariant spread spectrum digital image watermarking", Signal Processing, special issue on Copyright Protection and Access control, vol.66, no 3, pp 303-318, May 1998.

[8]. X. G. Xia, C. G. Boncelet, and G. R. Arce. , " A multiresolution watermark for digital images" ,Proceedings of ICIP'97, vol. I, pp. 548–551, Atlanta, USA, October 1997.

[9]. P. Tay, J.V. Havlicek , "Image watermarking using wavelets" , The 45th Midwest Symposium on Circuits and Systems, IEEE ,MWSCAS, vol. 3 , pp. 258-261, August 2002

[10]. YiweiWang, John F. Doherty, Robert E. Van Dyck , "A Wavelet-Based Watermarking Algorithm for Ownership Verification of Digital Images", IEEE Trans. On Image Processing,,vol. 11,no. 2,February 2002

[11]. J. Zhang, N. Wang, F. Xiong , "Hiding a Logo Watermark into the Multiwavelet Domain Using Neural Networks" ,Proc. of the 14th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'02)

[12]. D. Taskovski,S. Bogdanova, M. Bogdanova, "Improved low freq image adaptive watermarking schemes", Proc. Of IEEE ,ICSP 2002 , pp. 1569-1567

[13]. M.Sh. Hsieh,D. Tseng,Y.H. Huang ,"Hiding Digital Watermarks Using Multiresolution Wavelet Transform", IEEE Trans. On Industrial Electronics, vol. 48, no. 5, October 2001

[14]. M. Kutter, F. Jordan, F. Bossen, "Digital Watermarking of Color Images Using Amplitude Modulation", Journal of Electronic Imaging,vol. 7,no.2,pp.326-332 ,April 98.

[15]. C.H. Chou,T.L. Wu , "Embedding color watermarks into color images", Proc.IEEE ,ICIP 2001, pp. 327-332

[16]. G. Voyatzis and I. Pitas, "Digital Image Watermarking using Mixing Systems", Computer & Graphics, Elsevier, vol. 22,no. 4,pp. 405-416, 1998

[17]. I. Pitas, "A Method for Watermark Casting in Digital Images", IEEE Trans. on Circuits and Systems on Video Technology, vol. 8, no.6, pp. 775-780, October 1998.

[18]. M. Kutter, S. Winkler, " A Vision-Based Masking Model for Spread-Spectrum Image Watermarking " , IEEE Trans. On Image Processing, vol. 11, no. 1, January 2002

[19]. D.V Satish Chandra, , "digital image watermarking using Singular Value Decomposition" , Proc.IEEE ,ICSP 2002. pp. 327-332

[20]. R. Sun, H. Sun, T. Yao, "A SVD and quantization based semi fragile watermarking Technique for image Authentication" , Proc. IEEE, ICSP 2002, pp. 1592-1595

[21]. M. Alghoniemy, A.H. Tevfik , "Image watermarking by moment invariants", Proc. ,IEEE ,ICIP 2000,pp. 73-76

[22]. M. Pavlak, Y. Xin ,"Robust image watermarking an invariant domain Approach", Proc.,IEEE'02.canadian conference on Electrical & Computer Engineering, pp. 885-888

[23]. N. Abdulaziz, A. Glass, K. K. Pang, "Embedding Data in Images Using Turbo Codes ",department of electrical and computer systems engineering, Monshan University, clayton, VIC 3168, Australia, 2003

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که دعای خیر این دو عزیز همواره بدرقه راهم است.

پدرم

مهد شکیبایی و صلابت که شمع همتش محفل آرای زندگیم شد تا خارهای یاس پای اراده‌ام را نخلد و سنگلاخ زندگی سد عبورم نگردد.

مادرم

مهر سپهر عاطفت که حضور خاطرش دریای آمال مرا ساحل است و کهربای مهرش استاد مکتب دل.

و تقدیم به تمامی پدران و مادرانی که در راه اعتلای فرزاندان خود کوشش می‌کنند.

تشکر از مرکز تحقیقات مخابرات ایران

این پروژه بصورت پاره‌ای از حمایت مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران برخوردار بوده است و یک نسخه از آن نیز در این مرکز موجود می‌باشد. امید است که این حرکت‌ها روزنه‌هایی به سوی پیشرفت اهداف متعالی کشورمان ایران باشد.

و با تشکر از تمامی کسانی که ما را در این پایان‌نامه یاری نمودند:

استاد راهنمای اینجانب: آقای دکتر سید علی‌اصغر بهشتی شیرازی

بعد از سپاس فراوان از خداوند منان که همواره نهایت الطاف خود را نصیب اینجانب نموده‌است، از آقای دکتر بهشتی شیرازی تشکر می‌کنم که همواره در طول پروژه از محضر ایشان و از نظراتشان نهایت استفاده را نموده و پیشرفت به سوی اهداف این پایان‌نامه جز با همکاری ایشان ناممکن بود. اینجانب بر خود لازم می‌دانم کمال تشکر و قدردانی خود را از آقای دکتر بهشتی شیرازی بعنوان راهنما، مشاور علمی و مشوق در انجام هرچه بهتر این پروژه اعلام دارم.

اعضای هیأت داوران

آقای دکتر وحید طباطبا وکیلی	عضو هیئت علمی دانشکده برق دانشگاه علم و صنعت ایران
آقای دکتر ابوالفضل فلاحتی	عضو هیئت علمی دانشکده برق دانشگاه علم و صنعت ایران
خانم دکتر شهره کسایی	عضو هیئت علمی دانشکده برق/ کامپیوتر دانشگاه صنعتی شریف

که زحمت ویرایش و داوری این پایان‌نامه را قبول نموده و از نظراتشان در راستای ادامه کار پروژه بهره‌مند شدیم، تشکر و قدردانی می‌گردد.

اطلاعیه

از آنجایی که نویسنده خود همزمان با انجام این پایان‌نامه در بخش تحقیق و توسعه شرکت علوم سبز به آدرس اینترنتی ذیل[1] مشغول انجام پروژه واترمارکینگ دیجیتال برای کاربرد در کارت‌های تأیید هویت مانند پاسپورت و ... بوده است، بنابراین بخشی از کارهای تحقیقاتی و صنعتی پروژه همزمان در واحد پردازش تصویر در این شرکت انجام شده است. قبل از هر چیز از مساعدت و همکاری شرکت علوم سبز با اینجانب تشکر می‌نمایم. نیز بر خود لازم می‌دانم از اعضاء واحد پردازش تصویر در این شرکت جهت پیشرفت پروژه و همفکری در راستای پروژه تشکر نمایم. از سایر افراد نیز که در طول این پروژه ما را یاری کردند کمال تشکر را دارم.

این اطلاعیه فقط برای آگاهی خواننده از کارهای صنعتی انجام‌شده در راستای پروژه و واترمارکینگ در ایران است و هیچ ارزش دیگری ندارد. برای اطلاعات بیشتر خواننده را به آدرس الکترونیکی نویسنده[2] رجوع می‌دهیم.

---

[1] www.sgi.ir

[2] a_yaghooby@iust.ac.ir , ah_yaghooby@yahoo.com

چکیده

واترمارکینگ دیجیتال تکنولوژی نسبتاً جدیدی است که بوسیله آن اطلاعات مخفی، مشخص و محدودی داخل اطلاعات صوتی، تصویری، ویدئو و حتی متون دیجیتال بصورت نامرئی جاسازی می‌شود تا این محصولات را در برابر جعل اسناد و کپی‌های غیرمجاز مصون دارد. به نظر می‌رسد مدیریت حقوق معنوی دیجیتال مهمترین مسأله و معضل عصر دیجیتال در هزاره سوم باشد. اگر چه دنیای دیجیتال به شدت رشد کرده است، اما امنیت اسناد چاپ‌شده مانند انواع کارت‌های تشخیص هویت از جمله مهمترین آنها پاسپورت و کارت گواهی‌نامه رانندگی و جلوگیری از جعل آنها همواره اهمیت بسزایی داشته است. هدف این پایان‌نامه ارائه روشی جدید و کارآمد جهت واترمارکینگ تصاویر در اسناد دیجیتالی و چاپ‌شده است. برای این منظور تکنیک جدیدی با عنوان **مدولاسیون پترن** ارائه شده که در آن سه مولفه اصلی یک سیستم مخفی‌سازی اطلاعات شامل کیفیت تصویر واترمارک‌شده، مقاومت الگوریتم در برابر حملات پردازشی و ظرفیت مخفی‌سازی داده قابل مصالحه است. از ویژگیهای بارز این الگوریتم مقاومت بالای آن در برابر کانال انتقال چاپ و اسکن است. همچنین استخراج واترمارک از تصویر واترمارک‌شده احتیاج به تصویر اصلی ندارد. از دیگر مشخصه‌های بارز این الگوریتم، قابلیت استفاده در حوزه‌های مختلف مکان و تبدیل است که منجر به طراحی سیستم‌های مختلف واترمارکینگ شامل واترمارکینگ مقاوم در حوزه تبدیل موجک، واترمارکینگ شکننده در حوزه تبدیل کسینوسی و واترمارکینگ نیمه‌شکننده در حوزه فریم می‌شود. بر اساس این الگوریتم، مسأله واترمارکینگ بعنوان یک مسأله مخابراتی قابل تحلیل و بهینه‌سازی است. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که الگوریتم مدولاسیون پترن در حوزه فریم و تبدیل موجک در مقایسه با سایر الگوریتم‌های رایج در واترمارکینگ، توانسته است اطلاعات واترمارک را با احتمال خطای بسیار کمی بعد از انتقال از فرآیند چاپ و اسکن استخراج نماید. تحقیقات نشان می‌دهد تشخیص هویت اسناد چاپ‌شده دارای بیشترین کاربرد تکنولوژی واترمارکینگ برای حفاظت اسناد و تشخیص جعلی‌بودن آنها در چند سال اخیر بوده است.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه‌ای بر مخفی‌سازی اطلاعات و واترمارکینگ

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- معرفی واترمارکینگ..... ۲

۱-۲-۱- تعریف..... ۲

۱-۲-۲- واترمارکینگ و استگانوگرافی (*Steganography*)..... ۲

۱-۲-۳- واترمارکینگ و کریپتوگرافی ۴

۱-۲-۴- واترمارکینگ و فشرده‌سازی ۵

۱-۲-۵- اصطلاحات فنی در واترمارکینگ..... ۶

۱-۳- تاریخچه پنهان‌کردن اطلاعات ۷

۱-۳-۱- در یونان باستان..... ۷

۱-۳-۲-در جنگ جهانی دوم ۸

۱-۳-۳- مولتی‌مدیا در عصر دیجیتال- تاریخچه واترمارکینگ..... ۹

۱-۴- کاربردهای واترمارکینگ ۱۱

۱-۴-۱- حفاظت از قانون کپی..... ۱۱

۱-۴-۲- حفاظت از خود کپی ۱۲

۱-۴-۳- ردیابی مسیر جعل کپی در دزدی‌های ادبی ۱۲
۱-۴-۴- تأیید هویت و تشخیص جعل در دستکاری‌های عمدی ۱۳
۱-۴-۵- بازرسی پخش ۱۴
۱-۴-۶- مخابرات محرمانه ۱۴
۱-۴-۷- اندیس‌زدن در کاربردهای پزشکی و عکاسی ۱۵
۱-۵- انواع واترمارکها ۱۵
۱-۵-۱- واترمارکهای شکننده ۱۶
۱-۵-۲- واترمارکهای مقاوم ۱۷
۱-۵-۳- واترمارکهای نیمه‌شکننده ۱۸
۱-۶- سیستم پایه واترمارکینگ و نکات طراحی الگوریتم‌ها ۱۸
۱-۶-۱- طرح کلی سیستم واترمارکینگ ۱۸
۱-۶-۲- استخراج واترمارک و آشکارسازی ۲۰
۱-۶-۳- مروری بیشتر بر خصوصیات واترمارکها و الگوریتم‌های واترمارکینگ ۲۳
۱-۷- مروری بر پروژه و جهت‌گیری آن ۲۸

فصل دوم: چارچوب کلی تکنیک‌های مخفی‌سازی اطلاعات و واترمارکینگ

۲-۱- مقدمه ۳۰

۲-۲- دسته‌بندی کلی و عناصر کلیدی در سیستم‌های واترمارکینگ ۳۰

۲-۲-۱- دسته‌بندی کلی الگوریتم‌های واترمارکینگ ۳۲

۲-۲-۲- عناصر کلیدی در سیستم‌های مخفی‌سازی اطلاعات و واترمارکینگ ۲۹

۲-۳- تکنیک‌های جاسازی اطلاعات و شکل‌دهی سیگنال واترمارک‌شده ۳۴

۲-۳-۱- تکنیک‌های نوع اول: واترمارک‌های جمع‌شونده ۳۵

۲-۳-۲- تکنیک‌های نوع دوم: واترمارک‌های مبتنی بر کوانتیزاسیون ۳۶

۲-۳-۳- تکنیک‌های نوع سوم: ترکیب نوع اول و نوع دوم (حالت کلی‌تر) ۳۸

۲-۴- حوزه‌های کاری واترمارکینگ ۳۹

۲-۴-۱- واترمارکینگ در حوزه مکان (فریم) ۳۹

۲-۴-۲- واترمارکینگ در حوزه تبدیل DFT ۴۲

۲-۴-۳- واترمارکینگ در حوزه تبدیل DCT ۴۳

۲-۴-۴- واترمارکینگ در حوزه تبدیل هادامارد DHT ۴۶

۲-۴-۵- واترمارکینگ بر اساس تبدیل موجک (DWT) ۴۶

۲-۴-۶- حوزه های وابسته به کلید ۵۶

۲-۴-۷- دیگر حوزه‌ها ۵۷

۲-۵- انتخاب تبدیل مناسب در واترمارکینگ ۵۹

۲-۶- جمع‌بندی فصل ۵۹

فصل سوم: مقاوم‌سازی الگوریتم‌های واترمارکینگ و حملات

۳-۱- مقدمه ۶۱

۳-۲- تکنیک‌های مقاوم‌سازی در برابر تغییرات هندسی ۶۲

۳-۲-۱- جاسازی پریودیک واترمارک..... ۶۴

۳-۲-۲- جاسازی قالب (*Template*) ۶۵

۳-۲-۳- تبدیلات نامتغیر با اعوجاج‌های هندسی..... ۶۶

۳-۲-۴- استفاده از تصویر اصلی برای جبران حملات هندسی ۶۸

۳-۳- مدل سیستم بینایی انسان (*HVS*) و کاربرد آن در واترمارکینگ..... ۶۸

۳-۳-۱-حساسیت به کنتراست‌ها..... ۷۰

۳-۳-۲- پدیده پوشش (*Masking*)..... ۷۲

۳-۳-۳- برخی روشهای تولید ماسک *HVS*..... ۷۴

۳-۴- واترمارکینگ نسل دوم مبتنی بر محتوای تصویر (*CBW*)..... ۷۹

۳-۴-۱- طرح کلی واترمارکینگ مبتنی بر محتوا ۷۹

۳-۴-۲- الگوریتم‌های واترمارکینگ مبتنی بر محتوا ۸۱

۳-۵- حمله به الگوریتم‌های واترمارکینگ و محک‌ها ۸۳

۳-۵-۱- حملات حذف واترمارک ۸۴

۳-۵-۲- حملات هندسی ۸۶

۳-۵-۳- حملات مشابه حملات کریپتوگرافی ۸۷

۳-۵-۴- حملات پروتکلی ۸۷

۳-۵-۵- محک الگوریتم‌های واترمارکینگ (*Benchmarking*) ۸۹

۳-۶- جمع‌بندی فصل ۸۹

فصل چهارم: طراحی، توسعه و شبیه‌سازی الگوریتم‌های واترمارکینگ

۴-۱- مقدمه ۹۱

۴-۲- آنالیز اعوجاج در کانال پرینت و اسکن ۹۳

۴-۳- تکنیک طیف گسترده در حوزه *DCT* و *DWT* و آشکارسازی *NONBLIND* ۹۴

۴-۳-۱- جاسازی و استخراج واترمارک مقاوم ۹۴

۴-۳-۲- تحلیل الگوریتم و بهینه‌کردن پارامترهای تزویج ۹۷

۴-۳-۳- نتایج شبیه‌سازی ۹۷

۴-۴- تکنیک طیف گسترده درحوزه *DCT* و*DWT* و آشکارسازی *BLIND* ۱۰۴

۴-۴-۱- معیار آشکارسازی *blind* ۱۰۴

۴-۴-۲- تصمیم‌گیری و آشکارسازی وفقی ۱۰۶

۴-۴-۳- نتایج شبیه‌سازی ۱۰۹

۴-۵- مدولاسیون جایگزینی در حوزه تبدیل موجک ۱۱۲

۴-۵-۱- جاسازی و استخراج واترمارک ۱۱۲

۴-۵-۲- نتایج شبیه‌سازی الگوریتم مدولاسیون جایگزینی در حوزه تبدیل موجک ۱۱۴

۴-۶- مدولاسیون جایگزینی مولتی‌رزولشن ۱۱۶

۴-۶-۱- جاسازی مولتی‌رزولشن ۱۱۸

۴=۶-۲- نتایج مدولاسیون جایگزینی مولتی‌رزولشن ۱۲۰

۴-۷- واترمارکینگ مبتنی بر مدولاسیون جایگزینی مولتی‌رزولشن وفقی ۱۲۲

۴-۷-۱- جاسازی واترمارک بکمک ماسک *HVS* ۱۲۲

۴-۷-۲- نتایج شبیه‌سازی ۱۲۵

۴-۸- تحلیل و مقایسه نتایج شبیه‌سازی ۱۲۶