

یک روش نوین جهت انتخاب مناسب قوت ته‌نقش در ته‌نقش‌نگاری تصاویر دیجیتال بر اساس الگوریتم رقابت استعماری

محمدرضا فتاحی حسن‌آباد، حسین قانع‌ی یخدان و علی‌محمد لطیف
دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه یزد، یزد، ایران

چکیده

سامانه‌های ته‌نقش‌نگاری با توجه به کاربرد، ویژگی‌های خاصی دارند. شفافیت و مقاومت از مهم‌ترین این ویژگی‌هاست، که در اکثر کاربردها مورد نیازند. این دو ویژگی در تضاد با یکدیگر هستند و با ضریبی به نام قوت ته‌نقش کنترل می‌شوند. در اثر کاهش قوت ته‌نقش، شفافیت سامانه ته‌نقش‌نگاری افزایش و مقاومت آن کاهش می‌یابد و برعکس. در یک سامانه ته‌نقش‌نگاری داشتن این دو ویژگی به‌طور هم‌زمان امکان‌پذیر نیست و باید با انتخاب صحیح قوت ته‌نقش مصالحه‌ای بین شفافیت و مقاومت برقرار کرد. در این مقاله رهیافت جدیدی بر اساس الگوریتم رقابت استعماری برای یافتن قوت ته‌نقش جهت داشتن هم‌زمان ویژگی‌های شفافیت و مقاومت پیشنهاد می‌شود. نتایج حاصل از پیاده‌سازی نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی با داشتن پیچیدگی محاسباتی کم‌تر، قوت ته‌نقش مناسبی را برای سامانه ته‌نقش‌نگاری در مقایسه با الگوریتم ژنتیک ارائه کرده است.

واژگان کلیدی: ته‌نقش‌نگاری تصویر دیجیتال، تبدیل کسینوسی گسسته، الگوریتم رقابت استعماری.

۱- مقدمه

رشد سریع فناوری در دنیای دیجیتال و اینترنت، علاوه‌بر داشتن مزایای زیاد از جمله ارتباط‌های سریع و کاهش هزینه‌ها، معایبی هم دارد. ضعف در تأمین امنیت رسانه‌های دیجیتال از مهم‌ترین این معایب است. این موضوع سبب شده است تا کاربران غیر مجاز امکان دستکاری و سوء استفاده در محیط‌های دیجیتال را پیدا کنند. ته‌نقش‌نگاری دیجیتال به‌عنوان یک راه حل برای محافظت از انواع مختلف داده دیجیتال پیشنهاد شده است (Kaur, 2011).

ته‌نقش‌نگاری دیجیتال به فرآیند مخفی کردن اطلاعات در یک داده دیجیتال گفته می‌شود که کم‌ترین تغییر را در داده میزبان اعمال کند. ته‌نقش‌نگاری کاربردهای گوناگونی دارد که مهم‌ترین کاربرد آن اثبات حق مالکیت نسبت به یک داده دیجیتال است. صاحب داده دیجیتال می‌تواند با استخراج اطلاعات مخفی شده، مالکیت خود را نسبت به محصول اثبات کند (Cox, 2002).

داده دیجیتال، می‌تواند تصویر، صوت و یا متن باشد که در این مقاله منظور از داده دیجیتال، تصویر دیجیتال است.

هر سامانه ته‌نقش‌نگاری از دو بخش اصلی درج ته‌نقش و استخراج ته‌نقش تشکیل می‌شود. در بخش درج ته‌نقش، تصویر ته‌نقش در تصویر اصلی قرار می‌گیرد. تصویر اصلی، تصویر ته‌نقش و کلید رمز به‌عنوان ورودی سامانه ته‌نقش‌نگاری هستند. در مرحله استخراج با دریافت تصویر ته‌نقش شده و با استفاده از الگوریتم صحیح، ته‌نقش استخراج و اصال آن بررسی می‌شود. ورودی سامانه در بخش استخراج، حداکثر شامل تصویر ته‌نقش شده، تصویر اصلی و کلید می‌باشد (Langelaa, 2000).

سامانه ته‌نقش‌نگاری دارای ویژگی‌های مختلفی است. از مهم‌ترین این ویژگی‌ها می‌توان به شفافیت و مقاومت اشاره کرد. مقاومت میزان تغییر ناپذیری سیگنال ته‌نقش شده در تصویر دیجیتال در برابر انواع دستکاری‌های عمدی و غیر

در تبدیل کسینوسی گسسته، ضرایب تبدیل به سه باند فرکانسی پایین، میانی و بالا تقسیم می‌شوند. درج ته‌نقش در باند فرکانس پایین، تضمین‌کننده مقاومت بالاست ولی شفافیت را تضمین نمی‌کند. همچنین درج ته‌نقش در باند فرکانس بالا، تضمین‌کننده شفافیت بالا و مقاومت کم در مقابل حمله‌ها و فشرده‌سازی خواهد بود. بنابراین در این مقاله برای برقراری یک توازن مناسب ته‌نقش در باند میانی تبدیل درج می‌شود (Pivaa, 1997).

انتخاب قوت ته‌نقش مناسب در تحقیق‌های مختلف به صورت وفقی و متناسب با ویژگی‌های سامانه بینایی انسان انجام می‌شود. در سال ۱۹۹۷ میلادی توسط Podilchuk و همکارانش روشی برای درج ته‌نقش جهت داشتن هم‌زمان شفافیت و مقاومت ارائه کردند. آنها با محاسبه حجم ته‌نقش سعی کردند ته‌نقش را در محل‌هایی که اثر کم‌تری روی دستگاه بینایی انسان دارد بیش‌تر درج کنند و در محل‌های حساس برای دستگاه بینایی حجم کم‌تری از ته‌نقش را درج کنند. (Podilchuk and Zeng, 1997).

در سال ۲۰۰۱ توسط Davis و همکارش از شبکه‌های عصبی برای انتخاب قوت ته‌نقش در ضرایب تبدیل موجک استفاده کردند (Davis and Najarian, 2001). در سال ۲۰۰۳ توسط Lu و همکارانش از ویژگی‌های دستگاه بینایی انسان و ضرایب تبدیل کسینوسی گسسته برای انتخاب وفقی قوت ته‌نقش مناسب استفاده کردند (Lu, 2003). همچنین در همین سال، روش دیگری مبتنی بر شبکه‌های عصبی توسط Lou و همکارانش برای تعیین قوت ته‌نقش ارائه شد. در این روش از چهار ویژگی دستگاه بینایی انسان شامل آنتروپی، فرکانس، میزان روشنایی و حساسیت استفاده شده است (Lou, 2003). در این مقاله هیچ اشاره‌ای به پیچیدگی محاسبات و زمان اجرای الگوریتم نشده است و با توجه به این‌که روش شبکه‌های عصبی به‌طور معمول زمان‌بر است، به نظر می‌رسد که این روش از این نظر مناسب نیست.

در سال ۲۰۰۳ توسط Wu و همکارش روشی در حوزه تبدیل کسینوسی گسسته و با استفاده از یک طبقه‌بندی‌کننده فازی و ویژگی‌های دستگاه بینایی انسان ارائه شد (Wu and Xie, 2003). در سال ۲۰۰۴ توسط El-Khamy و همکارش از خوشه‌بندی وفقی بلوک‌های تصویر با استفاده از منطق فازی استفاده شد (El-Khamy and El-Khamy, 2004). در سال ۲۰۰۵ توسط Kumsawat

عمدی را نشان می‌دهد. شفافیت سامانه ته‌نقش‌نگاری میزان شباهت تصویر اصلی و تصویر ته‌نقش‌شده را نشان می‌دهد. این دو ویژگی در تضاد با یکدیگر هستند. با افزایش میزان شفافیت، مقاومت کاهش می‌یابد و برعکس، با کاهش میزان شفافیت، مقاومت افزایش می‌یابد. ارتباط بین شفافیت و مقاومت ته‌نقش توسط ضریبی به نام قوت ته‌نقش^۱ تعیین می‌شود. قوت ته‌نقش شدت درج تصویر ته‌نقش در تصویر اصلی است (Areef, 2005). بنابراین، با انتخاب مناسب قوت ته‌نقش می‌توان یک مصالحه‌ای بین شفافیت و مقاومت ایجاد کرد.

سامانه‌های ته‌نقش‌نگاری در مرحله استخراج ته‌نقش به دو دسته غیرکور^۲ و کور^۳ تقسیم می‌شوند (Langelaar, 2000). در سامانه ته‌نقش‌نگاری غیرکور استخراج ته‌نقش از روی تصویر اصلی به همراه تصویر ته‌نقش‌شده صورت می‌گیرد. در سامانه ته‌نقش‌نگاری کور استخراج ته‌نقش از روی تصویر ته‌نقش و بدون حضور تصویر اصلی صورت می‌گیرد (Areef, 2005).

سامانه‌های ته‌نقش‌نگاری از لحاظ نحوه درج تصویر ته‌نقش در تصویر اصلی به دو حوزه مکان^۴ و فرکانس^۵ تقسیم می‌شوند. درج ته‌نقش در حوزه مکان با تغییر مستقیم مقادیر پیکسل‌های تصویر انجام می‌شود، در حالی که درج ته‌نقش در حوزه تبدیل بر روی ضرایب تبدیل تصویر انجام می‌شود (Areef, 2005).

استفاده از حوزه مکان و فرکانس بستگی به نوع کاربرد سامانه ته‌نقش‌نگاری دارد. استفاده از حوزه فرکانس به علت پخش تغییرات روی همه پیکسل‌های تصویر دارای مقاومت بالاتری نسبت به حوزه مکان است و در اکثر کاربردها از این حوزه استفاده می‌شود. از مهم‌ترین تبدیل‌های استفاده‌شده در سامانه‌های ته‌نقش‌نگاری تبدیل فوریه گسسته^۶، تبدیل کسینوسی گسسته^۷، تبدیل موجک گسسته^۸ را می‌توان نام برد. در این مقاله از تبدیل DCT به دلیل سازگاری بیش‌تر با سامانه بینایی انسان^۹ و فشرده‌سازی JPEG^{۱۰} استفاده می‌شود (Chu, 2008; Lee, 1999; Liu, 2005; Wolfgang and Delp, 1996).

¹ Watermark Strength

² None Blinde

³ Blinde

⁴ Spatial Domain

⁵ Frequency Domain

⁶ Discrete Fourier Transform (DFT)

⁷ Discrete Cosine Transform (DCT)

⁸ Discrete Wavelet Transform (DWT)

⁹ Human Visual System (HVS)

¹⁰ Joint Photographic Experts Group (JPEG)

ضرایب تبدیل مویک استفاده کردند (Lai(1), 2011). در همین سال Lai با استفاده از تجزیه تک‌مقدار و الگوریتم ژنتیک توانست به یک تعادل بین شفافیت و قوت ته‌نقش دست یابد. وی با مشخصات آماری محلی تصویر و الگوریتم ژنتیک به معیار مناسبی از شفافیت و قدرت ته‌نقش مناسب دست یافت (Lai(2), 2011).

در روش‌های مطرح‌شده در فوق که با استفاده از الگوریتم ژنتیک قوت ته‌نقش تعیین می‌شود به دلیل بزرگ‌بودن فضای جستجو، زمان اجرای برنامه‌ها طولانی و همچنین در الگوریتم‌های مبتنی بر شبکه‌های عصبی احتیاج به داده آموزشی است. بنابراین در این مقاله سعی می‌شود قوت ته‌نقش توسط الگوریتم رقابت استعماری و با استفاده از یک تابع برازندگی مناسب تعیین شود. این الگوریتم با محاسبه تابع برازندگی در هر مرحله و تکرار الگوریتم سعی می‌کند تابع برازندگی را افزایش دهد و قوت ته‌نقش مناسب را جستجو کند. در پایان برای ارزیابی کارایی روش پیشنهادی، نتایج حاصله با الگوریتم ژنتیک مقایسه می‌شود. ساختار مقاله به‌صورت زیر سازماندهی شده است. در بخش دوم، الگوریتم رقابت استعماری مرور می‌شود. همچنین در این بخش یک تابع برازندگی برای انتخاب مناسب قوت ته‌نقش ارائه می‌شود. در بخش سوم الگوریتم ته‌نقش‌نگاری که شامل درج و استخراج ته‌نقش است، ارائه می‌شود. بخش چهارم به معرفی الگوریتم پیشنهادی پرداخته و به دنبال آن در بخش پنجم، نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم بیان می‌شود و در پایان نتیجه‌گیری ارائه خواهد شد.

۲- الگوریتم رقابت استعماری

فرآیند جستجوی جواب مناسب در حل بسیاری از مسائل مهندسی امری دشوار و اجتناب‌ناپذیر است. به همین منظور تعداد زیادی الگوریتم‌های جستجو برای انتخاب مناسب در حل مسائل ارائه شده است. الگوریتم‌های تکاملی یک گروه مهمی از الگوریتم‌های جستجو هستند که در آنها با استفاده از قوانین تکاملی موجود در طبیعت برای یافتن جواب مناسب بهره گرفته می‌شود. از جمله این روش‌ها الگوریتم‌های ژنتیک (الهام گرفته از تکامل موجودات)، کلونی مورچه‌ها (بر مبنای حرکت مورچه‌ها) و حرکت جمعی ذرات (الهام گرفته از حرکت دسته‌جمعی پرندگان و ماهی‌ها) را می‌توان نام برد (Atashpaz and Lucas, 2007).

همکارانش از طیف گسترده^۱ حوزه تبدیل مویک و اجرای الگوریتم ژنتیک برای انتخاب بهینه قوت ته‌نقش مناسب استفاده شد. (Kumsawat, 2005). در سال ۲۰۰۷ توسط Ning و همکارانش از الگوریتم ژنتیک برای ایجاد توازن بین شفافیت و مقاومت سامانه ته‌نقش‌نگاری استفاده شد. در این روش برای افزایش امنیت از تبدیل آرنولد^۲ برای به‌هم‌ریزی ته‌نقش استفاده کردند. آنها با تعریف یک تابع برازندگی، قوت ته‌نقش و تعداد تکرار تبدیل آرنولد را محاسبه کردند (Ning, 2007).

در سال ۲۰۰۷ توسط Jin و همکارش بعد از تقسیم تصویر به بلوک‌های ۸×۸ غیر هم‌پوشان، با استفاده از مشخصات متفاوت بافت تصویر و میزان روشنایی آن از شبکه‌های عصبی برای انتخاب قوت ته‌نقش (Jin and Wang, 2007) و در سال ۲۰۰۹ Aslantas و همکارانش برای به‌دست آوردن مناسب‌ترین مقاومت ته‌نقش و شفافیت، از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب وقتی ضرایب باند میانی تبدیل کسینوسی گسسته (Aslantas, 2009) و همچنین در سال ۲۰۱۰ Usman و همکارش از الگوریتم ژنتیک، دنباله طیف گسترده^۳ و کدگذار بلوکی^۴ استفاده کردند. در این روش باند فرکانسی مناسب و قوت ته‌نقش بهینه محاسبه شد (Usman and Khan, 2010).

در سال ۲۰۱۰ Pramoun و همکارانش از بهینه‌سازی مقادیر پیکسل‌ها در هنگام درج و هم در هنگام استخراج ته‌نقش استفاده شد. آنها در مرحله درج ته‌نقش از متوسط‌گیری مؤلفه روشنایی در تصویر اصلی برای دست‌یابی به قوت ته‌نقش مناسب استفاده کردند. در مرحله استخراج با استفاده از یک روش پیش‌بینی‌کننده، با حذف پیکسل‌ها با مقادیر متفاوت از مقدار پیش‌بینی‌شده، به سیگنال ته‌نقش با دقت قابل قبولی دست یافتند (Pramoun, 2010). در همین سال Peng و همکارانش با استفاده از ماشین‌های بردار پشتیبان^۵، به انتخاب باند فرکانسی و خصوصیت مناسب تصویر در حوزه تبدیل مویک چندگانه^۶ پرداختند (Peng, 2010).

در سال ۲۰۱۱ Lai و همکارش از تبدیل مویک و تجزیه تک‌مقدار^۷ و درج ته‌نقش در ضرایب SVD به جای

^۱ Spread Spectrum Image Watermarking Algorithm

^۲ Arnold Transform

^۳ Spread Spectrum Sequence

^۴ Bose Chadhuri Hocquenghem (BCH)

^۵ Support Vector Machines (SVMs)

^۶ Multiwavelet

^۷ Singular Value Decomposition (SVD)

الگوریتم رقابت استعماری بر اساس پدیده اجتماعی و انسانی الهام گرفته شده است. این الگوریتم توسط آتش‌پز-گرگری و لوکاس در سال ۲۰۰۷ میلادی ارائه شد. الگوریتم رقابت استعماری یک الگوریتم قدرتمند برای بهینه‌سازی با مدل‌سازی ریاضی پدیده سیاسی-اجتماعی ارائه می‌کند (Atashpaz and Lucas, 2007, Biabangard-Oskouyi,) (Atashpaz-Gargari et al. 2008).

در الگوریتم رقابت استعماری چندین کشور به‌عنوان جمعیت اولیه در نظر گرفته می‌شوند. انتخاب جمعیت اولیه کشورها به‌صورت تصادفی انجام می‌گیرد. با توجه به مقدار تابع هزینه، کشورهای موجود به دو دسته استعمارگر و مستعمره تقسیم می‌شوند. در ادامه، کشورهای دارای قدرت بیش‌تر به‌عنوان استعمارگر و بقیه به‌عنوان مستعمره انتخاب می‌شوند. بعد از مشخص شدن استعمارگرها با توجه به قدرت آنها، سایر کشورها به‌صورت تصادفی به یکی از استعمارگرها و مستعمره‌ها می‌شوند. به مجموعه هر یک از استعمارگرها و مستعمره‌های مربوط به آنها "امپراطوری" گفته می‌شود. روش دیگر تقسیم‌بندی مستعمره‌ها به هر یک از استعمارگرها، وابسته به هزینه نرمال شده آنهاست که از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Abdi, 2011, Khabbazi,) (Atashpaz-Gargari et al. 2009).

$$C_n = \max_i \{c_i\} - c_n \quad (1)$$

در این رابطه، c_n هزینه استعمارگر n ام، $\max_i \{c_i\}$ بیش‌ترین هزینه میان استعمارگرها و C_n هزینه نرمالیزه است. قدرت نسبی نرمالیزه شده هر استعمارگر که در واقع نسبت بین مستعمره‌های آن امپریالیست به کل کشورهای مستعمره است به‌صورت رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$P_n = \left| \frac{C_n}{\sum_{i=1}^{N_{imp}} C_i} \right| \quad (2)$$

هم‌چنین تعداد اولیه مستعمره‌های یک امپراطوری مطابق رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$N.C_n = \text{round}\{P_n.N_{col}\} \quad (3)$$

در این رابطه N_{col} تعداد کل کشورهای مستعمره موجود در جمعیت کشورهای اولیه است. با توجه به $N.C_n$ برای هر امپراطوری، تعدادی از کشورهای مستعمره اولیه به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شود و به استعمارگر n ام داده می‌شوند. در مرحله بعد سعی می‌شود کشورهای استعمارگر

با هدف تحلیل فرهنگ و ساختار اجتماعی مستعمره‌ها، کشورهای مستعمره در راستاهای مختلف سیاسی و اجتماعی به آنها نزدیک شوند. سپس مستعمره‌ها به سمت کشور استعمارگر حرکت داده می‌شوند.

لازم به ذکر است در حین اجرای الگوریتم ممکن است بعضی از مستعمره‌ها به نقاطی در تابع هزینه برسند که هزینه کم‌تری نسبت به مقدار تابع هزینه در موقعیت استعمارگر داشته باشند. در این حالت جای مستعمره و استعمارگر عوض می‌شود و الگوریتم با کشور استعمارگر در موقعیت جدید ادامه می‌یابد و این بار کشور استعمارگر جدید شروع به اعمال سیاست هم‌گون‌سازی بر مستعمره‌های خود می‌کند. برای محاسبه تابع هزینه، هزینه کل امپراطوری‌ها به صورت رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$T.C_n = \text{Cost}(\text{imperialist}_n) + \quad (4)$$

$$\xi \cdot \text{mean}\{\text{Cost}(\text{colonies of empire}_n)\}$$

در این رابطه، ثابت ξ عدد بین صفر و یک و نزدیک به صفر در نظر گرفته می‌شود. پس از محاسبه هزینه هر امپراطوری، مستعمره‌های امپراطوری‌های ضعیف، حذف و به امپراطوری‌های قوی‌تر ملحق می‌شوند.

فرآیند جذب یا رقابت بین استعمارگرها تکرار می‌شود. در هر مرحله از تکرار الگوریتم، استعمارگری که قدرت کم‌تری دارد یکی از مستعمره‌های خود را از دست می‌دهد. مستعمره جدا شده از استعمارگر ضعیف‌تر، دارای کم‌ترین قدرت در بین تمام مستعمره‌های مربوط به آن استعمارگر است (Khabbazi, Atashpaz-Gargari et al. 2009).

برای تصاحب مستعمره‌ها یک رقابتی میان کلیه امپراطوری‌ها ایجاد می‌شود. در مرحله بعد امپراطوری‌هایی که تمام مستعمره‌های خود را از دست داده‌اند، حذف و به‌صورت یک مستعمره به استعمارگر دیگری ملحق می‌شوند. این روند تا رسیدن به یک استعمارگر دارای بیش‌ترین قدرت ادامه می‌یابد.

برای اتمام اجرای الگوریتم شرایطی به‌عنوان شرایط خاتمه در نظر گرفته می‌شود. از جمله این شرایط تعداد تکرار معینی از الگوریتم یا زمان اجرای مشخص را می‌توان نام برد. الگوریتم با رسیدن به شرایط خاتمه یا رسیدن به یک استعمارگر نهایی پایان می‌یابد. در این مقاله برای افزایش سرعت همگرایی الگوریتم از دو شرط خاتمه تعداد تکرار الگوریتم یا توقف در یک وضعیت مشخص در چند

$BS_{k1}(Coeff_{k2})$ نشان‌دهنده بلوک انتخابی توسط کلید $k1$ و ضریب انتخاب‌شده متناظر با بلوک BS_{k1} توسط کلید $k2$ است.

1(DC)	2	6	7	15	16	28	29
3	5	8	14	17	27	30	43
4	9	13	18	26	31	42	44
10	12	19	25	32	41	45	54
11	20	24	33	40	46	53	55
21	23	34	39	47	52	56	61
22	35	38	48	51	57	60	62
36	37	49	50	58	59	63	64

(شکل ۱): ترتیب زیگزاگی ضرایب DCT بلوک 8×8

بعد از انتخاب بلوک‌ها و ضرایب متناظر آنها، با استفاده از جدول مرجع، مقدار تقریبی متناظر با ضریب انتخاب شده در هر یک از بلوک‌ها محاسبه می‌شود. مقدار تقریبی با $EstBS_{k1}(Coeff_{k2})$ نشان داده می‌شود و با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌گردد. این پارامتر مرجع مورد استفاده در درج و استخراج ته‌نقش است.

$$EstBS_{k1}(Coeff_{k2}) = BS_{k1}(Coeff_{k2}) \times RT(Coeff_{k2}) \quad (۶)$$

ته‌نقش طبق رابطه (۷) درج می‌شود.

$$BSW_{k1}(Coeff_{k2}) = \begin{cases} \min(BS_{k1}(Coeff_{k2}), EstBS_{k1}(Coeff_{k2}) - \alpha_k) & \text{if } w(B) = 0 \\ \max(BS_{k1}(Coeff_{k2}), EstBS_{k1}(Coeff_{k2}) + \alpha_k) & \text{if } w(B) = 1 \end{cases} \quad (۷)$$

در این رابطه α_k ضریب قوت ته‌نقش بلوک BS_{k1} و $w(B)$ بیت B ام تصویر ته‌نقش می‌باشد. در پایان از تصویر ته‌نقش شده معکوس DCT محاسبه می‌شود و تصویر ته‌نقش شده I_w به دست می‌آید.

۳-۲- الگوریتم استخراج ته‌نقش

تصویر ته‌نقش شده I_w بعد از ارسال ممکن است از لحاظ کیفیت افت کرده باشد. بنابراین تصویر دریافت‌شده در گیرنده با I'_w نشان داده می‌شود. روند استخراج ته‌نقش مشابه درج ته‌نقش است. ابتدا تصویر به بلوک‌های غیر هم‌پوشان 8×8 تقسیم و سپس DCT بلوک‌ها محاسبه و مطابق با رابطه (۵) جدول مرجع RT' محاسبه می‌شود.

با استفاده از کلید $k1$ بلوک‌های حامل ته‌نقش BS'_{k1} مشخص می‌شوند. با استفاده از کلید $k2$ ضرایب انتخابی هر

تکرار پشت سر هم به صورت هم‌زمان استفاده شده است. شایان ذکر است در این مقاله از قوت ته‌نقش به عنوان کشور در الگوریتم رقابت استعماری استفاده شده است.

۳- الگوریتم ته‌نقش‌نگاری

در این بخش الگوریتم ته‌نقش‌نگاری در حوزه DCT، ارائه می‌شود. ابتدا الگوریتم درج ته‌نقش و سپس الگوریتم استخراج ته‌نقش بررسی خواهد شد.

۳-۱- الگوریتم درج ته‌نقش

در این مقاله از تصویر اصلی I با ابعاد $M \times N$ و تصویر ته‌نقش W با ابعاد $M_w \times N_w$ استفاده می‌شود. ابتدا تصویر اصلی به بلوک‌های غیر هم‌پوشان 8×8 تقسیم شده که تعداد کل بلوک‌های تصویر با B_i نشان داده می‌شود. $(B_i = [M/8] \times [N/8])$. سپس تبدیل کسینوسی گسسته روی بلوک‌ها اعمال می‌شود. پس از محاسبه DCT، ضرایب تبدیل هر یک از بلوک‌های 8×8 به صورت زیگزاگی طبق شکل (۱) مرتب می‌شوند.

به ضریب اول از هر بلوک مقدار DC آن بلوک و به بقیه ضرایب، مقادیر AC گفته می‌شود. برای داشتن معیاری برای درج و استخراج ته‌نقش، با میانگین‌گیری از هر یک از ضرایب به دست آمده در هر بلوک، جدول مرجعی به نام RT^1 تشکیل می‌شود. مقدار مرجع ضریب i ام طبق رابطه (۵) است.

$$RT(i) = \frac{Z_1^i}{DC_1} + \frac{Z_2^i}{DC_2} + \dots + \frac{Z_{B_i}^i}{DC_{B_i}} \quad (۵)$$

که در آن DC_{B_i} ضریب DC بلوک B_i ام و $Z_{B_i}^i$ به مقدار ضریب i ام از بلوک B_i ام اشاره می‌کند.

برای افزایش امنیت سامانه ته‌نقش‌نگاری پیشنهادی، از دو کلید $k1$ و $k2$ استفاده می‌شود. ابتدا بلوک‌ها توسط کلید $k1$ به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند. بلوک‌های انتخاب شده توسط $k1$ با BS_{k1} نشان داده می‌شوند. حال برای تصادفی کردن درج ته‌نقش، انتخاب ضریب در یک بلوک خاص با استفاده از کلید $k2$ و از میان ضرایب باند میانی انجام می‌شود. ضریب انتخاب شده در بلوک BS_{k1} با $Coeff_{k2}$ نشان داده می‌شود. به این ترتیب عبارت

¹ Reference Table

n از تصویر ته‌نقش شده است. هر چه معیار $PSNR$ بزرگ‌تر باشد، شباهت تصویر ته‌نقش شده با تصویر اصلی بیش‌تر می‌باشد (Kutter and Petitcolas, 1999). پارامتر BCR در رابطه (۱۳) معیاری برای ارزیابی میزان شباهت ته‌نقش استخراج‌شده با ته‌نقش اصلی است که به‌صورت زیر بیان می‌شود.

$$BCR_{(w,w')} = \frac{\sum_{i=1}^{M_w \times N_w} \left(\frac{1}{w_i \oplus w'_i} \right)}{M_w \times N_w} \times 100\% \quad (2)$$

که در آن w ته‌نقش اصلی و w' ته‌نقش استخراج‌شده، M_w و N_w اندازه تصویر ته‌نقش هستند. بزرگ‌تربودن این عدد بیان‌گر شباهت بیش‌تر ته‌نقش استخراج‌شده با ته‌نقش اصلی است. (Lai, 2011).

روندنمای الگوریتم پیشنهادی که از این به بعد الگوریتم ICA نامیده می‌شود برای محاسبه قوت ته‌نقش در شکل (۲) نمایش داده شده است. در این شکل منظور از کشورهای اولیه یعنی قوت ته‌نقش‌ها، مقادیر عددی تولیدشده به‌صورت تصادفی در بازه جستجو می‌باشند. با توجه به کشور انتخابی عمل درج ته‌نقش انجام می‌شود. سپس سه حمله پر کاربرد فیلتر میانگین، فیلتر میانه و فشرده‌سازی JPEG بر روی تصویر انجام می‌شود (Areef, 2005). از طرفی مقدار $PSNR$ تصویر اصلی I و تصویر ته‌نقش شده I' نیز محاسبه و از تصویرهای به‌دست آمده بعد از حمله‌های مذکور، سیگنال ته‌نقش استخراج و BCR آن با سیگنال ته‌نقش اصلی محاسبه می‌شود. تابع هزینه با استفاده از رابطه (۱۰) ارزش هر کشور محاسبه و این روند تا رسیدن به جواب مناسب تکرار می‌شود.

۵- پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی

برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی، الگوریتم بر روی یک سامانه Core-I7 با ویندوز 7 و RAM-4G و نرم افزار MATLAB 2012 اجرا شد. برای ارزیابی الگوریتم پیشنهاد شده در این مقاله، پیاده‌سازی بر روی سه تصویر Lena، Cameraman و Baboon انجام و این تصاویر در شکل (۳) نشان داده شده است. تصویر ته‌نقش Copyright نیز در شکل (۴) نشان داده شده است.

برای ارزیابی الگوریتم در یافتن نقطه مصالحه بین

بلوک یعنی $Coeff'_{k2}$ مشخص و سپس طبق رابطه (۸) مقدار $EstBS'_{k1}(Coeff_{k2})$ که به‌عنوان تقریبی از $BS_{k1}(Coeff_{k2})$ است محاسبه می‌شود. ته‌نقش طبق رابطه (۹) استخراج می‌شود. چون درج ته‌نقش در ضرایب باند میانی تبدیل انجام گرفته است؛ در مقادیر DC بلوک‌ها تغییری ایجاد نمی‌شود و چون مقادیر جدول‌های مرجع با متوسط‌گیری از تمام بلوک‌ها محاسبه می‌شوند، جدول مرجع در مرحله درج با جدول مرجع در مرحله استخراج تفاوت چندانی با یکدیگر نخواهند داشت.

$$EstBS'_{k1}(Coeff_{k2}) = BS'_{k1}(Coeff_{k2}) \times RT'(Coeff_{k2}) \quad (8)$$

$$w'(B) = \begin{cases} 1 & \text{if } EstBS'_{k1}(Coeff_{k2}) \leq BS'_{k1}(Coeff_{k2}) \\ 0 & \text{if } EstBS'_{k1}(Coeff_{k2}) \geq BS'_{k1}(Coeff_{k2}) \end{cases} \quad (9)$$

۴- روش پیشنهادی برای محاسبه قوت ته‌نقش

در این مقاله با توجه به روش ته‌نقش‌نگاری مطرح شده در قسمت قبل، سعی می‌شود قوت ته‌نقش مناسب با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری تعیین شود. تابع هزینه وابسته به ویژگی‌های مربوط به شفافیت و مقاومت است. تابع هزینه مورد استفاده به‌صورت رابطه (۱۰) تعریف می‌شود (نفیسی فرد، ۱۳۹۰).

$$f(x) = (\eta_1 * PSNR) + (\eta_2 * BCR) \quad (10)$$

که در آن η_1 و η_2 ضرایب وزن‌دهی و $PSNR$ حداکثر نسبت سیگنال به نوفه تصویر بوده که از آن به عنوان معیاری برای شفافیت استفاده می‌شود. مقدار $PSNR$ بر اساس رابطه (۱۱) به دست می‌آید (Shahram and Mehdi, 2011).

$$PSNR = 20 \log \left(\frac{I_{\max}}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (11)$$

مقدار $I_{\max}$ بزرگ‌ترین مقدار پیکسل در تصویر و MSE بیان‌گر مقدار میانگین مجذور خطا بین تصویر اصلی و تصویر ته‌نقش شده است که از رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود.

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{m,n} (I_{m,n} - I'_{m,n})^2 \quad (12)$$

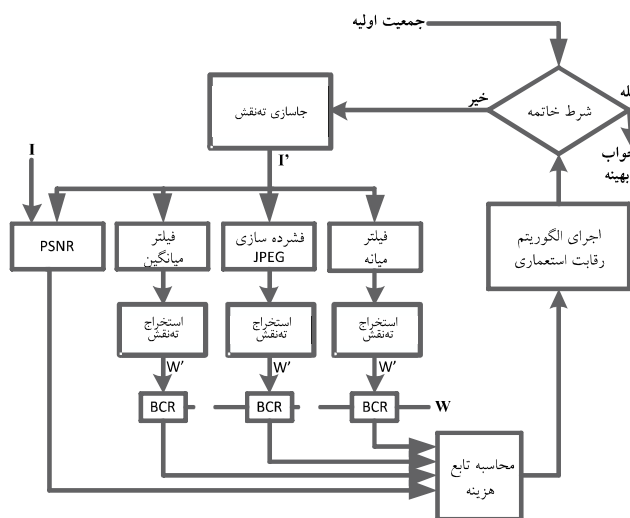
در این رابطه $I_{m,n}$ روشنایی پیکسل در موقعیت m و n از تصویر اصلی و $I'_{m,n}$ روشنایی پیکسل در موقعیت m و

¹ Imperialist Competitive Algorithm

برای تصویر Baboon برابر با ۲۲/۱۶۱۶ به‌دست آمد.

برای استفاده از الگوریتم پیشنهادی به‌منظور محاسبه نقطه مناسب در تابع هزینه، تعداد جمعیت کل انتخابی به‌طور تجربی شصت و تعداد ده امپراطوری و پانزده بار تکرار انتخاب می‌شود. این مقادیر در الگوریتم ژنتیک با جمعیت‌های پنجاه، شصت و صد و تعداد پانزده بار تکرار پیاده‌سازی شده است. نتایج شبیه‌سازی به ازای قوت ته‌نقش به‌دست آمده توسط هر یک از الگوریتم‌ها مطابق جدول (۱) و در شکل (۷) نشان داده شده است.

شفافیت و مقاومت ابتدا قوت ته‌نقش در بازه [۰-۱۰۰] با پله‌های کوچک جاروب و تابع هزینه برای آن محاسبه شد که در شکل (۶) نمایش داده شده است. لازم به ذکر است، اجرای این قسمت بسیار زمان‌بر بود. با توجه به نمودارهای به‌دست آمده ملاحظه می‌شود منحنی هر یک از تصاویر یک مقدار بیشینه دارند. این نقطه همان نقطه توازن بین شفافیت و مقاومت در تصویر است. نقطه توازن به‌دست آمده با تغییر قوت ته‌نقش از صفر تا ۱۰۰ برای تصویر Lena برابر با ۱۰/۷۵۱۴ و Cameraman برابر با ۱۰/۴۴۱۹ و



(شکل ۲): روندنمای روش پیشنهادی برای پیدا کردن قوت ته‌نقش

Copyright

(شکل ۴): تصویر ته‌نقش

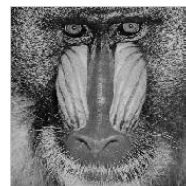
در جدول (۱) مقایسه کارایی دو الگوریتم نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ستون اول نوع تصویر استفاده شده را ستون‌های دوم و سوم به‌ترتیب قوت ته‌نقش بهینه و مقدار متناظر تابع هزینه، در ستون چهارم نوع الگوریتم استفاده شده و در ستون‌های پنجم و ششم به‌ترتیب، قوت ته‌نقش و مقدار تابع هزینه متناظر با الگوریتم نشان داده می‌شوند. با مقایسه ستون دوم و پنجم مشاهده می‌شود که قوت ته‌نقش به‌دست آمده از الگوریتم پیشنهادی تفاوت ناچیزی با نقطه بیشینه منحنی در شکل (۶) دارد. هم چنین تابع هزینه در ستون ششم در مقایسه با ستون سوم تفاوت بسیار ناچیزی دارد.



(الف) Lena



(ب) Cameraman



(ج) Baboon

(شکل ۳): تصاویر اصلی

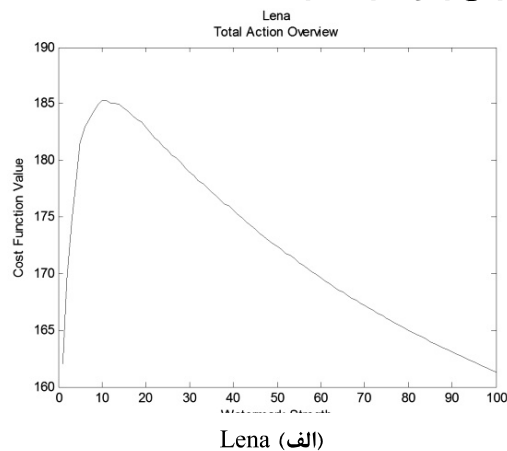
یک از الگوریتم‌ها مشاهده می‌شود با اعمال دو شرط، توقف تعداد تکرار و باقی‌ماندن در یک جواب برای تعداد تکرار مشخص، زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم ژنتیک بهبود قابل توجه‌ای را دارد. بنابراین الگوریتم ICA زمان و دقت همگرایی بهتری نسبت به الگوریتم GA دارند.

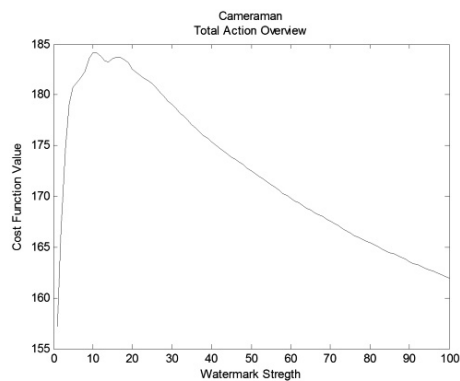
۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله روش نوینی جهت تعیین قوت ته‌نقش مناسب با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری ارائه شد. برای درج ته‌نقش از باند میانی تبدیل DCT استفاده شده است. با توجه به این‌که شفافیت و مقاومت در تضاد با یکدیگر هستند، برقراری توازن و انتخاب قوت ته‌نقش مناسب امری مهم است. بر این اساس در این مقاله با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری روشی جهت به‌دست‌آوردن قوت ته‌نقش مناسب پیشنهاد شد. در روش پیشنهادی، قوت ته‌نقش مناسب بر اساس بهینه‌سازی یک تابع هزینه با متغیرهای PSNR و BCR با الگوریتم رقابت استعماری محاسبه می‌شود. نتایج حاصل از پیاده‌سازی بیان‌گر این مطلب هستند که الگوریتم پیشنهادی قادر به برقراری یک توازن بین دو ویژگی شفافیت و مقاومت است. هم‌چنین الگوریتم پیشنهادی از نظر سرعت دقت نسبت به الگوریتم ژنتیک کارایی بهتری دارد.

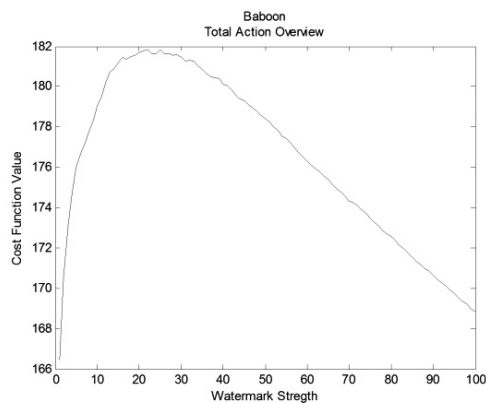
در ستون هفتم مدت زمان اجرای الگوریتم نشان داده می‌شود. طبق نتایج به‌دست آمده در این ستون ملاحظه می‌شود، الگوریتم پیشنهادی از لحاظ زمان اجرا نسبت به الگوریتم ژنتیک بهبود قابل توجهی دارد. برای مثال زمان اجرای تصویر cameraman برای اجرای الگوریتم ژنتیک با جمعیت اولیه شصت زمان ۱۰۹/۲۷۲۳ دقیقه و برای الگوریتم ICA زمان ۶۶/۴۵۰ دقیقه مصرف شد که حدود ۴۲/۸۲۲۳ دقیقه در زمان صرفه‌جویی شده است. در ستون هشتم پارامتر PSNR و در ستون‌های نهم تا یازدهم BCR به‌دست آمده از حمله‌های متناظر با آنها محاسبه و نشان داده می‌شوند. شایان ذکر است با توجه به هدف این مقاله که یافتن قوت ته‌نقش برای ایجاد توازن بین شفافیت و مقاومت است، ملاحظه می‌شود مقدار PSNR در اکثر موارد بهبود یافته است. نکته مهم این است که معیار بهینگی همان مقدار تابع هزینه در ستون دوم است. نتایج ستون ششم نیز که ترکیبی از مقدار PSNR و میانگینی از مقادیر BCR می‌باشد، تقریب خوبی نسبت به مقدار واقعی آن (در ستون دوم) دارد.

با توجه به داده‌های جدول، مشاهده می‌شود هر یک از الگوریتم‌های مورد استفاده با توجه به رابطه (۱۰) مقدار تابع هزینه متفاوتی را ارائه کرده‌اند. شایان ذکر است که در بعضی از موارد بهبود شفافیت به‌تنهایی ملاک اصلی برای بهینه‌بودن قوت ته‌نقش نیست بلکه ملاک بهینه‌بودن مقدار تابع هزینه است. البته در این رابطه می‌توان با تغییر ضرایب مقاومت و شفافیت نسبت به یکی از این دو ویژگی حساسیت بیشتری را استفاده کرد. درضمن با بررسی زمان اجرای هر





Camerman (ب)



Baboon (ج)

(شکل ۵): جاروب قوت ته‌نقش برای اعداد در بازه [۰-۱۰۰]

الگوریتم	تصویر ته‌نقش شده	مقدار تابع هزینه	ته‌نقش استخراج شده بعد از حمله فیلتر میانه	ته‌نقش استخراج شده بعد از حمله فیلتر میانگین	ته‌نقش استخراج شده بعد از حمله فشرده‌سازی
GA(50)		۱۸۵/۳۶۷۸			
GA(60)		۱۸۵/۳۵۹۸			
GA(100)		۱۸۵/۳۷۴۶			

ICA(45)



۱۸۵/۴۳۳۸

Copyright

BCR=۱۰۰/۰۰۰۰

Copyright

BCR=۹۱/۰۰۰۰

Copyright

BCR=۸۸/۷۱۴۳

ICA(60)



۱۸۵/۴۳۳۸

Copyright

BCR=۱۰۰/۰۰۰۰

Copyright

BCR=۹۱/۰۰۰۰

Copyright

BCR=۸۸/۷۱۴۳

GA(50)



۱۸۴/۲۸۹۵

Copyright

BCR=۹۹/۷۸۵۷

Copyright

BCR=۹۱/۰۰۰۰

Copyright

BCR=۸۴/۷۱۴۳

GA(60)



۱۸۴/۲۵۷۱

Copyright

BCR=۹۹/۷۸۵۷

Copyright

BCR=۹۰/۹۲۸۶

Copyright

BCR=۸۴/۷۱۴۳

GA(100)



۱۸۴/۳۵۷۳

Copyright

BCR=۹۹/۷۸۵۷

Copyright

BCR=۹۱/۰۰۰۰

Copyright

BCR=۸۴/۵۰۰۰

ICA(45)



۱۸۴/۴۴۶۷

Copyright

BCR=۹۹/۷۸۵۷

Copyright

BCR=۹۰/۹۲۸۶

Copyright

BCR=۸۴/۵۰۰۰

ICA(60)



۱۸۴/۴۴۶۷

Copyright

BCR=۹۹/۷۸۵۷

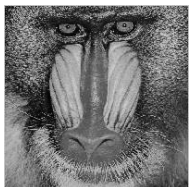
Copyright

BCR=۹۰/۹۲۸۶

Copyright

BCR=۸۴/۵۰۰۰

GA(50)



۱۸۱/۸۴۰۱

Copyright

BCR=۱۰۰/۰۰۰۰

Copyright

BCR=۸۵/۲۱۴۳

Copyright

BCR=۸۸/۵۰۰۰

فصلنامه

سال ۱۳۹۲ شماره ۱ پیاپی ۱۹





(شکل ۶): نتایج شبیه‌سازی الگوریتم‌های پیشنهادی (ICA) و ژنتیک (GA)

(جدول ۱): نتایج شبیه‌سازی الگوریتم‌های پیشنهادی (ICA) و ژنتیک (GA)

تصویر اصلی	قوت نه‌نقش به دست آمده از شکل (۶)	تابع هزینه به دست آمده از شکل (۶)	الگوریتم مورد استفاده	قوت نه‌نقش به دست آمده از روش پیشنهادی	تابع هزینه محاسبه شده از روش پیشنهادی	زمان (دقیقه)	PSNR (%)	BCR بعد از فیلتر میانه (%)	BCR بعد از فیلتر میانگین (%)	BCR از حمله JPEG40 (%)
Lena	۱۰/۷۵۱۴	۱۸۵/۴۳۴۱	ICA(45*)	۱۰/۷۵۱۷	۱۸۵/۴۳۳۸	۶۹/۹۱۵۳	۴۶/۲۰۲۱	۱۰۰	۹۱	۸۸/۷۱۴۳
			ICA(60)	۱۰/۷۵۱۷	۱۸۵/۴۳۳۸	۸۶/۴۲	۴۶/۲۰۲۱	۱۰۰	۹۱	۸۸/۷۱۴۳
			GA(50)	۱۰/۸۲۷۴	۱۸۵/۳۶۷۸	۷۱/۵۳۳۷	۴۶/۱۵۷۰	۱۰۰	۹۱/۰۷۱۴	۸۸/۷۱۴۳
			GA(60)	۱۰/۸۵۰۲	۱۸۵/۳۵۹۸	۹۰/۱۵۷۷	۴۶/۱۵۳۰	۱۰۰	۹۱/۰۷۱۴	۸۸/۷۱۴۳
			GA(100)	۱۰/۸۲۲۲	۱۸۵/۳۷۴۶	۱۸۶/۸۴	۴۶/۱۶۰۴	۱۰۰	۹۱/۰۷۱۴	۸۸/۷۱۴۳
Cameraman	۱۰/۴۴۱۹	۱۸۴/۴۴۶۷	ICA(45)	۱۰/۴۴۱۹	۱۸۴/۴۴۶۷	۵۷/۵۳۳۵	۴۵/۹۴۷۲	۹۹/۷۸۵۷	۹۰/۹۲۸۶	۸۴/۵۰۰۰
			ICA(60)	۱۰/۴۴۱۹	۱۸۴/۴۴۶۷	۶۶/۴۵	۴۵/۹۴۷۲	۹۹/۷۸۵۷	۹۰/۹۲۸۶	۸۴/۵۰۰۰
			GA(50)	۱۰/۷۵۱۸	۱۸۴/۲۸۹۵	۸۱/۰۵۵۵	۴۵/۸۲۲۱	۹۹/۷۸۵۷	۹۱/۰۰۰۰	۸۴/۷۱۴۳
			GA(60)	۱۰/۷۶۴۱	۱۸۴/۲۵۷۱	۱۰۹/۲۷۲۳	۴۵/۸۱۷۹	۹۹/۷۸۵۷	۹۰/۹۲۸۶	۸۴/۷۱۴۳
			GA(100)	۱۰/۵۶۶۵	۱۸۴/۳۵۷۳	۴۰۳/۴۴	۴۵/۸۹۱۱	۹۹/۷۸۵۷	۹۱/۰۰۰۰	۸۴/۵۰۰۰
Baboon	۲۲/۱۶۱۶	۱۸۱/۸۵۹۱	ICA(45)	۲۲/۱۶۱۶	۱۸۱/۸۵۹۱	۵۸/۴۹۹۱	۳۹/۷۸۱۵	۱۰۰	۸۵/۳۵۷۱	۸۸/۵۰۰۰
			ICA(60)	۲۲/۱۶۱۶	۱۸۱/۸۵۹۱	۷۸/۷۲۹۲	۳۹/۷۸۱۵	۱۰۰	۸۵/۳۵۷۱	۸۸/۵۰۰۰
			GA(50)	۲۲/۰۱۹۲	۱۸۱/۸۴۰۱	۷۳/۱۵۳۵	۳۹/۷۹۴۱	۱۰۰	۸۵/۲۱۴۳	۸۸/۵۰۰۰
			GA(60)	۲۲/۲۵۵۴	۱۸۱/۸۵۰۷	۱۱۹/۸۳۹۲	۳۹/۷۶۷۴	۱۰۰	۸۵/۲۲۸۶	۸۸/۵۰۰۰
			GA(100)	۲۲/۰۱۹۲	۱۸۱/۸۴۰۱	۳۳۸/۴۶۶۵	۳۹/۷۹۴۱	۱۰۰	۸۵/۲۱۴۳	۸۸/۵۰۰۰

* اعداد داخل پرانتز در الگوریتم مورد استفاده، بیان‌گر جمعیت استفاده شده در آن الگوریتم هستند.

- Lu, Z. M., et al., 2003, "Adaptive water-marking algo-rithm based on human visual system," Harbin Gongye Daxue Xuebao(Journal of Harbin Institute of Technology), vol. 35, pp. 138-141.
- Lou, D. C., et al., 2003, "Adaptive digital water-mar-king using neural network technique," International Carnahan Conference on Security Technology, pp. 325-332.
- Wu, J. and Xie, J., 2003, "Adaptive image water-mark-ing scheme based on HVS and fuzzy clustering theory," International Conference on Neural Networks and Signal Processing, pp. 1493-1496.
- El-Khamy, S. E., and El-Yamany, N., 2004, "A new perceptual image watermarking technique based on adaptive fuzzy clustering," in Radio Science Conference, pp. C30-1-8.
- Kumsawat, P., et al., 2005, "A new approach for optim-ization in image watermarking by using genetic algorithms," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 53, pp. 4707-4719, 2005.
- Ning, Z., et al., 2007, "A GA-based optimal image water-marking technique," Third International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, pp. 291-294.
- Jin, C., and Wang, S., 2007, "Applications of a neural network to estimate watermark embedding strength," Eighth International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services, pp. 68-68.
- Aslantas, V., et al., 2009, "A novel image water-marking method based on Discrete Cosine Transform using Genetic Algorithm," IEEE 17th Applications Conference on Signal Processing and Comm-unications, pp. 285-288.
- Usman, I., and Khan, A., 2010, "BCH coding and intelligent watermark embedding: employing both frequency and strength selection," Applied Soft Computing, vol. 10, pp. 332-343.
- Pramoun, T., et al., 2010, "Image Watermarking Using Lumi-nance Averaging and Adaptive Prediction from Nearby Pixels," 2nd International Con-ference on Information Engineering and Computer Science (ICIECS),, pp. 1-4.
- Peng, H. et al., 2010, "Image watermarking method in multiwavelet domain based on support vector
- Kaur, B., et al., 2011, "Steganographic Approach for Hiding Image in DCT Domain," International Journal of Advances in Engineering & Technology, vol. 1, pp. 72-78.
- Cox, I., et al., 2002, "Digital w-atermarking," Journal of Elec-tronic Imaging, vol. 11, p. 414.
- Langelaar, G.C., et al., 2000, "Watermarking digital image and video data. A state of-of-the-art overview," signal processing magazine, IEEE, vol.17, pp.20-46.
- Areef, T., et al., 2005, " Optimal transform domain wat-ermark embedding via genetic algorithms," in ITI 3rd International Conference on Information and Communications Technology, pp. 607-617.
- Chu, S. C. et al., 2008, "Genetic water-marking for zer-otree-based applications," Circuits, Systems, and Signal Processing, vol. 27, pp. 171-182.
- Lee, H. J. et al., 1999, "Digital watermarking robust against JPEG comp-ression," Information Security, pp. 770-770.
- Liu, L., 2005, "A survey of digital watermarking technologies," Technical Report, Stony Brook University, New York.
- Wolfgang, R. B., and Delp, E. J., 1996, "A watermark for digital images," International Conference on Image Proc-essing, pp. 219-222.
- Wolfgang, R. B., et al., 1999, "Perceptual watermarks for digital images and video," Proceedings of the IEEE, vol. 87, pp. 1108-1126.
- Piva, A. et al., 1997, "DCT-based watermark rec-overing without resorting to the unco-rrupted original image," International Conference on Image Processing, pp. 520-523.
- Podilchuk, C. I., and Zeng, W., 1997, "Digital image waterm-arking using visual models," in Electronic Imaging, International Society for Optics and Photonics, pp.100-111.
- Davis, K. J. and Najarian, K., 2001, "Maximizing str-ength of digital watermarks using neural networks," International Joint Conference on Neural Networks, pp. 2893-2898.



محمد رضا فتاحی حسن آباد در سال ۱۳۸۴ مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق گرایش الکترونیک از دانشگاه آزاد واحد یزد دریافت کرد.

ایشان مدرک کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۹۲ در رشته مهندسی برق مخابرات گرایش سیستم از دانشگاه یزد دریافت کردند. پردازش تصویر، پردازش ویدئو و ته‌نقش نگاری تصاویر دیجیتال از زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان است.

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

mrfattahi2011@stu.yazd.ac.ir



حسین قانع یخندان مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را به ترتیب در رشته مهندسی برق الکترونیک و مخابرات سیستم از دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشگاه

صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی دریافت کردند. ایشان در سال ۱۳۸۸ دکترای خود را در رشته مهندسی برق مخابرات (سیستم) در دانشگاه فردوسی مشهد به اتمام رساندند. وی در حال حاضر استادیار گروه مخابرات دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه یزد می‌باشد. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان پردازش تصاویر ثابت و متحرک (ویدئو)، مقاومت‌سازی داده‌های ویدئو در برابر خطاهای کانال، اختفای خطای داده‌های تصویری و ته‌نقش نگاری تصاویر دیجیتال است.

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

hghaneiy@yazd.ac.ir



علی محمد لطیف مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی برق الکترونیک به ترتیب از دانشگاه‌های صنعتی اصفهان و دانشگاه صنعتی امیرکبیر دریافت کردند. ایشان

در سال ۱۳۹۰ دکترای خود را در رشته مهندسی کامپیوتر

سال ۱۳۹۲ شماره ۱ پیاپی ۱۹

machines," Journal of Systems and Software, vol. 83, pp. 1470-1477.

Lai(1), C. C., 2011, "An improved SVD-based watermarking scheme using human visual characteristics," Optics Communications, pp. 938-944.

Lai(2), C. C., 2011, "A digital watermarking scheme based on singular value decomposition and tiny genetic algorithm," Digital Signal Processing, vol. 21, pp. 522-527.

نفیسی فرد پیمان، درهمی ولی، لطیف علی محمد، "سامانه‌های هوشمند در مهندسی برق"، شماره ۴، صفحه ۴۷-۶۴.

Atashpaz-Gargari, E., and Lucas, C., 2007, "Imperialist competitive algorithm: an algorithm for optimization inspired by imperialistic competition," in IEEE Congress on Evolutionary Computation, pp. 4661-4667.

A. Biabangard-Oskouyi, *et al.*, "Application of imperialist competitive algorithm for materials property characterization from sharp indentation test," To be appeared in the International Journal of Engineering Simulation, 2008.

A. Khabbazi, *et al.*, "Imperialist competitive algorithm for minimum bit error rate beamforming," International Journal of Bio-Inspired Computation, vol. 1, pp. 125-133, 2009.

Abdi, B., *et al.*, 2011, "Imperialist Competitive Algorithm and its Application in Optimization of Laminated Composite Structures," European Journal of Scientific Research, pp. 174-187.

Shahram, M. B., and Mehdi, S., 2011, "An Imperialist Competitive Algorithm Artificial Neural Network Method to Predict Oil Flow Rate of the Wells," International Journal of Computer Applications, pp. 47-50.

Kutter, M. and Petitcolas, F. A. P., 1999, "A fair benchmark for image watermarking systems," Electronic Imaging, pp. 219-239.

در دانشگاه اصفهان به اتمام رساندند. وی در حال حاضر
استادیار گروه کامپیوتر دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
دانشگاه یزد است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان
پردازش تصویر، تکنش‌نگاری تصاویر دیجیتال و رمزنگاری
است.

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

alatif@yazd.ac.ir

فصلنامه



سال ۱۳۹۲ شماره ۱ پیاپی ۱۹

