نشریه علمی - پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره هفتم، شماره ۲، آذر ماه ۱۳۹۶

روشی خودکار جهت همگون سازی بصری اهداف با پس‌زمینه با استفاده از الگوریتم حریصانه

علی کرمی[۱]، صفا خزائی*[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
ali.karami.surveying@email.com

[۲] استادیار دانشگاه جامع امام حسین(ع)
skhazai@ihu.ac.ir

(تاریخ دریافت دی ۱۳۹۵، تاریخ تصویب خرداد ۱۳۹۶)

چکیده

طراحی الگوی رنگی مناسبی که بتواند بیشترین تطابق و همگونی هدف را از لحاظ شکل و رنگ با پس‌زمینه داشته باشد، یکی از چالش‌های اساسی در حوزه‌ی همگون سازی (استتار) است. امروزه، همگون سازی رقومی بر پایه اصول روانشناسی بصری قرارگرفته است و از روش‌های پردازش رقومی تصویر برای مشخص کردن ویژگی‌های پس‌زمینه استفاده می‌کند. تاکنون تحقیقات زیادی توسط محققین در زمینه همگون سازی رقومی ارائه شده است. به عنوان مثال روش‌های مبتنی بر تکنیک فازی، شبکه عصبی و روش حریصانه ارائه شده است اما مشکل اصلی برخی از روش‌ها آن است که تعداد رنگ‌های اصلی به صورت دستی یا تجربی انتخاب شوند در حالی که این تعداد رنگ‌ها در هر تصویر متفاوت خواهد بود. بنابراین نمی‌توان به یک تعداد رنگ بهینه برای عمل همگون سازی دست یافت. هدف اصلی در این تحقیق ارائه یک روش جدید طراحی الگو رقومی بر اساس الگوریتم حریصانه می‌باشد که تعداد رنگ‌های اصلی را به صورت خودکار و بر اساس ویژگی‌های خاص هر تصویر استخراج می‌شود. بنابراین به‌منظور بیرون کشیدن رنگ‌های اصلی از درون تصویر موردنظر، ابتدا با استفاده از معیار MDL تعداد خوشه‌های بهینه انتخاب می‌شوند سپس با استفاده از روش خوشه‌بندی K-means از روی تصاویر به استخراج رنگ‌های اصلی پرداخته خواهد شد. سپس با استفاده از الگوریتم حریصانه یک توزیع یا چیدمان بهینه از ترکیب قالب‌های الگو که در یک پایگاه داده ذخیره‌شده‌اند برای طراحی بافت نهایی به دست می‌آید. در این تحقیق، جهت پیاده‌سازی روش پیشنهای از ۱۱ تصویر با شرایط زمانی و مکانی مختلفی استفاده‌شده است. همچنین برای ارزیابی توانایی و قابلیت روش پیشنهادی به‌صورت کمی و کیفی از معیار نقشه برجستگی استفاده‌شده است. بر اساس معیار برجستگی روش پیشنهادی با روش تشابه رنگی مقایسه شده است میانگین کلی برجستگی در ۱۱ تصویر برای تصویر اصلی، روش تشابه رنگی و روش پیشنهادی به ترتیب برابر با ۵۷ ، ۵۳ و ۴۲ درصد می‌باشند که حاکی از این است روش همگون سازی اهداف در پنهان کردن اهداف بهتر عمل کرده است.

واژگان کلیدی: الگوی رقومی، همگون سازی رقومی، الگوریتم حریصانه، خوشه‌بندی، توزیع قالب

* نویسنده رابط

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

مخفی شدن یکی از راه‌هایی است که برای در امان ماندن موجودات زنده و غیرزنده (همانند تجهیزات نظامی و غیره) از دیده شدن به‌وسیله دشمن از طریق غیرقابل تشخیص شدن از محیط اطراف به کار می‌رود[۱].

همگون سازی (استتار) سنتی معمولا بر پایه تجربیات طراح قرارگرفته است و شامل نقطه‌ها و خطوط راه‌راهی نامنظم می‌باشد. به دلیل وجود مرزهای متفاوت بین رنگ‌ها، روش همگون سازی سنتی معمولاً در تطابق هدف با پس‌زمینه ضعیف عمل می‌کند و درنتیجه هدفی را که قرار است پنهان شود، به‌سادگی توسط دشمن کشف خواهد شد[۲]. اما، همگون سازی رقومی که بر پایه اصول روانشناسی بصری قرارگرفته است و از روش‌های پردازش رقومی تصویر برای مشخص کردن ویژگی‌های پس‌زمینه استفاده می‌کند، مناسب عمل می‌کند زیرا از تلفیق الگوهای کوچک[۱] و بزرگ[۲] برای به دست آوردن بالاترین کیفیت همگون سازی استفاده می‌کند[۲].

همگون سازی رقومی با اثرات همگون سازی خوب به طرز شگرفی توانسته است توانایی نظامی را در جنگ‌افزارها افزایش دهد[۳]. به همین خاطر تبدیل به یک موضوع برای تحقیق در سال‌های اخیر شده است.

در [۴] روشی دیگر که به‌وسیله اینامی و همکارانش ارائه شد، از یک روش پنهان‌سازی فعال مبتنی بر یک فناوری انعکاسی یکپارچه‌سازی با استفاده از سیستم‌های فعال استفاده‌شده است. در این روش، بر روی هدف پوششی قرار داده می‌شود که رنگ‌های خود را با محیط تطبیق دهد و لذا از دیدن هدف جلوگیری به عمل آید.

در [۵] تحقیق دیگری توسط مصلایی و همکارانش در سال ۲۰۰۵ انجام گرفت که با استفاده از الگوریتم FDTD[۳] روشی برای طرح‌ریزی رنگ‌ها برای الگوی تشعشعی همگون سازی را ارائه نمودند. الگوی تشعشعی به‌دست‌آمده باید به‌عنوان یک روش ساختاری بر روی هدف‌ها اعمال می‌شد و بعد از اعمال آن به هدف، این هدف به‌طور کامل نامریی می‌شد و به شکلی قرار می‌گرفت که یک فرد که دارای چشم غیرمسلح بود نمی‌توانست آن را تشخیص دهد. بنابراین با استفاده از الگوریتم FDTD می‌شود یک الگوی مناسب برای رنگ‌ها طراحی کرد که همگون سازی انجام شود. البته استفاده از این الگوریتم به‌شدت هزینه‌بر بوده و هزینه زیادی برای اعمال این الگوریتم خرج می‌شود[۵].

در [۶] روشی دیگر در سال ۲۰۰۶ توسط کریشناپرازاد با استفاده از روش همگون سازی طبیعت به یک مدلی برای همگون سازی می‌رسیدند. اشکال اصلی روش این است که به دلیل کنترل و تغییر سریع مکان هدف موردنظر، باید الگوریتم سریع خود را تغییر می‌داد که همین موضوع از نقطه‌ضعف‌های این روش به‌حساب می‌آمد.

در [۷] روشی توسط هجراندوست در سال ۲۰۱۱ برای طراحی الگوهای همگون سازی ارائه‌شده که از خوشه‌بندی فازی استفاده‌شده است. در این روش از FCM[۴] برای ترکیب پس‌زمینه‌های دسته‌بندی‌شده باهم استفاده می‌کند . هدف ایجاد الگوهایی با شباهت نسبی به همه پس‌زمینه‌ها است.

در [۸] جین و دوستانش در سال ۲۰۱۱ روشی را مبتنی بر سیستم فازی ارائه کردند. در این روش سازمان‌دهی هیستوگرام و تطبیق بین پس‌زمینه اصلی و همچنین پس‌زمینه رنگ‌های نظامی ابتدا در یک فضای رنگی HSV موردبررسی قرار می‌گیرد. سپس الگوی همگون سازی بر اساس منطق فازی استخراج می‌شود. این روش در به دست آوردن الگوی تشعشعی دارای ضعف‌هایی است و ضعیف عمل می‌کند.

در [۹] روش طراحی الگوهای رقومی در هم گسیخته توسط یو[۵] در سال ۲۰۱۱ مطرح گردید. طراحی الگو در این روش بر اساس اطلاعات زمینه در دو مرحله انجام می‌شود: نخست رنگ‌های اصلی زمینه استخراج می‌شود. سپس اندازه بلوک‌های موزاییک تصویر محاسبه و پس‌ازآن بستر نقاط همگون سازی طراحی می‌گردد. درنهایت نقاط بارنگ‌های متفاوت پرشده و الگوی رقومی ازهم‌گسیخته تولید می‌شود.

در[۱۰] شاهیو و همکارانش در سال ۲۰۱۳ روشی مبتنی بر نظریه مخفی نقطه متغیر بودن[۶] برای طراحی الگوی همگون سازی بر روی تانک‌ها و ادوات نظامی

---

۱ Micro pattern
۲ Macro pattern
۳ Finite-difference time-domain
۴ Fuzzy C-means
۵ Jan yu
۶ Point of variability

Archive of SID

www.SID.ir

طرح‌ریزی کرده‌اند. نقطه‌ضعف این روش پایین بودن انعطاف‌پذیری می‌باشد.

در [۱۱] تحقیق دیگری در سال ۲۰۱۴ توسط رن و همکارانش ارائه شد، با استفاده از یک نوع ماده که دارای ضریب انعکاس خاصی بود، فرآیند پنهان‌سازی انجام می‌گرفت. البته در این روش نیز می‌توان همانند روش‌های قبلی به نتایج جالبی از همگون سازی رسید و با استفاده از این نتایج کاری کرد که همگون سازی به نحو احسنت انجام بگیرد. نقص‌های این روش در این است که نمی‌توان چند ماده را طراحی کرد و برای هرکدام از روش‌ها یک ماده استفاده کرد. به همین دلیل قابلیت انعطاف در این روش بسیار کم است.

در [۱۲] چی چان چانگ و همکارانش در سال ۲۰۱۴ با الگوبرداری مجموعه‌ای از حرکات سریع چشم انسان روشی برای طراحی الگوی همگون سازی ارائه کردند. ضعف این روش در این است که برای استفاده از داده‌های مرتبط با چشم انسان نیاز به انجام پروسه‌های طولانی و زمان‌بری می‌باشد. همچنین اطلاعاتی که برای این کار مورداستفاده قرار می‌گیرد ممکن است کاملا درست نباشد.

در [۱۳] سال ۲۰۱۵ یانگ و همکاران[۱] روشی جهت همگون سازی رقومی ارائه نمودند. روش ارائه‌شده مبتنی بر تشابه رنگ می‌باشد که شامل دو قسمت استخراج رنگ‌های اصلی و تولید تصویر همگون سازی می‌باشد. در این تحقیق برای همگون سازی باید ابتدا ناحیه هدف همگون سازی و پس‌زمینه توسط کاربر مشخص شود سپس با استفاده از تشابه رنگی نسبت به پس‌زمینه در فضای RGB به استخراج رنگ‌های اصلی و جایگزین کردن در ناحیه همگون سازی پرداخته خواهد شد. در این روش تعداد رنگ‌های اصلی به صورت دستی انتخاب شده است.

در [۱۴] یک روش دیگری برای همگون سازی رقومی اهداف در تصاویر توسط فنگ و همکاران[۲] در سال ۲۰۱۶ ارائه گردیده است. این روش مبتنی بر یک رابطه بازگشتی می‌باشد. این روش اگر چه در همگون سازی اهداف با پس‌زمینه خوب عمل کرده است اما باید تعداد رنگ‌های انتخابی برای هر تصویر را باید به صورت دستی انتخاب یا ثابت در نظر گرفت.

در [۱۵] الگوریتمی دیگر به‌وسیله زانکر و همکارانش[۳] در سال ۲۰۱۴ ارائه‌شده است. با استفاده از باندهای زبرا[۴] به پنهان‌سازی پرداخته می‌شود. باندهای زبرا یکی از روش‌هایی می‌باشند که در عملیات پنهان‌سازی به‌خصوص در پنهان‌سازی‌های نظامی کاربرد فراوانی را از دیرباز داشتند. در روش‌هایی که درگذشته برای استفاده از باندهای زبرا استفاده می‌شود، پنهان‌سازی به شکل خوبی انجام می‌گرفت اما در این روش یک کاربرد جدیدتر از زبرا مورداستفاده قرار می‌گیرد. استفاده از آن به شکلی پیچیده‌تر و کاربردی‌تر می‌باشد. بنابراین در این روش پنهان‌سازی را با استفاده از این روش محقق می‌سازند. البته این روش یک روش پیچیده و هزینه زیادی در پی خواهد داشت.

در [۱۶] ژانگ و همکارانش[۵] روشی مبتنی بر الگوریتم حریصانه را برای همگون سازی رقومی اهداف در تصاویر مرئی ارائه گردید. در این روش به صورت دستی و تجربی تعداد رنگ‌های اصلی مشخص می‌شود و با استفاده از الگوریتم Kmeans رنگ‌های اصلی انتخاب می‌شوند. بر اساس نتایج تجربی ارائه شده اگرچه این روش به خوبی عمل کرده است؛ اما مشکل اصلی آن این است که باید تعداد رنگ‌های اصلی به صورت دستی یا تجربی انتخاب گردد. در بعضی از تصاویر این تعداد رنگ‌ها برای یک تصویر زیاد یا کم خواهد بود و نمی‌توان به صورت بهینه و بر اساس ویژگی‌های رنگی و بافتی هر تصویر تعداد مشخصی رنگ انتخاب کرد. بنابراین این امر در بافت نهایی همگون سازی می‌تواند مشکل ایجاد کند.

همان‌طور که بیان شد هر کدام از روش‌های یادشده جهت طراحی الگوی همگون سازی علاوه براینکه از نوآوری و ابتکار به‌خصوصی برخوردار هستند، دارای معایب و مشکلاتی می‌باشند. مشکل اصلی برخی از این روش‌ها انتخاب دستی تعداد رنگ‌های اصلی برای عمل همگون سازی در هر تصویر می‌باشد. هدف اصلی در این تحقیق بهبود روشی مبتنی بر الگوریتم حریصانه جهت طراحی خودکار الگوی همگون سازی رقومی می‌باشد. در روش پیشنهادی بر اساس تئوری MDL[۶] (حداقل طول توصیف) به صورت خودکار در هر تصویر مطابق با ویژگی‌های رنگی

[۱] Hengfu Yang et.al.
[۲] Xue et.al.

[۳] Zanker et.al.
[۴] Zebra strips
[۵] Zhang et.al.
[۶] Minimum Description Length

Archive of SID

www.SID.ir

و بافتی تصاویر تعداد رنگ‌های اصلی انتخاب می‌شود. درنهایت سعی بر این است که در هر تصویر مطابق ویژگی‌های رنگی و بافتی یک طراحی الگوی بهینه برای همگون سازی ارائه شود.

ساختار کلی مقاله در ادامه به این صورت است که در بخش دوم مبانی نظری پژوهش تشریح می‌گردد. در بخش سوم تئوری روش پیشنهادی مطرح گردیده است. سپس در بخش چهارم به نحوه پیاده‌سازی و ارزیابی روش پیشنهادی پرداخته‌شده است. در بخش چهارم به نحوه پیاده‌سازی، ارزیابی و تجزیه و تحلیل کارایی روش پیشنهادی پرداخته شده است. یک جمع‌بندی کلی در بخش پنجم ارائه‌شده است. نهایتاً در بخش ششم پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده ارائه خواهد شد.

۲- مبانی نظری پژوهش

در این بخش به برخی تعاریف و مفاهیم نظری پرداخته خواهد شد که در ادامه تشریح خواهد شد.

۲-۱- انتقال فضای رنگی

فضاهای رنگی RGB و HSV به‌صورت معمول در پردازش تصویر استفاده می‌شوند[۱۷]. مدل RGB از سه مؤلفه‌ی R، G، B برای نمایش ویژگی‌های فیزیکی رنگ‌ها استفاده می‌شود؛ اما تطابق مطلوبی با سیستم بینایی انسان ندارد. فضای رنگ HSV بسیار بیشتر به سیستم بینایی انسان نزدیک است[۱۸]. در این فضا H، S و V به ترتیب میزان اشباع، خلوص و مقدار رنگ را به ترتیب نشان می‌دهند[۱۹].

۲-۲- روش خوشه‌بندی k-means

یکی از رایج‌ترین روش‌های استخراج رنگ‌های اصلی از تصویر استفاده از روش خوشه‌بندی تصویر است [۲۰]. در این الگوریتم، اگر داده‌های ورودی به‌خوبی قابل خوشه‌بندی شوند، مراکز خوشه‌ها دیگر تغییر نکرده و الگوریتم به‌سرعت همگرا می‌شود. خوشه‌بندی بعد از تعیین تعداد خوشه‌ها، پیکسل‌ها در تصویر بر طبق فاصله آن‌ها از مرکز خوشه - طبقه‌بندی می‌شوند. سپس رنگ‌هایی که بیشتر در هر دسته پیکسل بوده‌اند به‌عنوان نماینده هر دسته انتخاب می‌شوند.

۲-۳- رنگ‌های استاندارد

به دلیل اینکه پس‌زمینه‌های متفاوت، رنگ‌های متفاوتی را معرفی می‌کنند در تصاویر واقعی رنگ‌های اضافی به وجود می‌آید. بسته به موقعیت جغرافیایی پس‌زمینه، همگون سازی رقومی به چهار دسته اقیانوس، شهر، کویر، جنگل تقسیم می‌شود. بر اساس مجموعه اطلاعات وسیع و اطلاعات تجربی، رنگ‌های اولیه استاندارد و نسبت آن‌ها در هر نوعی از همگون سازی رقومی تعریف‌شده است[۲۱]. شکل ۱ نمونه‌ای از رنگ‌های استاندارد را نشان می‌دهد.

شکل ۱- رنگ‌های استاندارد در همگون سازی رقومی[۲۱]

۲-۴- ساختار کلی روش حریصانه

کلیت روش حریصانه در هر مرحله، انتخاب یک عنصر از عناصر موجود است. این عنصر قسمتی از جواب مسئله است که به مجموعه عناصر نهایی اضافه می‌شود. در طی این مسیر گام‌های زیر اتفاق خواهد افتاد:

۱) روال انتخاب حریصانه: در این گام یک عنصر برای اضافه شدن به مجموعه جواب انتخاب می‌شود. معیار یا روال انتخاب عنصر برای اضافه شدن، ارزش آن عنصر است. بستگی به نوع مسئله هر عنصر ارزشی دارد که باارزش‌ترین آن‌ها انتخاب می‌شود.

۲) امکان‌سنجی و افزودن: پس از انتخاب یک عنصر به‌صورت حریصانه، باید بررسی شود که آیا امکان اضافه کردن آن به مجموعه جواب‌های قبلی وجود دارد یا نه. گاهی اضافه شدن عنصر یکی از شرایط اولیه‌ی مسئله را نقض می‌کند که باید به آن توجه نمود. اگر اضافه کردن این عنصر هیچ شرطی را نقض نکند، عنصر اضافه خواهد شد؛ درغیر این صورت کنار گذاشته‌شده و بر اساس گام اول عنصر دیگری برای اضافه شدن انتخاب می‌شود. اگر

Archive of SID

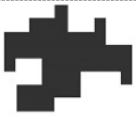
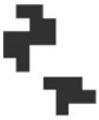
www.SID.ir

گزینه‌ی دیگری برای انتخاب وجود نداشته باشد، اجرای الگوریتم به اتمام می‌رسد.

۳) بررسی اتمام الگوریتم: در هر مرحله پس از اتمام گام ۲ و اضافه شدن یک عنصر جدید به مجموعه جواب، باید بررسی شود که آیا به یک جواب مطلوب رسیده یا نه؟ اگر نرسیده باشد به گام اول رفته و چرخه را در مراحل بعدی ادامه می‌دهد.

۲-۵- پایگاه داده‌ای از الگوها

با شروع از برخی اشکال خوب که در همگون سازی رقومی وجود دارد، برخی از اشکال ریزتر در همگون سازی رقومی پدید می‌آیند. با استفاده از الگوریتم حریصانه الگوی همگون سازی گسترش پیدا می‌کند تا کل سطح را پوشش دهد. بسته به سایز لکه (که معمولا به‌طور مستقیم متناسب با تعداد لکه‌ها است)، الگوها به دودسته تقسیم می‌شوند: الگوهای (الف) که نماینده اندازه‌های بزرگ هستند و الگوهای (ب) که نماینده اندازه‌های کوچک هستند. نوع (الف) برای لکه‌های بزرگ برای پنهان‌سازی فرم کلی هدف به کار می‌رود درحالی‌که نوع (ب) برای ارتقا الگوی رقومی همگون سازی به کار می‌رود[۱۴]. شکل۲ برخی از انواع این الگوها را نمایش می‌دهد.

	الف(قالب‌های بزرگ)	ب(قالب‌هاب کوچک)
۱		
۲		
۳		

شکل۲- نمونه‌ای از قالب‌های بزرگ و کوچک برای یک توزیع الگو بهینه [۱۴]

۲-۶- معیار ارزیابی همگون سازی مرئی

روش ارزیابی الگوی طراحی‌شده در این تحقیق بر مبنای مقایسه دیداری و محاسبه میزان برجستگی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بر این اساس از روش ارائه‌شده در تحقیقات[۱۴, ۲۲] برای تولید نقشه برجستگی استفاده می‌شود. درنهایت نیز میزان برجستگی میانگین در تصویر به‌عنوان معیار مقایسه روش قرار می‌گیرد. رابطه(۵) نقشه برجستگی[۱] را نشان می‌دهد.

در رابطه (۵)، $f(x,y)$ تصاویر برجستگی کانال‌های رنگی در مکان (x,y)، μ میانگین ویژگی‌های پیکسل در تصاویر برجستگی کانال‌های رنگی، و Σ ماتریس کوواریانس می‌باشد. همچنین، pdf تابع چگالی احتمال و S خروجی نهایی نقشه برجستگی می‌باشد.

[۱] saliency map

$$S(x,y) = (\log(pdf(f(x,y))^{-1}))^{1/2}$$

$$pdf\big((x,y)\big) = \frac{1}{(2\pi)|\Sigma|^{1/2}} * e^{\left(-\frac{1}{2(f(x,y)-\mu)}^{T}\Sigma^{-1}(f(x,y)-\mu)\right)} \quad (۱)$$

۳- روش پیشنهادی

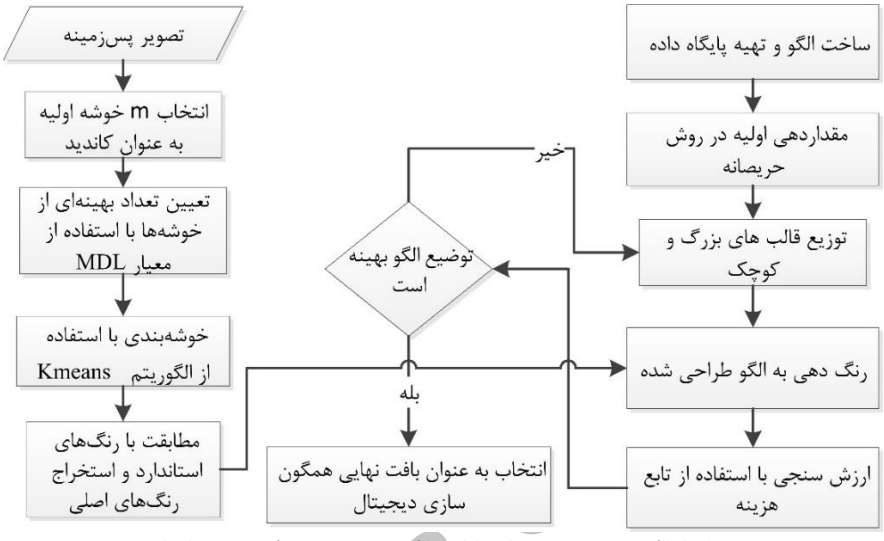
به طورکلی روش حریصانه یکی از روش‌های مشهور و پرکاربرد در طراحی الگوریتم‌ها می‌باشد و دارای ساختاری ساده برای حل بسیاری از مسائل می‌باشد. عملاً این الگوریتم روش سریعی برای حل مسائل بهینه‌سازی محسوب می‌گردد. بنابراین برای حل مسئله همگون سازی رقومی می‌توان از این روش استفاده نمود و مسئله را به صورت بهینه حل کرد. در تمام مسائل همگون سازی رقومی لازم است تعداد رنگ‌های اصلی انتخاب گردد؛ اما به طور کلی مشکل اصلی متداول در همگون سازی رقومی انتخاب دستی تعداد رنگ‌های اصلی در

Archive of SID

www.SID.ir

تصاویر می‌باشد. در این تحقیق برای غلبه بر این مشکل از ترکیب روش حریصانه و شاخص MDL استفاده شده است. به این صورت که در ابتدا به صورت اتفاقی بین ۱۰ تا ۱۵ خوشه انتخاب می‌گردد و سپس با استفاده از معیار MDl تعدادی از این خوشه‌ها حذف می‌شوند. تعداد باقی مانده از خوشه‌ها به الگوریتم Kmeans معرفی شده تا رنگ‌های اصلی از تصاویر استخراج شوند. این رنگ‌های اصلی به عنوان ورودی برای الگوریتم حریصانه مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

ساختار روش حریصانه برای عمل همگون سازی به این صورت خواهد بود که از بین قالب‌های موجود در پایگاه داده و رنگ‌های استخراج شده از روش Kmeans بر اساس منطق حریصانه و تابع هزینه‌ای که برای عمل بهینه سازی در نظر گرفته شده، یک قالب با یک رنگ انتخاب می‌شود. این عمل تا زمانی که کل هدف در تصاویر پوشش داده شود تکرار خواهد شد. نمایی کلی از روش پیشنهادی برای طراحی الگوی همگون سازی رقومی در شکل۳ ارائه‌شده است.



شکل۳- نمایی کلی از الگوریتم پیشنهادی برای طراحی الگوهای رقومی و همگون سازی اهداف با پس‌زمینه

۳-۱- استخراج رنگ‌های اصلی

در ادامه برای انتخاب رنگ‌های اولیه ابتدا به صورت خودکار تعداد رنگ‌ها انتخاب و در نهایت با استفاده از روش میانگین K و مطابق رنگ‌های استاندارد به انتخاب رنگ‌های اصلی پرداخته خواهد شد.

۳-۱-۱- تبدیل فضای رنگی

به دلیل اینکه استخراج رنگ‌های اولیه از پس‌زمینه وظیفه اولیه در طراحی بافت رقومی است، بنابراین در این پژوهش از فضارنگ HSV استفاده‌شده است. پس‌زمینه از فضارنگ RGB به فضارنگ HSV تبدیل می‌شود.

۳-۱-۲- تعیین اتوماتیک تعداد رنگ‌ها بر طبق معیار MDL

به طورکلی در الگوریتم‌های خوشه‌بندی، انتخاب یک روش مناسب برای انتخاب تعداد مراکز خوشه‌های اولیه بسیار مهم است و تاثیر مستقیم در شکل‌گیری خوشه‌های نهایی دارد. از آنجا که خوشه‌ها در گروه‌هایی با فضای ویژگی از هم جدا هستند، مطلوب است مراکز اولیه به گونه‌ای انتخاب شوند که کاملا از هم یکدیگر مستقل باشند. برای این کار در ادامه با استفاده از معیار MDL بر اساس ویژگی رنگی و بافتی در هر تصویر به صورت خودکار تعداد کلاس‌ها مشخص خواهد شد.

برای این کار تعدادی بیش از حد معمول کلاس انتخاب خواهد شد (۱۰ تا ۱۵ کلاس در هر تصویر). از بین M مرکز کلاس بر طبق معیار دورترین فاصله مقداردهی اولیه می‌شود برای حذف یک مرکز دسته Cj تغییرات مجموع طول کدگذاری شده بر طبق معادله ۲ به دست می‌آید. فرض شده است که همه مرکز دسته‌ها در معادله۲ طول کدگذاری شده ثابتی دارند[۲۳].

$$\Delta l_{Cj} = -k_0 - n_j log_2 p_j + \sum_{k=1,k\neq j}^{m} n_{jk} log_2\left(\frac{n_k + n_{jk}}{|I|}\right) + \sum_{x\in cj}\sum_{i=1}^{d} \frac{(x_i - c_{ik})^2 - (x_i - c_{ij})^2}{2(ln2)\sigma^2} \quad (۲)$$

Archive

www.SID.ir

بنابراین اگر تغییرات در معادله۲ منفی باشد, مرکز j ام حذف می‌شود در غیر این صورت آن مرکز نگه داشته خواهد شد. این پروسه تکرار می‌شود تا اینکه تمام مراکز خوشه‌ها تست شوند. مراکز دسته باقی‌مانده نهایی به‌طور مطلوب یکی هستند.

k0 برابر است با طول کدگذاری از یک مرکز دسته, d برابر است با اندازه‌ی بردار ویژگی و n_k برابر است با تعداد نمونه‌ها در k امین دسته و njk برابر است با تعداد نمونه‌ها که نزدیک‌ترین همسایگی آن‌ها j امین مرکز و دومین همسایگی نزدیک k امین مرکز می‌باشند .|I| برابر است با تعداد کل نمونه‌ها |Pj= nj/|I . وσ برابر است با واریانس نمونه‌ها.

۳-۱-۳- استخراج رنگ‌های اولیه

به دلیل سادگی و سرعت‌بالای الگوریتم خوشه‌بندی k-means، در این تحقیق به‌منظور استخراج رنگ‌های اولیه از این روش استفاده‌شده است. پس از تعیین تعداد خوشه‌ها با استفاده از اصل MDL و خوشه‌بندی، مراکز خوشه‌ها به‌عنوان رنگ‌های اولیه در نظر گرفته می‌شود. درواقع پس از انجام خوشه‌بندی، رنگ مراکز هر خوشه به تمام پیکسل‌های آن خوشه نسبت داده می‌شود. به عبارت بهتر به تعداد خوشه‌های که با استفاده از معیار MDL بدست آمده است، رنگ انتخاب و با رنگ‌های استاندارد مطابقت داده شده است.

۳-۲- طراحی بافت

بیشتر روش‌های طراحی رقومی همگون سازی از فن‌آوری جداسازی تصویر برای استخراج ویژگی‌های بافت پس‌زمینه استفاده می‌کنند[۲۴, ۲۵]. در طی فرآیند واقعی طراحی الگوهای همگون سازی بر روی لباس، کامیون و سایر تجهیزات الگوها به‌عنوان پوششی برای جلوگیری از بی‌نظمی در طراحی نهایی به کار می‌روند. بنابراین در ادامه به نحوه توزیع پرداخته خواهد شد.

۳-۲-۱- توزیع الگو

روش حریصانه یکی از روش‌های مشهور و پرکاربرد در طراحی الگوریتم‌ها است که با ساختاری ساده در حل بسیاری از مسائل استفاده می‌شود. الگوریتم حریصانه روش سریعی برای حل مسائل بهینه‌سازی می‌باشد، که در آن فرآیند حل مسئله به‌صورت گام‌به‌گام است و بهینه سازهای محلی به‌عنوان حل‌کننده با شرایط مرزی در گام فعلی استفاده می‌شود [۲۶, ۲۷]. توزیع همگون سازی به‌عنوان مسئله بهینه‌سازی درون شرایط مرزی محدودیت شکل استفاده می‌شود.

الگوهای همگون سازی با اثرات پنهان کنندگی مطلوب علاوه بر آن‌که نیاز دارد رنگ‌ها به‌خوبی با یکدیگر در پس‌زمینه ادغام گردند، مستلزم آن است که نقاط پخش‌شده بر روی سطح هدف همگون سازی دارای اثرات همگون سازی نوری مطلوبی باشند. به‌منظور دستیابی به این اهداف، محدودیت‌های بر اساس استانداردهای صنعت و تجربه اعمال می‌شود به عنوان مثال: الگوهای همگون سازی باید شکل هدف را به‌خوبی بخش‌بندی نمایند تا شکل کلی در اندازه‌های متوسط و یا لکه‌های کوچک تقسیم و بخش‌بندی شود. در هر سطح باید حداقل دو قالب بزرگ با کنتراست روشنایی کافی وجود داشته باشد.

بهتر است برخی از قالب‌های کوچک‌تر در اطراف یک قالب اصلی وجود داشته باشد، به‌طوری‌که الگو به‌صورت نامنظم و سلسله مراتبی به نظر برسد. این امر باعث می‌شود الگوی بافت از هماهنگی بیشتری برخوردار بوده و اثر همگون سازی مطلوب‌تری را ایجاد نمایند. به‌منظور بهبود بهره‌وری و کاهش هزینه‌های تولید، پوشش‌های همگون سازی را می‌توان تا آنجا که ممکن است با اجتناب از تداخل الگو در هنگام طراحی الگوی همگون سازی حفظ نمود.

در این تحقیق برای هر نقطه یک نماد c به‌عنوان ارزش توزیع اختصاص داده شده است. به‌طوری‌که بتوان به‌صورت کمی احتمال آن سنجیده شود که یک نقطه ممکن است در مرکز الگو یا قالب باشد. هرچه میزان این مقدار بیشتر باشد، این احتمال بیشتر وجود دارد که نقطه در مرکز قالب واقع‌شده باشد.

در طول فرآیند تولید همگون سازی رقومی، توزیع یک الگوی جدید میزان پیکسل‌ها در منطقه تحت پوشش را برای انتخاب الگوهای بعدی به‌صورت پویا تغییر می‌دهد.

باید برای هر پیکسل یک ارزش توزیع مشخص شود (معمولا مقداردهی اولیه صفر) که نشان‌دهنده میزان پوشیده شده توسط یک الگوی قالب باشد. واضح است نواحی بزرگی که با یکدیگر تداخل دارند با یکدیگر برخورد

Archive of SID

www.SID.ir

نقطه‌ای خواهند داشت که این امر موجب در هم شکستن کلی الگوی بافت می‌شود.

تابع هزینه مورد استفاده برای توزیع الگو در این تحقیق Pt(x) می‌باشد که نشان‌دهنده کل هزینه توزیع الگوی t در منطقه هدف مشخص‌شده در پیکسل x است. ارزش الگوی توزیع Pt درنتیجه کانولوشن قالب مورد نظر در تصویر می‌باشد. هر چقد این مقدار بیشتر باشد احتمال قرارگیری قالب در این نقطه از تصویر بیشتر می‌باشد.

۳-۲-۲- طراحی همگون سازی

مراحل کلی الگوریتم حریصانه برای طراحی همگون سازی در ادامه تشریح شده است.

۱) در مرحله اول یک قالب بزرگ انتخاب می‌شوند.
۲) از بین رنگ‌های اصلی یک رنگ که بیشترین مقدار را در بین رنگ‌ها دارند انتخاب می‌شوند.
۳) کانولوشن قالب انتخابی و تصویر برای تعیین تابع هزینه در هر پیکسل با در نظر گرفتن برخی محدودیت‌ها مطابق استانداردهای صنعت و تجربه
۴) تکرار مراحل فوق برای تمام پیکسل‌های هدف مورد نظر
۵) انتخاب قالب و رنگی که تابع هزینه آنها در پیکسل x بیشترین مقدار را دارند.
۶) رفتن به جلو بر روی هدف به اندازه دامنه D و تکرار مراحل
۷) تکرار مراحل تا زمانی که کل منطقه هدف به طور کامل با استفاده از قالب‌ها پوشش داده شوند.

پس‌ازآنکه قالب‌های بزرگ توزیع شد، برای آنکه الگوی همگون سازی طبیعی‌تر به نظر رسد باید برخی از قالبهای کوچک‌تر در محدوده نقاط اصلی را پراکنده نمود. در ابتدا بزرگ‌ترین دامنه متصل را پیدا نموده و نسبت طول و عرض آن w را محاسبه نمایید. درصورتی‌که w در محدوده‌ی <1/p, p> باشد از مرکز ثقل به‌عنوان مرکز قالب استفاده نمایید. در غیر این صورت، از یک پیکسل در اطراف دامنه به‌عنوان مرکز قالب استفاده نمایید.

۴- نتایج تجربی

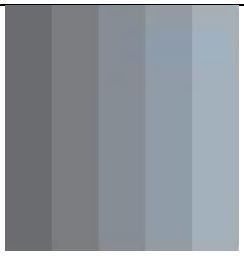
در این بخش ابتدا به معرفی تصاویر مورد استفاده پرداخته و سپس به پیاده‌سازی و ارزیابی روش پیشنهادی پرداخته خواهد شد.

۴-۱- داده‌های مورداستفاده

در این تحقیق برای تست و ارزیابی روش پیشنهادی از ۱۱تصویر که در ستون اول شکل۴ نشان داده‌شده، استفاده‌شده است. هرکدام از تصاویری که مورداستفاده قرارگرفته، دارای شرایط و ویژگی‌های متفاوتی ازلحاظ زمانی (چهارفصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان) و مکانی (به‌عنوان‌مثال کویر، جنگل، دریا، منطقه شهری و نظامی و ...) نسبت به هم می‌باشند. همچنین در این تست به فاصله(دور و نزدیک) هدف‌ها هم توجه شده است.

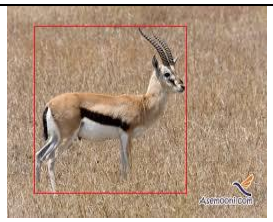
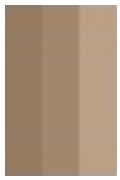
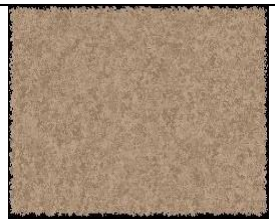
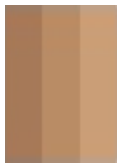
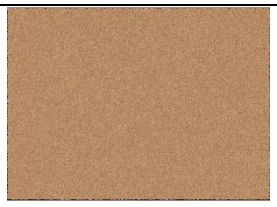
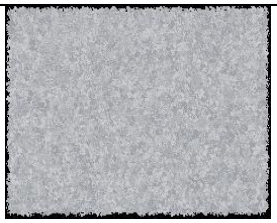
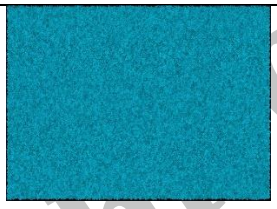
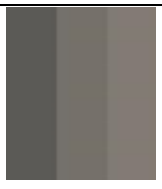
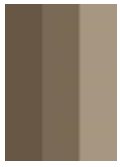
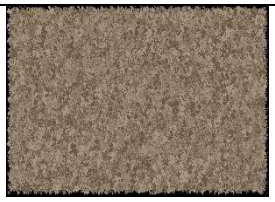
۴-۲- ارزیابی کارایی روش پیشنهادی

برای پیاده‌سازی به این صورت عمل‌می‌شود که بعد از استخراج رنگ‌های اولیه با استفاده از الگوریتم Kmeans یک پایگاه داده‌ای از الگوهای کوچک و بزرگ بر اساس استانداردهای صنعتی تهیه می‌شود. سپس با استفاده از الگوریتم حریصانه به طراحی الگوی همگون سازی پرداخته می‌شود به‌نحوی‌که به یک توزیع یا چیدمانی بهینه از ترکیب الگوها و رنگ‌ها رسید. در شکل۴ نتایج پیاده‌سازی طراحی همگون سازی رقومی با استفاده از روش پیشنهادی نشان داده‌شده است.

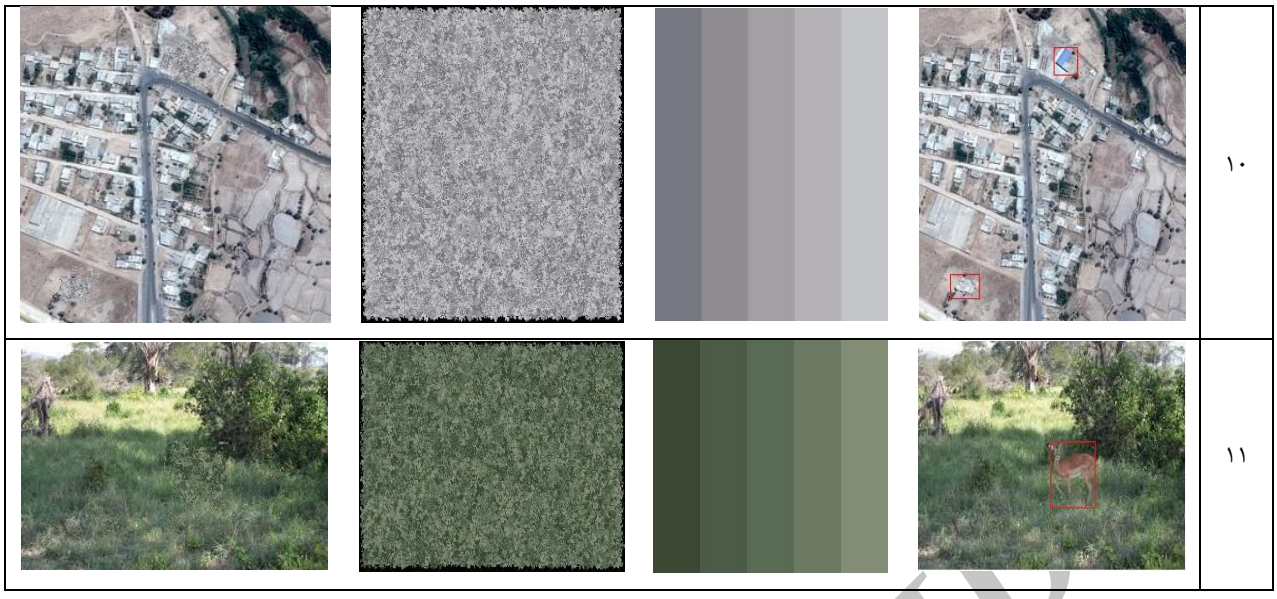
شماره	تصویر اصلی	رنگ‌های اصلی	بافت همگون سازی طراحی نهایی	تصویر همگون سازی شده
۱				

Archive of SID

www.SID.ir

۲				
۳				
۴				
۵				
۶				
۷				
۸				
۹				

www.SID.ir



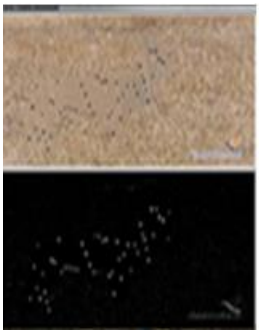
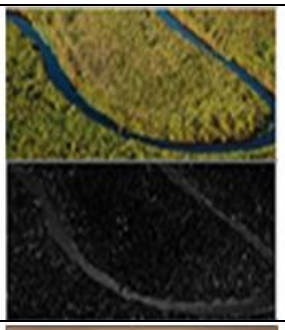
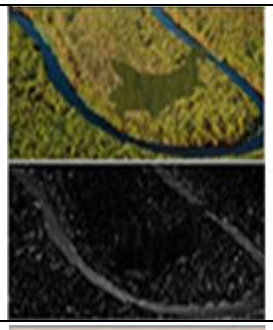
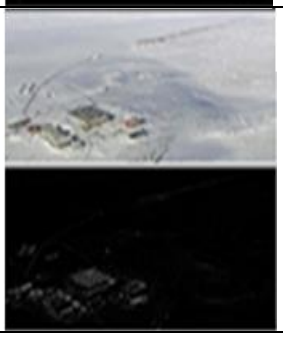
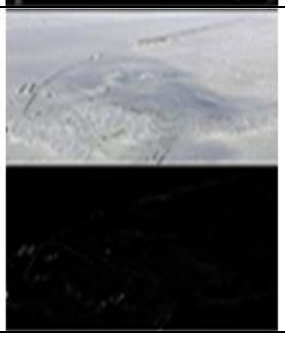
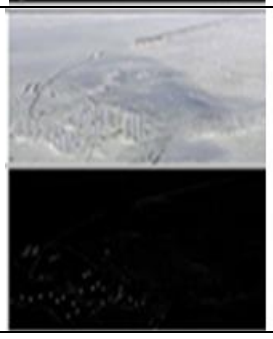
شکل۴- نتایج پیاده‌سازی روش پیشنهادی. ستون اول) تصویر اصلی. ستون دوم) رنگ‌های اصلی. ستون سوم) بافت نهایی طراحی‌شده توسط روش پیشنهادی برای همگون سازی. ستون چهارم) تصویر نهایی تارگت‌های همگون سازی شده

همان‌طور که گفته شد شکل۴ نتایج مربوط به پیاده-سازی روش پیشنهادی برای طراحی الگو همگون سازی را نشان‌می‌دهد. در ستون اول تصویر اصلی پس‌زمینه می‌باشد. اهداف موردنظر برای همگون سازی، با استفاده از یک کادر قرمز مشخص‌شده است. ستون دوم مربوط به رنگ‌های اولیه برای همگون سازی می‌باشد که در این تحقیق از بین ۱۵ رنگ کاندید شده برای رنگ‌های اولیه بر اساس معیار MDL بسته به هر تصویر بین ۲ تا ۵ رنگ انتخاب‌شده است که علاوه بر اینکه مطابقت بیشتری با رنگ‌های استاندارد دارند، بیشترین تاثیر گزاری را در سطح تصویر دارند. ستون سوم بافت نهایی طراحی‌شده با استفاده از روش پیشنهادی برای عمل همگون سازی را نشان می‌دهد. بافت نهایی همگون سازی با استفاده از الگوریتم حریصانه به‌دست‌آمده‌اند. در این قسمت نحوه چیدمان الگوهای بزرگ و کوچک در کنار هم و انتخاب رنگ‌ها برای این الگوها بر اساس الگوریتم حریصانه می‌باشد. ستون چهارم مربوط به اهداف همگون سازی شده در تصاویر می‌باشند. همان‌طور که در ستون چهارم نشان داده‌شده، از لحاظ بصری بافت تولیدشده توسط الگوریتم پیشنهادی به‌خوبی با پس‌زمینه متناظر شده، و در همگون سازی کردن اهداف در تصاویر مختلف ازلحاظ بصری به‌خوبی عمل کرده است.

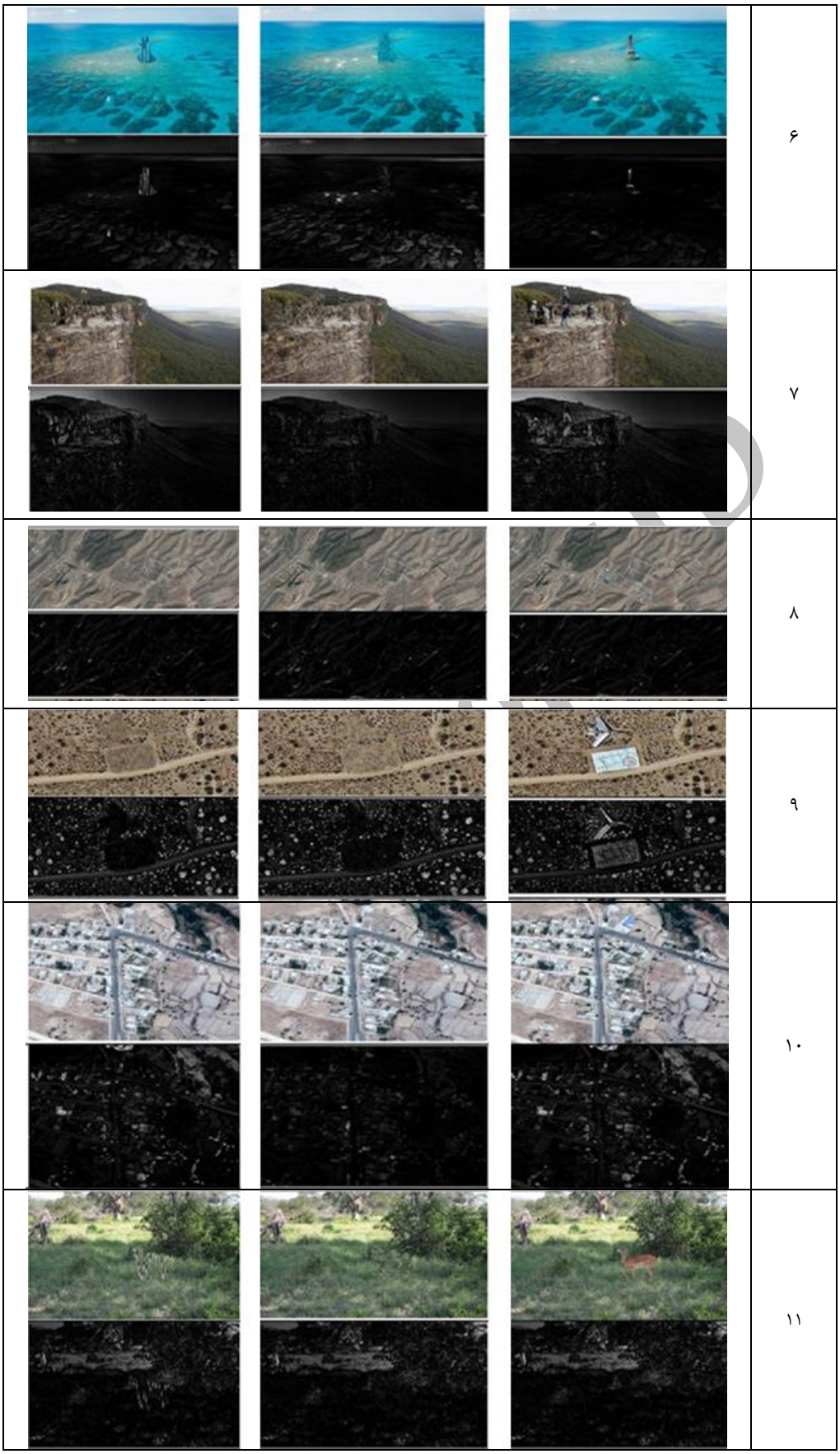
در تئوری ادراک بصری انسان، توجه انسان معمولا بر روی یک ناحیه جذاب بر اساس جستجوی اطلاعات بصری، انتخاب و انتقال متمرکز است. این روش یک روش نسبی و مؤثر است جهت ارزیابی عملکرد همگون سازی به‌وسیله تشخیص یک هدف همگون سازی شده در پس-زمینه که بر اساس مکانیزم توجه بصری انسان انجام‌شده است[۱۴]. روش ارزیابی الگوی طراحی‌شده در این تحقیق بر مبنای مقایسه دیداری و محاسبه میزان برجستگی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. میزان برجستگی میانگین روی تصاویر اصلی و همگون سازی شده، به‌عنوان معیار کمی مقایسه استفاده‌شده است. پس بنابراین علاوه بر ارزیابی بصری انجام‌شده، نقشه برجستگی نیز می‌تواند بیانگر کیفیت الگوی تولیدی باشد. در ادامه نقشه برجستگی در تصویر اصلی و تصاویر خروجی تارگت‌های همگون سازی شده برای روش پیشنهادی و روش ارائه‌شده در [۱۳] محاسبه می‌شود. روش ارائه‌شده در این مقاله مبتنی بر میزان شباهت رنگی پیکسل‌های محیط اطراف می‌باشد. نقشه برجستگی برای هر تصویر با محاسبه میزان برجستگی هر پیکسل در تصویر با توجه به پیکسل‌های همسایه محاسبه می‌گردد. در شکل۵ به‌صورت بصری نتایج حاصل‌شده از نقشه برجستگی برای حالت قبل از همگون سازی(تصویر اصلی) و بعد از همگون سازی(روش پیشنهادی) را نشان می‌دهد که با روش مبتنی بر شباهت رنگی مقایسه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

شماره تصویر	نقشه برجستگی تصویر اصلی	نقشه برجستگی تصویر همگون سازی شده روش پیشنهادی	نقشه برجستگی تصویر همگون سازی شده روش تشابه‌رنگی
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			

www.SID.ir



شکل۵- نتایج حاصل‌شده از نقشه برجستگی برای حالت قبل از همگون سازی(تصویر اصلی) و بعد از همگون سازی برای روش پیشنهادی و روش تشابه‌رنگی

www.SID.ir

همان‌طور که در شکل۵ مشاهده می‌شود، نقشه برجستگی به‌دست‌آمده در هر دو حالت قبل از همگون سازی و بعد از همگون سازی تفاوت آشکاری با یکدیگر دارند. در نقشه برجستگی به‌طورکلی محل تارگت‌ها در تصویر اصلی به‌صورت یک لکه سفیدی نشان داده‌شده، و معلوم می‌باشد ولی در روش پیشنهادی این لکه‌های سفید از بین رفته است. هرچقدر این لکه‌های سفید کمتر شود نتیجه همگون سازی بهتر می‌باشد. پس بنابراین میانگین نقشه برجستگی هرچقدر کمتر باشد، نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد. در ادامه برای نشان دادن نتایج ارزیابی به‌صورت کمی از میانگین نقشه برجستگی استفاده‌شده است.

شکل۶ نتایج حاصل‌شده از نقشه برجستگی برای حالت قبل از همگون سازی (تصویر اصلی) و بعد از همگون سازی (تصویر مربوط به تارگت‌های همگون سازی شده با استفاده از روش پیشنهادی و روش تشابه رنگی) را نشان می‌دهد.

شکل۶- نتایج حاصل‌شده از نقشه برجستگی در حالت قبل از همگون سازی و بعد از همگون سازی برای روش پیشنهادی و روش تشابه رنگی

شکل۶ نتایج مربوط به میانگین نقشه برجستگی به‌دست‌آمده در هر دو حالت قبل از همگون سازی و بعد از همگون سازی را نشان می‌دهد. نمودار آبی‌رنگ میانگین نقشه برجستگی تصاویر قبل از همگون سازی را نشان می‌دهد. نمودارهای سبزرنگ و قهوه‌ای به ترتیب میانگین نقشه برجستگی روش پیشنهادی و روش تشابه رنگی برای همگون سازی را نشان می‌دهند. همان‌طور که قبلا اشاره شد، به‌منظور مقایسه کمی، میانگین نقشه برجستگی پیکسل‌ها را در نظر می‌گیرند. به‌طورکلی هرچقدر میزان میانگین نقشه برجستگی کمتر باشد نشان بر این است که الگوریتم پیشنهادی در همگون سازی رقومی هدف بهتر عمل کرده است. به عبارت بهتر بافت همگون سازی تولیدشده در پنهان کردن اهداف به‌خوبی عمل کرده است. در سه نمودار ستون آخر، میانگین کلی برجستگی برای تصویر اصلی، روش تشابه رنگی همگون سازی و روش پیشنهادی نشان داده‌شده و به ترتیب برابر با ۵۷٪ ، ۵۳٪ و ۴۲٪ می‌باشند. پس بنابراین میانگین میزان برجستگی تصاویر بعد همگون سازی(روش پیشنهادی و روش تشابه رنگی) از تصاویر اصلی(قبل همگون سازی) کمتر است. همچنین از بین دو روش استفاده‌شده برای همگون سازی روش پیشنهادی به صورت نسبی حدود ۱۱درصد بهتر از روش تشابه رنگی جهت همگون سازی هدف عمل کرده است. دلیل اصلی این مسئله به دلیل حذف تعدادی از عوارض موجود در تصویر اصلی بعد همگون سازی می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که الگوی نهایی طراحی‌شده برای همگون سازی با توجه موفقیت آن در مقایسه بصری و همچنین کمتر بودن میزان میانگین برجستگی آن از تصاویر اصلی و روش تشابه رنگی، دارای توانایی بالای در پنهان نمودن عوارض مختلف در تصاویر مختلفی می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

هدف اصلی در این تحقیق ارائه یک روش جدید طراحی الگو رقومی بر اساس الگوریتم حریصانه می‌باشد که تعداد رنگ‌های اصلی را به صورت خودکار و بر اساس ویژگی‌های رنگی و بافتی خاص هر تصویر استخراج می‌شود. بنابراین به‌منظور بیرون کشیدن رنگ‌های اصلی از درون تصویر موردنظر، ابتدا با استفاده از معیار MDL تعداد خوشه‌های بهینه انتخاب می‌شوند سپس با استفاده از روش خوشه‌بندی K-means از روی تصاویر به استخراج رنگ‌های اصلی پرداخته خواهد شد. سپس با استفاده از الگوریتم حریصانه یک توزیع یا چیدمان بهینه از ترکیب قالب‌های الگو که در یک پایگاه داده ذخیره‌شده‌اند برای طراحی بافت نهایی به دست می‌آید. در این تحقیق، جهت پیاده‌سازی روش پیشنهای از ۱۱ تصویر با شرایط زمانی و مکانی مختلفی استفاده‌شده است. همچنین برای ارزیابی توانایی و قابلیت روش پیشنهادی به‌صورت کمی و کیفی با استفاده از معیار نقشه برجستگی استفاده‌شده است. بر اساس معیار برجستگی روش پیشنهادی با روش تشابه رنگی مقایسه شده است میانگین کلی برجستگی در ۱۱ تصویر برای تصویر اصلی، روش تشابه رنگی و روش پیشنهادی به ترتیب برابر با ۵۷ ، ۵۳ و ۴۲ درصد می‌باشند. هرچقدر میزان درصد میانگین برجستگی در تصاویر کمتر باشد، حاکی از این است که اهداف خاصی در تصویر دیده نشده است. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از این است که به صورت نسبی و برای این تعداد تصاویر مشخص، روش پیشنهادی نسبت به روش تشابه رنگی حدود ۱۱ درصد و نسبت به حالت طبیعی هدف حدود ۱۵ درصد جهت همگون سازی کردن اهداف در پس‌زمینه بهتر عمل کرده است.

به منظور ادامه و تکمیل تحقیقات صورت گرفته در زمینه شناسایی خودروها و حذف سایه خودروها پیشنهاد می‌گردد:

- از چندین داده مختلف دیگر که در شرایط مختلف و زمان‌های مختلفی اخذشده است استفاده شود. همچنین از معیارهای دیگری همانند ناهنجاری محلی و سراسری برای ارزیابی روش پیشنهادی استفاده شود تا نتایج حاصل شده از اطمینان بالاتری برخوردار گردد.
- مقایسه انواع روش‌های تعیین خودکار تعداد رنگ‌های اصلی و معرفی روش بهینه در فرایند همگون‌سازی
- در اکثر تحقیقات پیشین روش‌های زیادی مبتنی بر روش حریصانه صورت گرفته است که در هرکدام از یک تابع هزینه خاصی استفاده شده است. بنابراین می‌توان با مقایسه این روش‌ها به یک روش بهینه دست یافت.

مراجع

[1] J. Albers, Interaction of color: Yale University Press, 2013.

[2] X. Ying, "Camouflage color selection based on dominant color extraction [J]," Opto-Electronic Engineering, vol. 1, p. 025, 2007.

[3] M. Friškovec and H. Gabrijelčič, "Development of a procedure for camouflage pattern design," Fibres & Textiles in Eastern Europe, vol. 18, p. 81, 2010.

[4] M. Inami, N. Kawakami, and S. Tachi, "Optical camouflage using retro-reflective projection technology," in Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2003, p. 348.

[5] M. Dehmollaian, H. Mosallaei, and K. Sarabandi, "FDTD and Single Scattering Formulation for Simulation of Foliage Camouflaged Hard Targets," in INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, 2005, p. 5527.

[6] P. Reddy, E. Justh, and P. Krishnaprasad, "Motion camouflage in three dimensions," in Proceedings of the 45th IEEE Conference on Decision and Control, 2006, pp. 3327-3332.

[7] A. A. Hejrandoost and R. Safabakhsh, "Thinning Based Multipurpose Camouflage Pattern Design," in 2011 7th Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing, 2011, pp. 1-5.

Archive of SID

www.SID.ir

[8] P. Bian, Y. Jin, and N.-r. Zhang, "Fuzzy C-means clustering based digital camouflage pattern design and its evaluation," in Signal Processing (ICSP), 2010 IEEE 10th International Conference on, 2010, pp. 1017-[1020.

[9] Y. Jun, W. Can, and H. Zhiyi, "Design on Digital Disruptive Pattern for Fixed Targets [J]," Computer & Digital Engineering, vol. 39, pp. 134-154, 2011.

[8] C. Miao, T. Shaohui, and P. Xiaochun, "A fast control algorithm for digital camouflage spraying robot," in Automation and Computing (ICAC), 2013 19th International Conference on, 2013, pp. 1-5.

[9] C. Ren and Z. Xiang, "Camouflage devices with simplified material parameters based on conformal transformation acoustics," Applied Mathematical Modelling, vol. 38, pp. 3774-3780, 2014.

[10] C. J. Lin, C.-C. Chang, and Y.-H. Lee, "Evaluating camouflage design using eye movement data," Applied ergonomics, vol. 45, pp. 714-723, 2014.

[11] H. Yang and J. Yin, "A Digital Camouflage Generation Algorithm Using Color Similarity," space, vol. 10, 2015.

[12] F. Xue, S. Xu, Y.-T. Luo, and W. Jia, "Design of digital camouflage by recursive overlapping of pattern templates," Neurocomputing, vol. 172, pp. 262-270, 2016.

[13] M. J. How and J. M. Zanker, "Motion camouflage induced by zebra stripes," Zoology, vol. 117, pp. 163-170, 2014.

[14] L. Zhang, "Digital Camouflage Design Algorithm Based on Template Combinatorial Optimization," Technical Journal of the Faculty of Engineering, TJFE, vol. 39, pp. 38 - 44, 2016.

[15] D.-m. Li, Y.-z. Wang, and B. Du, "Research on Segmentation Methods of Weed and Soil Background Under HSI Color Model," in Knowledge Discovery and Data Mining, 200 .۹WKDD 2009. Second International Workshop on, 2009, pp. 628-631.

[16] T. Acharya and A. K. Ray, Image processing: principles and applications: John Wiley & Sons, 2005.

[17] R. C. Gonzales and P. Wintz, Digital image processing (2nd ed.): Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1987.

[18] D. J. Heeger and J. R. Bergen, "Pyramid-based texture analysis/synthesis," in Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 1995, pp. 229-238.

[19] T. Overton, "Camouflage Colours," Journal of the Society of Dyers and Colourists, vol. 85, pp. 152-154, 1969.

[20] N. Imamoglu, W. Lin, and Y. Fang, "A saliency detection model using low-level features based on wavelet transform," IEEE transactions on multimedia, vol. 15, pp ,.2013.

[21] H. Bischof, A. Leonardis, and A. Selb, "MDL principle for robust vector quantisation," Pattern Analysis & Applications, vol. 2, pp. 59-72, 1999.

[22] N. Yeo, K. Lee, Y. Venkatesh, and S. H. Ong, "Colour image segmentation using the self-organizing map and adaptive resonance theory," Image and Vision Computing, vol. 23, pp. 1060-1079, 2005.

[23] T. Konishi, S. Omatu, and Y. Suga, "Extraction of rice-planted area using a self-organizing feature map," Artificial Life and Robotics, vol. 11 ,pp. 215-218, 2007.

[24] A. J. Smola and B. Schölkopf, "Sparse greedy matrix approximation for machine learning," 2000.

[25] J. R. Yee and S.-C. Liang, "A second-order greedy algorithm for interconnecting ethernets," in Communications, 1991. ICC'91, Conference Record. IEEE International Conference on, 1991, pp. 1305-1310.

Archive of SID

www.SID.ir