بیست و سومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و نهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
دانشگاه تربیت مدرس
۱۲-۱۴ بهمن ۱۳۹۵
23rd Iranian Conference on Optics and Photonics and 9th Conference on Photonics Engineering and Technology
Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
January 31- February 2, 2017

شبیه‌سازی استتار طیفی با همیوغ سازی تابش‌های هدف در زمینه

حمیدرضا سحری، جواد خلیل زاده، محمدرضا کریمی، جبار صیدی

مرکز علم و فناوری لیزر و اپتیک، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران

در این مقاله به‌منظور برآورد استتار در برابر سامانه‌های تصویربرداری چند طیفی و فرا طیفی یک روش پیشنهادی ارائه‌شده است. در این روش طیف هدف در زمینه یک تصویر رقومی در ۳ نوار طیفی قرمز، سبز، آبی، بررسی شده است. با استفاده از مفهوم بردار طیفی و از طریق کد نویسی در نرم‌افزار محاسباتی مطلب طیف استتار شبیه‌سازی‌شده و همیوغ طیف استتار به دست آمد. بدین‌وسیله تصویر اشیاء متفاوت در زمینه‌های مختلف مورد ارزیابی قرارگرفته و پس از یافتن طیف همیوغ، استتار نسبتاً خوبی صورت پذیرفت.

کلید واژه- استتار، امضای طیفی، بردار طیفی، تصویربرداری چند طیفی و فرا طیفی.

Spectral camouflage simulation by target radiance conjugation in background

H. Sahari, J. Khalilzadeh, M. Karimi, J. Saydi

Laser-Optics Science and Technology Center, Imam Hossain University, Tehran, Iran

Abstract- In this paper a method is presented for camouflage assessment ahead of multi spectral and hyper spectral imaging systems. In this method the spectrum of a target in background of a digital image is studied. Using the spectral vector concept and coding by MATLAB the camouflage spectrum is simulated and conjugate spectrum achieved. In this way images of some different objects in various backgrounds are studied and an appropriate camouflage is developed after the conjugate spectrum achievement.

Keywords: Camouflage, Spectral signature, Spectral vector, Multi/Hyper spectral imaging.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-13]

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

۱- مقدمه

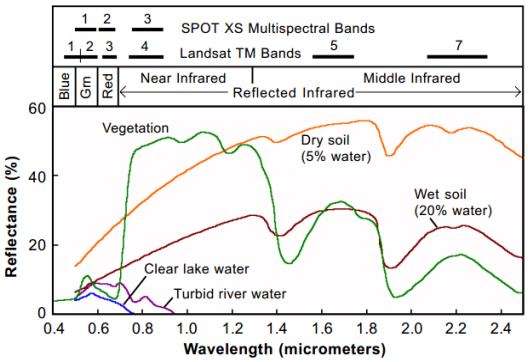
پیشرفت و توسعه روزافزون تصویربرداری و طیف برداری در دهه‌های اخیر، بخصوص به لحاظ گستره طیفی، موفقیت استتارهای متداول را با چالش روبه‌رو کرده است. به همین دلیل بررسی چگونگی استتار در برابر این سامانه‌ها امری ضروری است. با توجه به عملکرد سامانه‌های تصویربرداری فراطیفی که دارای قدرت تفکیک طیفی بالا هستند و طیف هدف را از طیف زمینه متمایز می‌کنند، شبیه‌سازی و طراحی استتار در برابر آن‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای تحلیل داده و همچنین ارائه راهکارهای فیزیکی و شیمیایی باید به‌گونه‌ای باشد که هدف هم‌طیف زمینه شود. استتار در برابر سامانه‌های چندطیفی را می‌توان ارائه راهکار و الگویی برای همسان‌سازی طیف هدف با طیف زمینه تعریف کرد. در این کار با استفاده از مفهوم بردار طیفی همیوغ طیف هدف در زمینه به‌دست‌آمده و استتار بر مبنای آن صورت گرفته است. گرچه به دلیل عدم دسترسی کار برای تصاویر سه طیفی انجام‌شده، لکن به دلیل منطق مشترک این روش در صورت دسترسی به داده‌های فراطیفی می‌توان برای آن‌هم استتار مناسب طراحی نمود.

۱-۱- اساس تصویربرداری طیفی

تمام مواد اساس ساختار فیزیکی ذاتی و ترکیب شیمیایی خود و بسته به طول‌موج تابش، می‌توانند امواج الکترومغناطیس را بازتاب، گسیل، عبور یا جذب کنند. اگر درصد بازتابندگی یا گسیلندگی برای ماده‌ای معین در سرتاسر یک محدوده طیفی رسم شود، منحنی به‌دست‌آمده امضای طیفی برای آن ماده نامیده می‌شود. چون امضای طیفی برای هر ماده متفاوت و در حقیقت منحصربه‌فرد هست، تمایز بین یک ماده با ماده دیگر بر اساس اختلاف امضای طیفی مواد امکان‌پذیر است. این امضای طیفی در نواحی مرئی و فروسرخ نزدیک از بازتابش سطحی مواد به وجود می‌آیند. نواحی فروسرخ طول‌موج متوسط فروسرخ طول‌موج بلند نیز از گسیل ذاتی مواد در دماهای بالای صفر مطلق بر اساس قانون تابش جسم سیاه و مطابق رابطه ۱ نشأت می‌گیرد

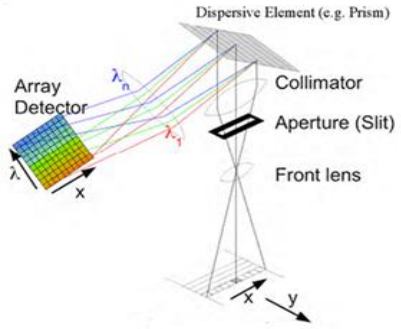
$$M = \varepsilon \sigma T^4 \qquad (۱)$$

که M مقدار تابش، σ ثابت استفان-بولتزمن، ε گسیلندگی وابسته به جسم و T دمای جسم برحسب کلوین است. بر اساس این رابطه تمایز دمایی و جنس ماده توأم باهم برای کشف و تعیین هویت ماده هدف به کار می‌روند[۱ و ۲]. نمونه‌ای از امضای طیفی مواد مختلف در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱: نمونه‌ای از امضای طیفی مواد مختلف [۱]

تصاویر چند طیفی توسط سامانه‌ای مبتنی بر طیف‌نگار تصویربردار تهیه می‌گردد درحالی‌که خروجی آن یک تصویر رقومی ثبت‌شده توسط آرایه آشکارسازی است [۱]. شکل ۲ طرحی از ساختار طیف‌نگار و آرایه آشکارساز را نشان می‌دهد.



شکل ۲: چگونگی استخراج طیف هر پیکسل و تشکیل امضای طیفی[۳]

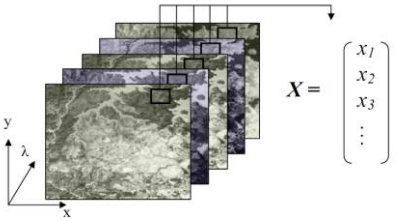
۲- بردار طیفی

نتیجه فرآیند سنجش‌ازدور، معمولاً یک تصویر رقومی است. در این تصویر اطلاعات از اجزایی بنام پیکسل تشکیل‌شده‌اند که با سطوح متفاوتی از روشنایی مقداردهی می‌شوند. به‌عنوان‌مثال اگر دقت رادیومتریک به ازای هر پیکسل ۸ بیت باشد سطوح روشنایی به ۲۵۶ سطح مجزا برای هر نوار طیفی تقسیم می‌شوند. به‌طوری‌که می‌توان برای هر پیکسل یک بردار طیفی نسبت داد که بیانگر پاسخ یک نقطه فضایی و یکسان به طول‌موج‌های گوناگون است. شکل ۳ شمای کلی یک تصویر سنجش‌ازدور چندطیفی و بردار یک پیکسل در تصویر را نشان می‌دهد. با این دید، تصویر سنجش‌ازدور

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-13]

چندطیفی، به ماتریسی از اعداد تبدیل می‌شود[۴].



شکل ۳: مفهوم بردار طیفی پیکسل در یک تصویر چند طیفی

تغییر ساختار ترکیب مواد معادل دست‌کاری بردارهای طیفی (برآیند بردارهای طیفی) خواهد بود که درنهایت همان تغییر طیف بازتابندگی و خواسته موردنظر است[۱].

روش پیشنهادی برای یافتن طیف استتار با استفاده از مفهوم بردار طیفی برای هر پیکسل از هدف در یک تصویر رقومی که دارای ۳ نوار طیفی قرمز، سبز، آبی در ناحیه مرئی است با استفاده از نرم‌افزار محاسباتی مطلب، به ترتیب زیر است.

یک تصویر ۳ نواری RGB که هر نوار آن طول‌موج و پهنای طیفی مشخص دارد، آرایه‌ای M×N×3 از پیکسل‌های رنگی است. هر پیکسل یک بردار طیفی متناظر با مؤلفه‌های قرمز، سبز، آبی است[۵].

سطوح شدتی پیکسل‌های تصویر در هر نوار طیفی به‌صورت جدا از هم بررسی می‌شود به‌طوری‌که رفتار مقادیر شدت پیکسل‌ها در هر نوار طیفی به‌وسیله یک تابع چندجمله‌ای تخمین زده می‌شود. به این تابع اصطلاحاً تابع انطباق و منحنی به‌دست‌آمده را منحنی انطباق می‌گویند. هدف از یافتن منحنی انطباق بررسی رفتار زمینه و مشخص کردن پیکسل‌های هدف در تصویر است. چون زمینه نسبت به هدف کسر بیشتری در تصویر دارد، تأثیر زمینه در منحنی انطباق بیشتر است و هدف به‌صورت یک ناهنجاری در این منحنی تلقی می‌شود. تفاضل شدت پیکسل اصلی و منحنی انطباق محاسبه و با استفاده از مفهوم لبه یابی و روش آستانه‌گذاری، پیکسل‌های هدف در هر نوار طیفی به دست می‌آید. رفتار زمینه روی هدف پیاده‌سازی می‌شود و یک تصویر استتار شده حاصل می‌شود. مقایسه این تصویر با تصویر اصلی طیف همیوغ هر پیکسل را به دست می‌دهد.

۳- بحث و نتایج

در شکل ۴ یک تصویر رقومی RGB از هدف در زمینه قبل و بعد از استتار دیده می‌شود.

شکل ۴ (الف): تصویر اولیه شکل ۴ (ب): تصویر نهایی

نمودار شکل ۵ (الف) شدت نسبی نوار قرمز پیکسل‌های تصویر اولیه را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که تغییر شدت پیکسل‌ها در این نوار در بسیاری از نقاط کم است اما در برخی از پیکسل‌ها شدت به‌طور ناگهانی تغییر زیادی می‌کند. این پیکسل‌ها ناهنجاری (هدف) موردنظر هستند. نمودار شکل ۵(ب) منحنی انطباق این نوار طیفی را نمایش می‌دهد که معادله حاکم بر آن از درجه ۶ به‌صورت رابطه ۲ است.

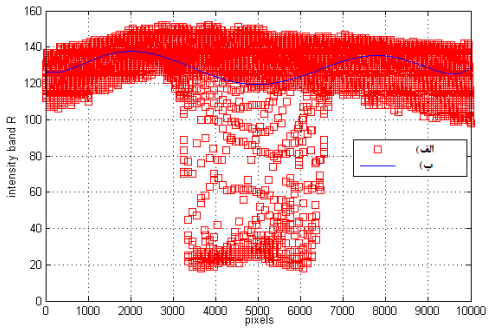
(۲)

$$y = p_1x^6 + p_2x^5 + p_3x^4 + p_4x^3 + p_5x^2 + p_6x^1 + p_7$$

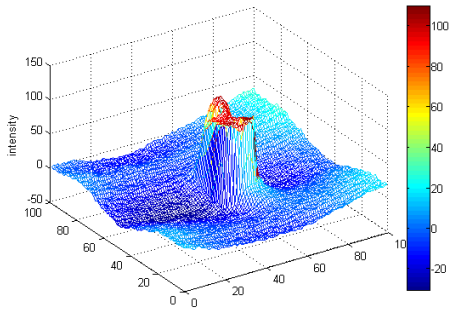
که x شماره پیکسل و y شدت پیکسل موردنظر و ضرایب ثابت $[p_1,p_2\ldots p_7]$ در هر نوار طیفی دارای مقدار مشخصی می‌باشند. شکل ۶ شبکه سه‌بعدی از تفاوت شدت پیکسل‌ها با منحنی انطباق را نشان می‌دهد. در بسیاری از پیکسل‌ها این تفاوت شدت کم و حول یک مقدار ثابت است اما در وسط تصویر دارای یک برجستگی قابل‌ملاحظه است که نشان از تفاوت آشکار پیکسل‌های آن منطقه از منحنی انطباق را نشان می‌دهد. شکل ۷ یک تصویر دوگانه (سیاه‌وسفید) از لبه‌های هدف را مشخص می‌کند. شکل‌های ۸ و ۹ نمودارهای به ترتیب دو و سه‌بعدی از شدت استتار در نوار قرمز است. شکل ۵ (ب) تصویر نهایی استتار شده در ۳ نوار طیفی قرمز –سبز – آبی است. مشاهده می‌شود که هدف تا حد قابل قبولی در زمینه محوشده و رفتار زمینه را به خود گرفته است. نمودار شکل ۱۰ طیف (بردار طیفی) استتار، طیف هدف و طیف زمینه را برای پیکسلی که در شکل ۴ (الف) و (ب) مشخص‌شده است را نشان می‌دهد.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

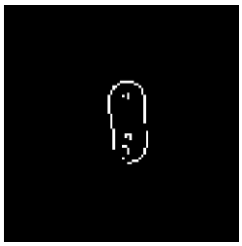
[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-13]



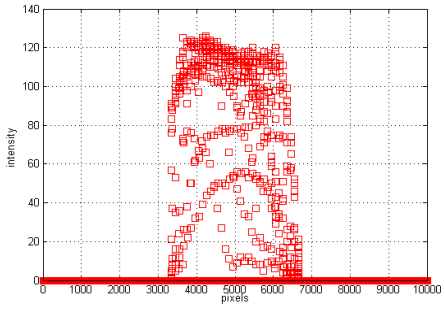
شکل ۵: (الف): نمودار شدت برحسب پیکسل قبل از اعمال تغییرات در نوار قرمز، (ب): منحنی انطباق که از درجه ۶ است.



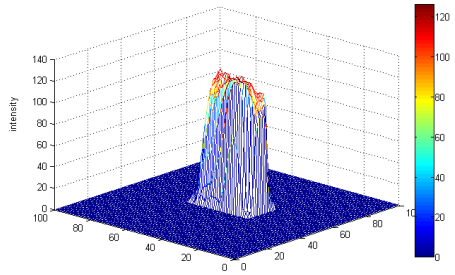
شکل ۶: شبکه سه‌بعدی از تفاوت شدت پیکسل‌ها از منحنی انطباق



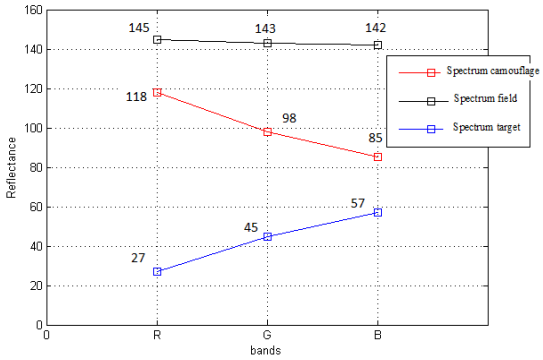
شکل ۷: یک تصویر دوگانه (سیاه‌وسفید) از لبه‌های هدف



شکل ۸: نمودار شدت استتار برحسب پیکسل در نوار قرمز



شکل ۹: نمودار سه‌بعدی از شدت مکمل برای هر پیکسل در نوار قرمز



شکل ۱۰: طیف (بردار طیفی) استتار، طیف هدف و طیف زمینه را برای پیکسلی که در شکل ۴ (الف) و (ب) مشخص‌شده است.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از نرم‌افزار محاسباتی مطلب و هم‌چنین دست‌کاری بردارهای طیفی هر پیکسل از تصویر سه طیفی، بردار طیف استتار برای هر پیکسل به دست آمد. طیف همیوغ که با اضافه شدن بر طیف هدف آن را با طیف زمینه یکسان کرده و تمایز طیفی را از بین می‌برد، از طیف استتار استخراج شد. با اعمال این روش می‌توان استتار موردنیاز برای هریک از بازه‌های طیفی و برای هر تعداد نوار را به دست آورد. استتار که در برابر نوارهای طیفی مختلف و در برابر سامانه‌های مختلف سیاه و سفید تا فراطیفی در بسیاری از کاربردها ضرورت دارد می‌تواند با استفاده از روش معرفی‌شده در این کار طراحی گشته و به اجرا درآید. این روش می‌تواند در ساخت و به‌کارگیری مواد استتار مانند رنگ‌ها، تورها و نیز طعمه‌های فریب استفاده گردد.

مراجع

[1] B.S. Randall,*Introduction to Hyperspectal Imaging*, MicroImages,Inc,2012

[۲] عرب، سیف اله، *آشکارسازهای مادون‌قرمز*، انتشارات یا مهدی(عج)، پاییز ۱۳۹۱، صفحه ۱ تا ۵۸.

[3] R.Goldberg, *A Performance Characterization of Kernel-Based Algorithms for Anomaly Detection in Hyperspectral Imagery*, Thesis for the degree of Master of science, University of Maryland,2007.

[۴] رجایی، حسین، ارزیابی اقدامات استتاری بر اساس ویژگی‌های طیفی در محدوده طول‌موجی مرئی و مادون‌قرمز نزدیک، پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی استتار، اخفاء، فریب، مجتمع آمایش و پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، سال ۱۳۹۲

[5] Rafael C.Gonzalez, Richard E.Woods, Steven L.Eddins,*Digital Image processing Using Matlab*,2nd ed, Gatesmark, LLC,2009.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-13]