اشاره

پیدایی عوارض ناپیدا در تصاویر فراطیفی

دکتر مهدی مدیری
عضو هیأت علمی دانشکده نقشه‌برداری
mmodiri@ut.ac.ir

چکیده

تصاویر سنجنده‌های فراطیفی هوایی یا ماهواره‌ای، اطلاعات بازتابی از سطح زمین را در بیش از صد باند طیفی ثبت می‌کنند. تصاویر فراطیفی برای کاربردهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند و روش‌های گوناگونی برای استخراج اطلاعات از این تصاویر ارائه شده و گسترش یافته است. یکی از مهم‌ترین روش‌های استخراج اطلاعات از تصاویر فراطیفی، تشخیص عوارض پنهان یا آشکارسازی ناهنجاری[1] است.

ایده اساسی طراحی سنجنده‌های فراطیفی بر اساس پاسخ هر عنصر به نواحی مختلف طیف الکترومغناطیس شکل گرفته است. هر عنصر، بر اساس ساختار مولکولی خود، عکس‌العمل بازتابی مشخصی در نواحی مختلف طیف الکترومغناطیس دارد. این بازتاب برای عناصر و مواد مختلف زمین در شرایط یکسان، منحصر به فرد است.

تصاویر فراطیفی کاربردهای گسترده و متنوعی دارند که از آن جمله می‌توان به پایش زیست محیطی، کاربرد کشاورزی، شناسایی آثار حوادث غیرمترقبه، زمین شناسی و اکتشاف معادن، مطالعات شهری و منطقه ای اشاره کرد .

واژه‌های کلیدی: تصویر فراطیفی، سنجنده های فراطیفی، کاربردهای تصویر فراطیفی

مقدمه

تصاویر حاصل از سنجنده‌های[2] فراطیفی ماهواره‌ای، اطلاعات بازتابی از سطح زمین را در بیش از صد باند طیفی ثبت می‌کنند(*Kim and Finkel 2003 :316*). هر یک از این باندها، گستره‌ی خاصی از امواج الکترومغناطیس را در بر می‌گیرند. اشیا و پدیده‌های زمینی در هر یک از این گستره‌ها بازتاب ویژه‌ای دارند که منجر به شناسایی پدیده ها می‌شود. به همین دلیل با استفاده از این تصاویر می‌توان سطوح مختلف سطح زمین را به طور دقیق مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داد.

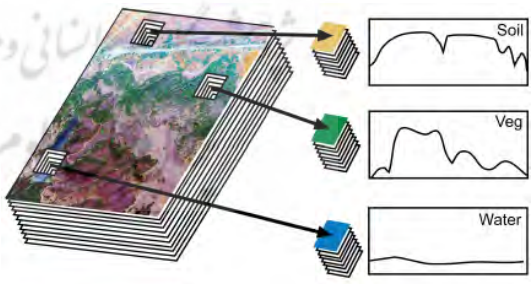
تصاویر فراطیفی برای کاربردهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند و روش‌های گوناگونی برای استخراج اطلاعات از این تصاویر ارائه شده و گسترش یافته است.

تصاویر فراطیفی

سنجنده‌های فراطیفی نیز کاری مشابه طیف‌سنجی در آزمایشگاه را انجام می‌دهند با این تفاوت که آن‌ها عکس‌العمل بازتابی قسمتی از سطح زمین را با توجه به فاصله نمونه‌برداری زمین[۳] در طول موج‌های مشخص اندازه‌گیری و در پیکسل‌های تصویر فراطیفی ذخیره می‌کنند. تصویر حاصل، یک ماتریس سه‌بعدی است، که آنرا مکعب اطلاعات[۴] یا تصویر فراطیفی می گویند. در نگاره(۱) یک تصویر فراطیفی نشان داده شده است.

نگاره(۱): مکعب اطلاعات یا تصویر فراطیفی
(http://rst.gsfc.nasa.gov)

در نگاره(۲) یک تصویر فراطیفی به همراه منحنی طیفی سه پیکسل آن نشان داده شده است. با استفاده از مشخصه ی طیفی عناصر و مواد گوناگون، که از کتابخانه طیفی استخراج می‌شود، و مقایسه آن با پیکسل‌های تصاویر فراطیفی می‌توان مواد و عناصر مختلف در سطح زمین را با دقت بالا شناسایی و تجزیه و تحلیل کرد.



نگاره(۲): مفهوم سنجش از دور فراطیفی (Shippert ;2003)

سنجنده‌های فراطیفی

سنجنده‌های فراطیفی اغلب از فناوری پوش بروم[۵] برای تصویربرداری استفاده می‌کنند. در این نوع تصویربرداری منطقه مورد نظر در جهت عرض مسیر حرکت سنجنده جاروب می‌شود (نگاره۳). محدوده‌ی باندهای طیفی برای بیشتر سنجنده‌های فراطیفی بین ۰/۴ تا ۲/۵ میکرومتر است. این محدوده در طیف الکترومغناطیس شامل نواحی مرئی، مادون قرمز نزدیک[۶] و مادون قرمز موج کوتاه[۷] است.

نگاره(۳): نحوه‌ی تصویربرداری فراطیفی و تشکیل مکعب اطلاعات
(خزایی و همکاران، ۱۳۸۹ : ۷۴-۶۹)

بخشی از مهم‌ترین سنجنده‌های فراطیفی فضایی در جدول(۱) آمده است.

جدول(۱): مهم‌ترین سنجنده‌های فراطیفی هوابرد و فضایی

ردیف	نام سنجنده	تعداد باند	نوع سامانه	محدوده‌ی طیفی (نانو متر)
۱	FTHSI(Fourier Transform Hyper spectral Imager) (روی ماهواره‌ی Mighty Sat II)	۲۵۶	فضایی	۳۵۰ الی ۱۰۵۰
۲	HYPERION (روی ماهواره‌ی EO-1)	۲۴۲	فضایی	۴۰۰ الی ۲۵۰۰
۳	AVIRIS(Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer)	۲۲۴	هوابرد	۴۰۰ الی ۲۵۰۰
۴	HYDICE(Hyper spectral Digital Imagery Collection Experiment)	۲۱۰	هوابرد	۴۰۰ الی ۲۵۰۰
۵	PROBE-1	۱۲۸	هوابرد	۴۰۰ الی ۲۵۰۰
۶	CASI(Compact Airborne Spectrographic Imager)	۲۲۸	هوابرد	۴۰۰ الی ۱۰۰۰
۷	HYMAP(Hyper spectral Mapper)	۲۰۰	هوابرد	۴۳۰ الی ۱۲۰۰۰
۸	DAIS(Digital Airborne Imaging Spectrometer)	۲۱۱	هوابرد	۴۳۰ الی ۱۲۰۰۰
۹	AISA(Airborne Imaging Spectrometer)	۲۸۸	هوابرد	۴۳۰ الی ۱۰۰۰

http://www.isa.ir/enc/components٦.php

کاربرد تصاویر فراطیفی

استفاده از تصاویر فراطیفی به عنوان یک منبع مؤثر برای تشخیص و شناسایی هدف در بسیاری از فعالیت ها، از جمله عملیات امداد و نجات و شناسایی معادن گسترش یافته است. سنجنده‌های فراطیفی به دلیل این که اطلاعات مربوط به بازتاب طیفی پدیده ها و سطوح زمین را در محدوده‌ی مرئی و مادون قرمز نزدیک، در صدها باند طیفی باریک و پیوسته ثبت می‌کنند، ابزاری قدرتمند در شناسایی مواد مختلف را فراهم می‌کنند. *(Matteoli et al, 2010, 5-28)*

تصاویر فراطیفی کاربردهای زیادی دارد که از آن جمله می‌توان به پایش‌های زیست محیطی مانند آشکارسازی آلودگی‌های خاک، آب و هوا، کاربردهای کشاورزی مانند برآورد دقیق محصولات کشاورزی و آفت‌های آن‌ها، شناسایی آسیب دیدگان بلایای طبیعی در عملیات‌های امداد و نجات، زمین شناسی و اکتشاف منابع و معادن، مطالعات شهری و کاربردهای نظامی مانند شناسایی ادوات استتار شده، آشکارسازی میدان مین و مهمات عمل نکرده، اشاره کرد. *(خزایی و همکاران، ۱۳۸۹ : ۷۴-۶۳)*

آشکارسازی عوارض

الگوریتم‌های تشخیص و شناسایی عوارض، نوع خاصی از روش‌های آشکارسازی هدف هستند که در آنها هیچ اطلاعات اولیه‌ای در مورد اهداف و طیف آن‌ها استفاده نمی‌شود. هدف این الگوریتم‌ها آشکارسازی پیکسل‌هایی در مکعب اطلاعات است که طیف آن‌ها تفاوت زیادی با طیف پس‌زمینه دارد و در مقایسه با پس‌زمینه نوعی ناهنجاری محسوب می‌شوند. *(Borghys et al,2009,)*

روش‌های تشخیص اهداف پنهان برای دو منظور استفاده می‌شوند: آشکارسازی اهداف پنهان، مانند معادن یا اهداف نظامی استتار شده و نیز به عنوان عملیات پیش‌پردازش برای روش‌های تشخیص خودکار اهداف، به این صورت که مناطقی را که در آن‌ها احتمال وجود هدف زیاد است را شناسایی می‌کنند. *(خزایی و همکاران، ۱۳۸۹ : ۷۴-۶۳)*.

روش‌هایی که برای آنالیز تصاویر فراطیفی استفاده می‌شوند، زیرمجموعه روش‌های شناسایی الگو[۸] هستند. این روش‌ها به دو دسته تقسیم می‌شود: کلاسه‌بندی[۹] و آشکارسازی هدف[۱۰].

* در کلاسه بندی پیکسل‌های تصویر در کلاس‌های موضوعی قرار می‌گیرند و در آشکارسازی هدف، تصویر برای پیدا کردن شیء و یا ماده خاصی (هدف)، جستجو می‌شود. *(Matteoli, et,al ,۲۰۱۰ :۲۱)*

* آشکارسازی هدف یک کلاسه بندی دودویی است که تصویر را به دو کلاس هدف و پس‌زمینه تقسیم می‌کند. هدف الگوریتم‌های آشکارسازی این است که مشخص کنند هر کدام از پیکسل‌های تصویر، هدف مورد نظر را در خود دارند یا نه.

این هدف ممکن است عوارض مصنوعی زمین مانند جاده، ساختمان و مواردی از این نوع باشد، و یا این که از نوع آلودگی‌های محیطی مانند یک لکه‌ی نفت در دریا باشد. آشکارسازی هدف در تصاویر می‌تواند به دو صورت فضایی[۱۱]، طیفی[۱۲] و یا هر دو انجام شود. در روش فضایی هر پیکسل با توجه به پیکسل‌های همسایه‌اش تحلیل می‌شود و در روش طیفی، طیف پیکسل با توجه به پس‌زمینه، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

مشکلی که در آنالیز فضایی تصویر وجود دارد این است که فاصله نمونه‌برداری زمین در تصاویر فراطیفی معمولاً از اندازه اهداف مطلوب بیشتر است. در این حالت اهداف در یک پیکسل قرار می‌گیرند و به صورت فضایی نمی‌توانند شناسایی شوند. در بعضی از حالات هدف در قسمتی از پیکسل قرار می‌گیرد که به آن زیرپیکسل[۱۳] گویند.

به علاوه ممکن است هدف مورد نظر در چند پیکسل قرار گیرد. در این حالت ممکن است قسمتی از هدف به طور کامل در یک پیکسل قرار گیرد که به آن پیکسل کامل[۱۴] گویند. در این شرایط، که اهداف در یک یا تعداد کمی پیکسل قرار می‌گیرند و به صورت فضایی نمی‌توانند شناسایی شوند، آشکارسازی هدف باید با استفاده از طیف پیکسل‌ها و در سطح زیرپیکسل انجام شود. *(Manolakis and Shaw, ۲۰۰۲)*

جمع‌بندی

ارزیابی الگوریتم‌های تشخیص عوارض با استفاده از دو معیار سرعت و دقت تشخیص انجام می‌شود. سرعت اجرای الگوریتم‌ها را با استفاده از هر نوع تصویری می‌توان بررسی کرد ولی برای ارزیابی دقت تشخیص الگوریتم‌ها، به تصویر فراطیفی با اهداف مشخص نیاز است. بررسی دقت تشخیص الگوریتم‌ها به دو صورت بصری (چشمی) و دقیق انجام می‌شود. ارزیابی دقت به صورت چشمی را می‌توان روی هر تصویر که عوارض پنهان داشته باشد، انجام داد ولی برای بررسی دقیق به تصویری نیاز است که مکان ناهنجاری‌ها در آن دقیقاً مشخص باشند. برای بررسی دقیق الگوریتم‌ها از تصاویر با اهداف کاشته شده و تصاویر با اهداف واقعی، استفاده می شود.

منابع و مآخذ

۱- صفا خزایی، سعید همایونی و عبدالرضا صفری(۱۳۸۹)، تصویربرداری فراطیفی و ملاحظات «آفا» در برابر تهدیدات آن، علوم و فناوری‌های پدافند غیر عامل، سال اول، شماره ۲، صفحات ۷۴-۶۳.

2- Borghys. D, Truyen. E, Shimoni.M. and Perneel.C. (2009) Anomaly detection in hyperspectral images of complex scenes, in Proceedings of 29th Earsel Symposium, MAI, Chania.

3- Kim, D. H and Finkel, L. H,(2003) Hyperspectral image processing using locally linear embedding, in Proceedings of the 1st International IEEE EMBS Conference on Neural Engineering, Capri Island, Italy, pp. 316-319.

4- Matteoli, S. Diani, M. and Corsini, G. (2010) A tutorial overview of anomaly detection in hyperspectral images, IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 25, no. 7, pp. 5-28.

5- Shippert, P. (2003) Introduction to hyperspectral image analysis, Online Journal of Space Communication, vol. 3,.

٦- دانشنامه فضایی ایران، «فناوری تصویر برداری فراطیفی»(١٣٨٦).

http://www.isa.ir/enc/components6.php

7- Manolakis, D. and Shaw, G. (2002) Detection algorithms for hyperspectral imaging applications, IEEE Signal Processing Magazine, vol. 19, no. 1, pp. 29 43.

8- Nicholas, M.(2010) Remote Sensing Tutorial, AVIRIS and other Imaging Spectrometers, [Online]. Available: http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect13/Sect13_9.html [Accessed: 06-Oct-2011].

پی‌نوشت

1- Anomaly Detection
2- Sensors
3- Ground Sampling Distance (GSD)
4- Data Cube
5- Push Broom
6- Neat Infrared (NIR): 0.7-1.1 µm
7- Short-Wave Infrared (SWIR): 1.1-3 µm
8- Pattern Recognition
9- Classification
10- Target Detection
11- Spatial
12- Spectral
13- Sub Pixel
14- Full Pixel