

فناوری سنجش از راه دور حرارتی و کاربرد آن در شناسایی پدیده‌ها

سید کاظم علوی پناه*^۱، سعید گودرزی مهر، باهره خاکباز

چکیده

دستیابی به اطلاعات در کوتاه‌ترین زمان و با کم‌ترین هزینه از جمله عوامل مهم تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری است. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های نوین، کم‌هزینه و سریع مانند فناوری سنجش از دور، بعلاوه توانایی در شناسایی پدیده‌ها همواره مورد توجه متخصصین، مدیران و تصمیم‌گیران بوده است. اطلاعات به دست آمده از ناحیه مادون قرمز حرارتی، کمک زیادی به مطالعه پدیده‌های مختلف می‌کند تا آنجا که تغییرات جزئی درجه حرارت ممکن است در تشخیص برخی پدیده‌ها و یا درک شرایط محیط بسیار راهگشا باشد. در این مقاله سعی شده است تا پیرامون کاربردهای سنجش از دور مادون قرمز حرارتی در حوزه‌های مختلفی چون هواشناسی و بررسی کیفیت هوا، کیفیت آب، نقشه‌های زمین‌شناسی، تجزیه و تحلیل جزیره حرارتی شهر، مطالعه آتشفشان‌ها، بررسی آلودگی‌های نفتی، پیش‌بینی احتمال وقوع زلزله و کاربردهای تصاویر حرارتی در حوزه سلامت، مطالبی ارائه شود که همه‌گویی کارآمدی این فناوری در جامعه است.

واژگان کلیدی: سنجش از دور مادون قرمز حرارتی، شناسایی پدیده‌ها، زلزله، هواشناسی، جزیره حرارتی، آلودگی‌های محیطی.

*. استاد، پست الکترونیکی: salavipa@ut.ac.ir

۱. گروه کارتوگرافی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.

مقدمه

سنجش از دور، علم، هنر و فن جمع آوری اطلاعات درباره یک شیء، ناحیه یا پدیده است که از راه تحلیل داده ها بوسیله ابزارهایی که در تماس مستقیم با شیء، ناحیه و یا پدیده مورد مطالعه نیستند، بدست می آید و در حالت کلی به دو دسته سنجش از دور حرارتی و انعکاسی تقسیم بندی می گردد. سنجش از دور انعکاسی در اصل به بازتاب طیفی پدیده ها مربوط می شود و خورشید منبع اصلی انرژی آن است. تصاویر این نوع سنجش از دور تنها با وجود نور خورشید قابل تهیه است. اما در سنجش از دور مادون قرمز حرارتی، منبع انرژی خود پدیده ها و اشیاء هستند که در طول روز توسط خورشید گرم شده اند. این شاخه از سنجش از دور، پیرامون پردازش و تفسیر داده ها و تصاویر بدست آمده در ناحیه مادون قرمز حرارتی (TIR) طیف الکترو مغناطیس بحث می کند. در سنجش از دور حرارتی، تشعشع ساطع شده از سطح پدیده، اندازه گیری می شود [۱].

امروزه بدلیل اهمیت سنجش از دور حرارتی در مطالعات محیطی، بسیاری از محققان، تحقیقات پایه در زمینه سنجش از دور حرارتی و توسعه فناوری سنجش از دور و کاربرد های جدید داده های حرارتی را ضروری می دانند [۲]. از طرف دیگر دما بعنوان یک کمیت مهم ترمودینامیکی می تواند برای شناسایی ماده و انتقال حرارت استفاده شود [۳]. در حقیقت دما یک اندازه گیری کمی از درجه حرارت یک جسم است و گرما مقدار انرژی است که به دلیل اختلاف دما، بین یک جسم و جسم دیگری که با آن در تماس است، مبادله می شود. از اینرو با توجه به اینکه گرما عامل مهمی در سیستم های بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی موجود در زمین و فضا است، بنابراین این می توان مطرح نمود که شاخص حرارت می باید در کلیه مطالعات مرتبط با علوم زمین لحاظ شده و مورد بررسی قرار گیرد [۱].

امروزه عوامل موثر بر روی درجه حرارت سطح زمین، توان تشعشعی و تابش های طیفی در حال مطالعه است، بطوری که حتی تاثیر ذرات معلق گرد و غبار در مناطق خشک روی تغییرات درجه حرارت و دیگر شاخص ها توسط برخی از متخصصان بررسی شده است. به این ترتیب کارایی و دقت داده های مادون قرمز حرارتی و استفاده از آنها افزایش چشم گیری خواهد داشت. بطوری که مولفه های بیان انرژی سطحی شهرها از راه مدل های اقلیمی و طیفی بررسی می شود [۴].

سنجش از دور حرارتی و کاربردهای آن

۱- هواشناسی و کیفیت هوا

فناوری سنجش از دور ماهواره ای، با گسترش دانش هواشناسی توسعه یافته است. بطور معمول جریان هوا در اثر تغییرات دمای هوای سطح

زمین بین مناطق استوایی و قطبین بوجود می آید. از این رو در سنجش از دور حرارتی، در مطالعات سیستم های هوا و ابر ها کاربرد زیادی دارد. پیشرفت علم سنجش از دور، پیش بینی طوفان های عظیم را میسر ساخته و به دلیل پیش بینی واقعه در چند روز قبل از وقوع، فرصت برای اقدامات لازم فراهم می شود. برای مثال تصاویر ماهواره GEOS^۲ برای پیش بینی طوفان بسیار مفید است زیرا با تصاویر مادون قرمز حرارتی (تصاویر حرارتی شبانه و روزانه)، می توان حرکت طوفان ها را رد گیری کرد [۱]. ماهواره های کنونی قابلیت تمرکز بر یک منطقه و همچنین قدرت مانور در فضا برای بهترین پوشش برای سطح زمین را دارا هستند. در حقیقت با استفاده از این داده های ماهواره ای می توان به اطلاعاتی نظیر موقعیت ابرها، نمودار دما و در نهایت پیش بینی وضعیت هوا برای روزهای آینده دست یافت.

مطالعات پزشکی اخیر نشان می دهد آلودگی ها تاثیرات زیان بخشی بر دستگاه تنفسی بویژه کودکان و افراد مسن دارند. بنابر این پایش مداوم داده های مربوط به آلودگی هوا اهمیت زیادی دارد. اگرچه دستگاه های اندازه گیری آلودگی در شهرهای بزرگ نصب شده اند اما این ایستگاه ها فقط به نقاط معینی از شهر محدود می شود و داده های آن ها پیوستگی مکانی ندارد بنابراین داده های مربوط به کیفیت هوای شهرها، برای همه مناطق دقیق نیستند.

از طرفی مطالعات متعدد نشان می دهد بین آلودگی های هوای شهرها، تغییرات دما، وجود لایه آلوده بر فراز شهرها و داده های ماهواره ای، رابطه معنی داری وجود دارد. از این موضوع می توان نتیجه گرفت که آلودگی می تواند نقش مهمی در الگو و تغییرات دما داشته باشد، که قابل مطالعه از طریق سنجش از دور حرارتی است. وجود لایه آلوده باعث کاهش شفافیت جو شده و کاهش انتقال جوی و کاهش تابش خورشیدی به زمین را به دنبال دارد. بنابراین کاهش تابش خورشیدی، سبب کاهش دمای سطح زمین می شود و در نتیجه تابش سطح زمین کم شده و مقادیر درجه روشنایی طیف حرارتی نیز کمتر شده و از طرف دیگر لایه آلوده تشعشعات را جذب کرده و مانع خروج آن از جو می شود. این اتفاق موجب کاهش دمای ظاهری در زمان افزایش آلودگی خواهد شد [۱]. بنابراین مطالعه تغییرات دمایی رخ داده با توجه به پیوستگی مکانی داده های حرارتی حاصل از تصاویر ماهواره ای می تواند تا حد زیادی وضعیت و کیفیت هوا را مشخص نماید.

۲- کیفیت آب

موارد مهم آلودگی که قابل مطالعه با سنجش از دورند عبارتند از:

- ۱-۲- شوری
- ۲-۲- فاضلاب های صنعتی

1. Thermal Infrared Remote Sensing

۲. حسگرهایی که بر روی ماهواره ها نصب می شوند و به تصویر برداری در ناحیه خاصی از طیف الکترومغناطیس می پردازند.

3. Geostationary Operational Environmental Satellites

۳-۲- مواد شیمیایی و صنعتی

۴-۲- رسوبات و مواد معلق در آب ها

با استفاده از داده های ماهواره ای، علاوه بر امکان شناسایی منابع آلوده کننده، می توان به بررسی و مطالعه طغیان آب و آثار زیانبار آن پرداخت. از دیگر کاربردهای داده های سنجش از دور، مطالعه عمق آب یا ژرفاسنجی است، که این عمل توسط تصویر برداری در ناحیه طول موج طیف مرئی یا مادون قرمز امکان پذیر است.

در مطالعات مربوط به آب، علاوه بر کارائی طول موجهای مرئی و مادون قرمز، تصاویر تهیه شده در ناحیه حرارتی طیف الکترومغناطیس نیز کاربرد زیادی دارند، که از جمله کاربردهای آن تعیین دمای سطح دریا و مسائل مربوط به رطوبت خاک و گیاه است. مطالعه دمای سطح دریا به درک حوادث اقلیمی کمک می کند [۱].

۳- زمین شناختی حرارتی

کاربرد تصاویر حرارتی در تهیه نقشه های زمین شناختی بر اساس این واقعیت بنا شده که سنگ های غیر متخلخل، گرما را بهتر از خاک های نرم انتقال می دهند. بنابراین سنگ های سخت غیر متخلخل در شب، گرمای کره زمین را به نسبت بیشتر از پوشش خاکی مناطق اطراف خود انتقال می دهند، در نتیجه در محدوده هایی آنومالی^۱ گرمایی بوجود می آید که سنجنده ها می توانند آنها را آشکار کنند. از طرف دیگر سنگ های متخلخل، آنومالی حرارتی یکسانی در تصاویر برداشت شده هنگام شب از خود نشان نمی دهند و در واقع ممکن است بعد از بارندگی در آنها، آنومالی سرد ناشی از رطوبت تولید شود [۱].

۴- تجزیه و تحلیل جزیره حرارتی شهر

جزیره حرارتی در شهرها معمولاً ناشی از این موارد می باشند:

۴-۱- ظرفیت گرمایی بالای مصالح ساختمانی

۴-۲- صنایع، وسایل نقلیه و سیستم های گرمای منازل، مقدار زیادی گرما را به شهر اضافه می کند.

۴-۳- آلودگی هوا

۴-۴- ساختمان های مرتفع و برج ها، مشکلاتی در تبادل گرما ایجاد می کنند [۵].

۴-۵- جزایر حرارتی شهری علاوه بر عوامل بالا از تخریب جنگل ها و تغییر پوشش سطح زمین به سطوح بدون تبخیر، مانند آسفالت و سنگفرش ناشی می شود [۱].

اطلاعات حرارتی در موارد زیر می توانند استفاده شوند:

الف- مدل رابطه میان رشد شهر، تغییر پوشش زمین و گسترش جزیره حرارتی شهر در طول زمان

ب- مدل رابطه میان رشد شهر و تغییر پوشش سطح زمین و کیفیت هوا در طول زمان

ج- مدل تاثیرات کلی توسعه شهر روی ویژگی های بیلان انرژی سطح شهر

۵- آتشفشان

پوشش مکرر مناطق مختلف زمین و دید یکپارچه جهانی ای که ماهواره مدار قطبی NOAA^۲ فراهم کرده است می تواند برای مطالعه بر روی آتشفشان ها حتی در مناطق دور افتاده نیز بسیار مناسب باشد. داده های چند طیفی ماهواره های مدار قطبی را می توان برای تعیین مورفولوژی و هاله های آتشفشانی عمودی و افقی، ردیابی ابر های غبار آلود، مطالعه فوران آتشفشان ها و محاسبه میزان صعود ذرات معلق در فضا، استفاده کرد [۱]. مطالعات سنجش از دور که در گذشته بر روی آتشفشان ها انجام شده، شاخص های متعددی را اندازه گیری کرده است [۶]. بنابراین این به کمک سنجش از دور می توان پایش آتشفشان را بررسی کرد [۱].

۶- آلودگی های نفتی

در گذشته محدودیت قدرت تفکیک مکانی ماهواره ها در شناسایی آلودگی های نفتی مشکل ساز بوده است، اما در شرایط فعلی امکان مشاهده و کنترل تراوش نفتی، با استفاده از داده های ماهواره ای وجود دارد. بطور مثال در مورد انفجار چاه نفت در خلیج مکزیک لکه های بزرگ نفتی که در نتیجه ریزش نفت ایجاد شده بود به خوبی در تصاویر حاصل از سنجنده های ماهواره های مختلفی مانند سنجنده های AVHRR^۳ و CZCS^۴ قابل مشاهده بودند. در این منطقه از داده های ماهواره ای برای شناسایی منشأ آلودگی نفتی، استفاده های زیادی شد و معلوم گردید که ریزش نفت در ناحیه فوق زیاد بوده و اثرات آن تا ماه ها ادامه داشته است. اگرچه قدرت تفکیک مکانی پایین، باعث محدودیت شناسایی این گونه آلودگی ها می شود، ولی نسل های جدید ماهواره ها این مشکل را حل کرده اند [۱].

۷- پیش بینی زلزله

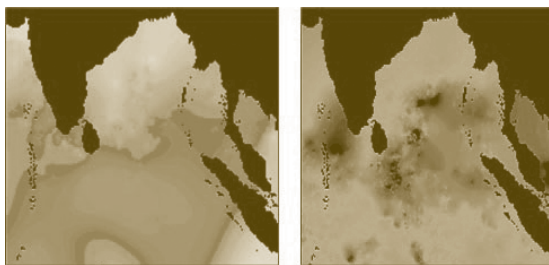
بطور کلی روش های پیش بینی زلزله در سه گروه زیر طبقه بندی می شوند:

۷-۱- پیش بینی بلند مدت که در بازه زمانی چند ساله تا چند دهه در تغییر است.

۷-۲- پیش بینی کوتاه مدت که در بازه چند دقیقه تا چند هفته در تغییر است.

۱. تغییرات ناگهانی و شدید یک پدیده

2. National Oceanic and Atmospheric Administration
3. Advance Very High Resolution Radiometer
4. Coastal Zone Color Scanner



شکل ۱. کاربرد تصویر مادون قرمز حرارتی در بررسی گسترش بیماری وبا

بسیاری از مطالعات در خصوص طیف های حرارتی و ارتباط آن با بیماری های واگیردار انجام شده است که در منابع علمی گزارش شده است [۹-۱۳].

نتیجه گیری

از آنجا که رفتارهای تابشی مواد، اطلاعات مهمی درباره ویژگی های آنها ارائه می کند و همچنین میزان انرژی تابش شده از هر ماده تابعی از دمای سطحی آن است، بنابراین مطالعه دمای سطح اجسام با استفاده از تصاویر سنجش از دور مادون قرمز حرارتی می تواند اطلاعات بسیار سودمندی از وضعیت پدیده ها ارائه کند که دستیابی به این مهم از طریق تصاویر ماهواره ای با طول موج های پایین تر و غیر حرارتی می تواند در بسیاری از موارد امکان پذیر نباشد.

در حقیقت بررسی کاربردهای مختلف سنجش از دور حرارتی در زمینه های گوناگون، توانایی و کاربردهای این فناوری را بیش از پیش نمایان می سازد و می توان با استفاده از این فناوری بر بسیاری از مشکلات فائق شد.

بنابراین در صورتی که امکانات زیر ساختی آن فراهم گردد با توجه به توانایی های فراوان این فناوری در حوزه های مختلفی چون زلزله، بیماری ها و بسیاری زمینه های دیگر، می تواند در حل بسیاری از مشکلات به عنوان ابزاری سودمند استفاده گردد.

امید است با فراهم شدن امکان تهیه تصاویر ماهواره ای در ناحیه طول موج های حرارتی، با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالاتر، امکان مطالعه دقیق تر بسیاری از پدیده ها فراهم گردد و در نتیجه بتوان مطالعات دقیق تری بر روی پدیده ها انجام داد و با اطمینان بیشتری از نتایج آن برای بسیاری از تصمیم های اجرایی در بخش های مختلف بهره مند شد.

۳-۷- پیش بینی میان مدت که از چند هفته تا چند سال در تغییر است. تا کنون روش ها و پیش نشانگرهای متعددی در پیش بینی زلزله مورد بحث و بررسی قرار گرفته است مانند: آنومالی های حرارتی، فوران زمین گرمایی (یونان، ۲۰۰۱)، تغییرات یونسفری، هواشناسی، ابر زلزله، رطوبت هوا، تغییر دمای هوا، تغییر پارامترهای فیزیکی آب، تغییر غلظت گاز در آب، تغییر پارامترهای ژئوشیمیایی، تغییر هدایت الکتریکی آب، رامی توان ذکر کرد اما در این میان آنومالی های حرارتی و ابر های زلزله مورد توجه بسیاری از محققین زلزله قرار گرفته است [۱].

هر گونه تغییر در دمای سطح زمین حاصل شده از طریق فناوری سنجش از راه دور حرارتی، در نواحی ای که به لحاظ تکتونیکی فعال هستند می تواند نشانه ای برای وقوع زلزله باشد [۷].

در همین راستا ساراف و همکارانش در سال ۲۰۰۷ در مورد سه زلزله مهم ایران شامل: بم (۲۵ دسامبر ۲۰۰۳)، زرنند (۲۲ فوریه ۲۰۰۵) و درب آستانه (۳۱ مارث ۲۰۰۶) با استفاده از تصاویر AVHRR و ترا^۱، آنومالی های دمایی را با هدف بررسی روند تغییرات دمای سطح زمین و ارتباط آن با زمان وقوع زلزله، بررسی کردند. در مطالعه فوق بررسی LST در یک دوره زمانی قبل از وقوع زلزله انجام شد که نتایج آن نشان داد که یک آنومالی حرارتی شدید قبل از تمامی این زلزله ها بوقوع پیوسته است [۷].

- این مطالعه نشان داد که شدت و گستردگی مکانی نواحی دارای آنومالی دمایی، بطور مستقیم با قدرت زلزله و بطور معکوس با عمق کانونی زلزله متناسب است [۷].

البته این نکته حائز اهمیت است که آنومالی های حرارتی تنها بعنوان یک داده کمکی می تواند در مورد زلزله حائز اهمیت باشد و بوسیله آنها می توان تا حدودی احتمال وقوع زلزله را پیش بینی نمود.

۸- کاربرد سنجش از دور حرارتی در حوزه سلامت

یکی از کاربرد های سنجش از دور حرارتی و بررسی تغییرات دمایی در بحث سلامت و بیماری هاست. شکل ۱، تصویر سمت چپ، تصویر شدت تغییرات نسبی بیماری وبا و شیوع آن و تصویر سمت راست، تصویر ماهواره ای در طیف مادون قرمز حرارتی است که برای خلیج بنگال گرفته شده است. همانطور که نتایج این دو تصویر نشان می دهد، همبستگی بسیار زیادی بین شیوع بیماری وبا و دمای سطح آب (SST) وجود دارد؛ هر جا دما افزایش یافته تکثیر این بیماری هم بیشتر شده است. در حقیقت، گرما و تصویر ماهواره ای مادون قرمز حرارتی باعث آشکار سازی میزان و پهنه تکثیر این بیماری گشته است [۸].

۱. تغییر شکل پوسته زمین بر اثر تنش های وارد در طول دوران های مختلف زمین شناسی

2. Terra
3. Sea Surface Temperature

منابع و مآخذ

- [۱] علوی پناه، س. ک.، (۱۳۸۵). "سنجش از راه دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین"، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۵۲۲.
- [2]. Tronin, A., Hayakawa, M., Molchanov, O. A., (2000). "Thermal IR satellite Data Application for Earthquake Research in Japan and China", J. Geodyn. No.33, pp.519-534.
- [3]. Norman, J. M., Divakarla, M., Goel, S., (1995). "Algorithms for Extracting Information from Remote Thermal- IR Observations of the Earth Surface", Remote Sensing Environment, No. 51, pp 157-168.
- [4]. Tran, H., Uchihma, D., Och, S., Yasuoka, Y.(2006). "Assessment with Satellite Data of the Urban Heat Island Effects in Asian Megacities". International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol., 8. No. 1, 34-48.
- [۵]. عزیززی، ق. (۱۳۸۳). "تغییر اقلیم، نشر قومس، ص ۲۷۰".
- [6]. Campbell, B. A., Garvin, J. B. (1993). "Lava Flow Topographic Measurement for Radar Data Interpretation". Geophysics Res, No. 20, pp.831-834.
- [7]. Saraf, A., Choudhury, S., Panda, S., Dasgupta, S.(2007). "Satellite Based Observations of Pre-Earthquake Transient Thermal Anomalies in Iran", International of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Vol.14
- [8]. Lobitz, B., Beck, L., Huq, A.(2000). "Climate and Infectious Disease: Use of Remote Sensing for Detection of Vibrio Cholerae by Indirect Measurement". Proc National Academy Sciences, No.97, pp.1438-1443.
- [9]. Cross, ER., Newcomb, WW., Tucker, CJ.(1996). "Use of Weather Data and Remote Sensing to Predict the Geographic and Seasonal Distribution of Phlebotomus paptasi in Southwest Asia". Am J Trop Med Hyg , No.54, pp.530-536.
- [10]. Linthicum, K. J., Bailey, C. L., Tucker, C. J. (1994). Man-Made Ecological Alterations of Senegal River basin on Rift Valley Fever Transmission". Sistema Terra, pp. 45-47.
- [11]. Rogers, D.J., Randolph, SE.(1991). "Mortality Rates and Population Density of Tsetse Flies Correlated with Satellite Imagery". Nature, No. 351, pp. 739-741.
- [12]. Thompson, D.F., Malone, ..., Harb, M.(1996). "Bancroftianfilariasis Distribution and Diurnal Temperature Differences in the Southern Nile Delta". Emerg Infect Dis., No. 2. Pp. 234-235.
- [13]. Malone, J.B., Abdel-Rahman, MM., El Bahy, MM., (1997)." Geographic Information Systems and the Distribution of Schistosomamansoni in the Nile Delta". Parasitol Today, No.3, pp.112-119.