نقشه کشی با نور شهرها
توسط داده‌های شب هنگام سیستم عملیاتی اسکن کننده خطی (DMSP)

نویسنده: کریستوفر د.الویج و دیگران
برگردان: طاهره کریمی
کارشناس ارشدسنجش از دور

چکیده

سیستم عملیاتی اسکن خطی(OLS) برنامه ماهواره هواشناسی دفاعی(DMSP)، توانایی بی‌نظیری برای کشف سطوح پایین پرتومرئی و مادون قرمز نزدیک(VNIR) را در شب دارد. به وسیله داده‌های باند مرئی(OLS) یافتن ابرهایی که توسط نور ماه روشن شده‌اند، به علاوه نورشهرها، شهرکها، نقاط صنعتی، مشعلهای گاز و حوادث زودگذری مثل آتش سوزی و ابرهایی که توسط رعدوبرق نورانی شده‌اند، ممکن می‌گردد. این مقاله روشهایی را بیان می‌کند که برای کشف و تعیین موقعیت منابع انتشار VNIR ایجاد شده‌اند، البته این امر بوسیله داده‌های شب هنگام DMSP-OLS و تجزیه و تحلیل سری تصاویر چندزمانه به منظور تشخیص مراکز ثابت انتشار فضایی توسط شهرها، شهرکها، و نقاط صنعتی صورت می‌پذیرد.

مقدمه

توزیع جمعیت انسانی بر روی سطح زمین به عنوان یکی از اطلاعات کلیدی شناخته شده است و برای درک بهتر اثرات انسان بر روی زمینها و منابع آبی و نیز برای مدل سازی اصلاح شده نتایج زیست محیطی که ممکن است زیرمجموعه مدلهای گوناگون رشد اقتصادی باشد، لازم است.(کلارک ورپند۱۹۹۲)

داده‌های سرشماری، می‌تواند تعداد جمعیتی را که بر روی واحدهای اداری مانند ایالت، استان، شهر یا شهرک استقرار یافته‌اند، فراهم کند. اما جزئیات روشن و واضح فضایی در زمینه نقاط جمعیتی مهیا نمی‌نماید. یک سری اطلاعات نقشه‌ای جهانی مثل نقشه های عملیاتی دریانوردی که توسط مرکز نقشه برداری دفاعی تهیه شده است، وجوددارد. اما این نقشه‌ها هر ده سال تولید شده و یا قدیمی‌اند. خطوط نواحی جمعیتی که طرح نواحی شهری را نشان می‌دهند و در نقشه رقومی جهان نمای مرکز نقشه برداری نظامی قابل دسترسی هستند، از نقشه‌های عملیاتی دریانوردی دیجیت شده‌اند. بنابراین داده‌های قدیمی را به نقشه‌های جدید رقومی تبدیل می‌کنند.

به نظر می‌رسد توانایی سنسورهای ماهواره‌ها در بدست آوردن یک پوشش کره‌ای متناوب عامل بالقوه‌ای جهت تولید و بروزدرآوردن نقشه‌های جهانی شهرها و شهرکها باشد.متأسفانه بازشناسی نواحی شهری و روستاها و شهرکها، توسط داده‌های ماهواره‌ای با توان تفکیک کم که از رادیومتر پیشرفته نوآ با توان تفکیک بسیار بالا(AVHRR) گرفته شده، با توجه به فقدان عوارض طبقی مشخص، بسیار مشکل است. از آنجایی که عوارض فضایی مانند شبکه ارتباطی جاده‌ها و ساختمانها می‌توانند با استفاده از داده‌های با تفکیک فضایی بالا که توسط لندست، اسپات و ماهواره‌های دیگر تولیدشده‌اند بازشناسی شوند، پیش‌بینی‌های تولید و بروزدرآوردن یک نقشه جهانی که نشان دهد جمعیت در کجا متمرکز شده‌اند، حتی از یک نقطه ثابت کسب اطلاعات دلهره آور است .

از دهه ۱۹۷۰ تاکنون برنامه ماهواره هواشناسی دفاعی نیروی هوایی ایالات متحده (DMSP) توانایی و قابلیت سنجنده‌های ماهواره را در کشف انتشار طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک از شهرها و شهرکها، اداره و کنترل کرده است.

سیستم عملیاتی اسکن خطی DMSP که به اختصار OLS خوانده می‌شود تصویرسازی روزهنگام و شب هنگام کره زمین را در دو باندطیفی مرئی(VIS) و مادون قرمز حرارتی (TIR) فراهم می‌کند. مسیر باندمرئی در هنگام شب، بخش مرئی و مادون قرمز نزدیک از باند طیفی را دربرمی‌گیرد($0.5\mu M$ تا $0.9\mu M$). سیگنال باند مرئی با استفاده از لوله‌های تقویت نور(PMT) در شب تشدید می‌شود و امکان کشف منابع ضعیف انتشار VNIR را فراهم می‌کند. سیستم PMT برای ردیابی و کشف ابرها در

شب تجهیز شده است. کشف یا ردیابی نور شهرها، مشعلهای گاز و آتش سوزی، نتیجه پیش بینی نشده‌ای از افزایش نورشب هنگام می‌باشد. نگاره(۱) نور شهرها را در اروپا در ۶ژانویه ۱۹۹۵ نشان می‌دهد.

استفاده بالقوه از داده‌های شب هنگام (OLS) برای مشاهده نورشهرها و منابع دیگر انتشار(VNIR) اولین بار در دهه ۱۹۷۰ توسط کرافت(۱۹۷۹،۱۹۷۸،۱۹۷۳) عنوان شد. باوجوداین طی بیست سال اول کار DMSP، هیچ بایگانی رقومی، مهیا نشد و تنها نوار فیلمهای استریپ برای انجمن علمی قابل دسترسی بود. سالیوان(۱۹۸۹) یک تصویر جهانی با توان تفکیک ۱۰ کیلومتر از منابع انتشار(VNIR) مشاهده شده توسط(OLS) تولیدکرد و برای این کار از نوارهای فیلم موجود در مرکز ملی داده‌های برف و یخ استفاده نمود.در سال ۱۹۹۲ (DOD) و نوآ یک بایگانی رقومی برای برنامه‌های DMSP در مرکز ملی اطلاعات ژئوفیزیکی نوآ NGDC تأسیس نمودند.

نگاره(۱): نورشهرهای اروپا، مشاهده شده توسط(DMSP-OLS) در ۶ ژانویه ۱۹۹۵

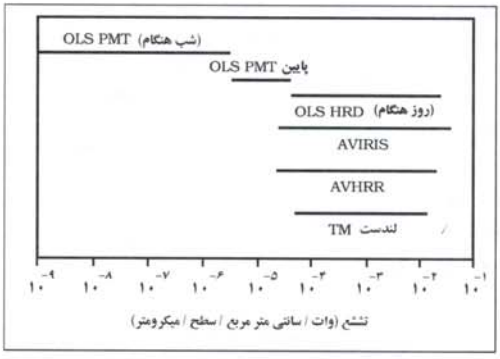
نتایج اخیربدست آمده توسط داده‌های رقومی DMSP-OLS پیشنهاد می‌کند که یک نقشه جهانی از نورشهرها می‌تواند به طور آماده تولیدشده و به روز شود.طی سال گذشته نویسندگان مقاله الگوریتم هایی را برای بازشناسی و تعیین موقعیت زمینی منابع انتشار(VNIR) در تصاویرشب هنگام (OLS) ایجاد کرده‌اند. سپس تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی به کارگرفته می‌شود تا مراکز ثابت انتشار(VNIR) راکه توسط روستاها، شهرک‌ها و شهرها تولیدمی‌شوند از مراکز انتشار زودگذر ناشی از آتش سوزیها تشخیص دهد.

این مقاله مشخصات بی‌نظیر OLS را توصیف می‌کند که آن را قادر ساخته تا منابع ضعیف انتشار VNIR را مشاهده کند و روشهایی را طرح ریزی کندکه برای ساخت و ایجاد نقشه‌های منابع انتشار VNIR ایجادشده‌اند.

سیستم عملیاتی اسکن خطی DMSP

سیستم عملیاتی اسکن خطی (OLS) یک رادیومتر با اسکن نوسانی است که برای تصویرسازی ابرها با دوباند طیفی (VIS) و (TIR) و با یک مسیر تقریباً ۳۰۰۰ کیلومتری طراحی شده است. گذرگاه باند(VIS) بخش مرئی و مادون قرمز نزدیک(VNIR) طیف نور را دربرمی‌گیرد. پهنای این مسیر گسترده برای پوشش کره‌ای، در چهار زمان از روز شامل هنگام طلوع، روز، هنگام غروب و شب فراهم شده است. سکوهای (DMSP) با استفاده از چهار ژیروسکوپ ثابت شده‌اند(پایداری ۳ محوره) و جهت سکو نیز با استفاده از یک نقشه بردار ستاره، یک سنجنده زمین بین و یک رديـاب خورشیدی تنظیم شده است.

قابلیت‌های سنجش نور کم و ضعیف(OLS) در شب، اندازه گیری تشعشعات باند مرئی را تا کمتر از 10^{-9} (وات / سانتی مترمربع / سطح / میکرومتر) مجاز می‌کند و این چهار مرتبه بزرگتر از منظور اصلی سکو است و از داده‌های باند مرئی روز هنگام(OLS) یا باندهای مرئی و مادون قرمز سنجنده‌های دیگر مثل رادیومترهای بسیار پیشرفته نوآ، نقشه بردار موضوعی لندست یا طیف سنج هوایی تصویر بردار مرئی و مادون قرمز ناسا(AVIRIS) نیز حساستر است.(نگاره(۲) را ببینید)



نگاره (۲): مقایسه محدوده مرئی ومادون قرمز پویا در (AVHRR,DMSP-OLS) نوآ، (AVIRIS)ناسا، و نقشه بردار موضوعی لندست

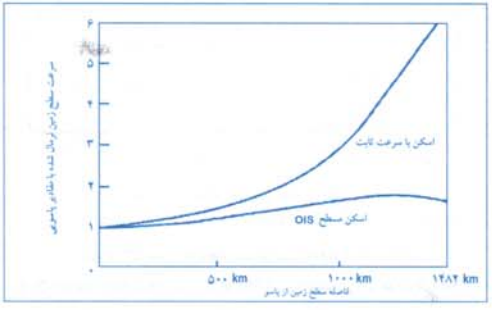
سیستم PMT باند مرئی، تکمیل شد تا ردیابی و کشف ابرها را درشب، با استفاده از نورماه آسان کند. با محوشدن نور خورشید، شدت نور به سری اطلاعات بی‌نظیری منتج می‌شود که در آن نورشهرها، مشعلهای گاز، ابرهای روشن شده با رعدوبرق و آتش سوزیها می‌تواند مشاهده شود.

بازیافتهای باند مرئی داخل دستگاه برپایه روشن سازی منبع تصاویری محاسبه می‌گردد که از ارتفاع خورشید، ماه و منظر قمری پیش بینی شده‌اند. بازیافت اساسی هر ۰/۴ میلی ثانیه توسط یک الگوریتم بازیافت داخلی در طول اسکن اصلاح می‌شود. به علاوه یک الگوریتم (BRDF) (عملکرد توزیع بازتاب در دو مسیر) بازیافت را در بخشی از اسکن که زاویه روشنایی

به زاویه مشاهده نزدیک شده و موجب بازتاب طیفی بارزی می‌شود، بیشتر تعدیل می‌کند.

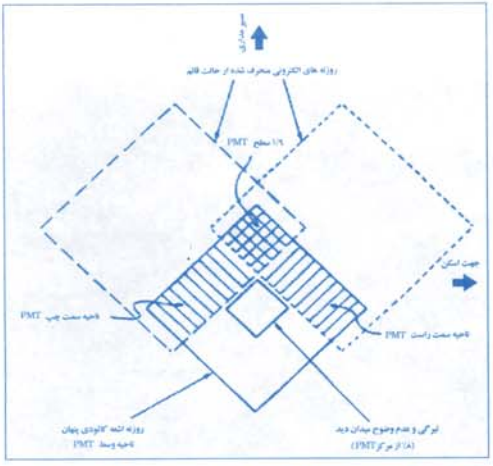
هدف دونوع تغییربازیافت درطول اسکن، این است که تصویرساز ی پایداروقابل رؤیت ابرهارادرسرتاسرزاویه اسکن برای استفاده هواشناسان نیروی هوایی تولیدکند. طی دواز ده شب تاریک تردوره قمر(اهله قمر) روشن ساز ی جهت ردیابی ابرهادربانده‌رئی بسیارکم است. تحت این شرایط الگوریتم BRDF ونیزتأثیرات بازیافت درطول اسکن به حداقل رسیده ولی خودبازیافتهابه سطح ماکزیمم ماهانه خودمی‌رسند. دونوع توان تفکیک فضایی که درآن داده‌ها می‌توانند آماده شوند وجوددارد. داده‌های تمام تفکیکی که دارای توان تفکیکی فضایی و اسمی ۰/۵۶ کیلومتر است، به عنوان داده‌های با توان تفکیک بالا(fine) خوانده می‌شود. معدل گرفتن از بلوکهای ۵ در ۵ داده‌های تفکیک بالا در داخل دستگاه، داده‌های یکنواختی با تفکیک فضایی اسمی ۲/۸ کیلومتر تولیدمی‌کند. بیشتر داده‌های دریافتی از مرکز ملی داده‌های ژئوفیزیکی نوآ (NOAA-NGDC) به شیوه تفکیک فضایی یکنواخت می‌باشد.

سیستم (OLS) چندین روش را به کارمی‌گیرد تا بزرگ شدن ابعاد پیکسلهایی راکه معمولاً نتیجه اسکن متقاطع هستند، متوقف نماید. (لیسک ۱۹۸۱) OLS یک حرکت اسکن مسطح (سینوزوئیدال) را شکل می‌دهد که فاصله نمونه زمینی(GSD) تقریباً ۵۶۰ متری را از یک پیکسل به پیکسل دیگر در طول مسیر و در تمام زاویه اسکن در داده‌های تفکیک بالا حفظ می‌کند. (نگاره (۳))



نگاره (۳): یکنواختی سرعت اسکن سطح زمین در DMSP-OLS منبع تصویر از یک شرکت الکتریکی

فاصله نمونه زمینی در طول اسکن برای داده‌های تفکیک بالا از ۰/۳۱ کیلومتر در پاسو(NADIR) شروع شده و بطور آهسته به ۰/۵۵ کیلومتر در فاصله ۱۲۰۰ کیلومتری پاسو رسیده و مجدداً با پایان یافتن اسکن تا ۰/۵ کیلومتر کاهش می‌یابد. تصویر ردیاب به عنوان عملکرد زاویه اسکن، می‌چرخد. شکل، اندازه و جهت ردیابهای OLS برای برآورد پیشرفت این چرخش و کم کردن گسترش میدان دید لحظه‌ای مؤثر(EIFOV) در زوایای اسکن مایل (off-Nadir) طراحی شده است. به علاوه روزنه الکترونی (PMT) بطور مغناطیسی، طی ربع خارجی هر اسکن بسته می‌شود.(نگاره(۴)) و مجدداً اندازه تصاویر ردیاب را در سطح زمین کاهش می‌دهد. تغییرات نقشه سازی(Projection) تصویر ردیاب در طول اسکن برروی سطح زمین در نگارهٔ ۵ نشان داده شده است. میدان دید لحظه‌ای مؤثر باند مرئی داده‌های شب هنگام با تفکیک بالا از ۲/۲ کیلومتر در پاسو شروع شده و به ۴/۳ کیلومتر در ۷۶۶ کیلومتری دور از پاسو افزایش می‌یابد. بعد از اینکه روزنه بسته شد، میدان دید لحظه‌ای (IFOV) به ۳ کیلومتر رسیده و درلبه خارجی اسکن نیز تا ۵/۴ کیلومتر، توسعه می‌یابد. بنابراین میدان دید لحظه‌ای مؤثر اساساً بزرگتر از فاصله نمونه زمینی در هر دوجهت طول مسیر و طول اسکن می‌باشد.

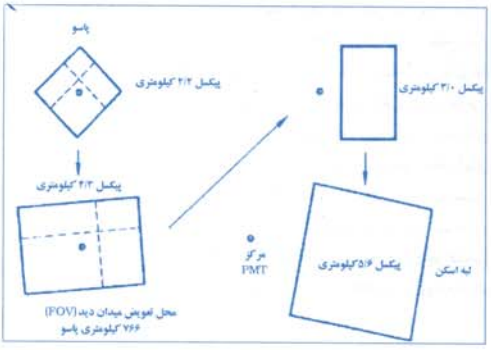


نگاره(۴): بسته شدن روزنه لوله تقویت نوردر(DMSP-OLS).این بسته شدن، اندازه تصاویرردیاب رابرسطح زمین درطی اولین وآخرین ربع هراسکن کاهش می‌دهد. منبع تصویراز یک شرکت الکتریکی

تولیدسری داده‌ها از نورشهرهای ایالات متحده

به منظور مناسب کردن فرایندهای تولید یک نقشه جهان نما از منابع انتشار باندمرئی و مادون قرمز نزدیک، ما یک سری اطلاعات از نورشهرها برای ایالات متحده بدست آورده‌ایم که از داده‌های تفکیک یکنواخت OLS استفاده کرده است. روشها شامل موارد زیراست:

- ردیابی و تعیین موقعیت زمینی منابع انتشار VNIR و ابرها از میان تعداد زیادی از تصاویر شب هنگام مسیر OLS
- نقشه برداری آنها در یک شبکه مرجع ثابت و
- استفاده از تحلیل سریهای تصاویر چندزمانه به جهت اینکه نورهای ثابت شهرها، شهرکها و تسهیلات صنعتی از نورهای زودگذر برخواسته از آتش و رعدوبرق تشخیص داده شود.



نگاره(۵): نقشه سازی از تصاویر ردیاب باندمرئی شب هنگام(OLS) برروی زمین. منبع تصویراز یک شرکت الکتریکی

استفاده از سریهای زمانی لازم است تا مطمئن شویم که هر سطح از زمین با مشاهدات بدون ابر کافی پوشش داده شده است، تا حضور یا فقدان انتشار فضایی ثابت(VNIR) تعیین گردد. پوشش سنگین ابر، ردیابی منابع انتشار VNIR را منقطع می‌کند و پوشش سبکی از ابر، باعث می‌شود تا نورهای سطح زمین پراکنده شده و بیش از حدواقعی خود نمودیابند.

توسعه تصاویرچند زمانه مرتبط فضایی مستلزم استفاده از یک شبکه مرجع یا توان تفکیکی بالاتر از تصویرسازی ورودی است. ما یک شبکه یک کیلومتری را بکاربردیم که برای سیستم تصویر جهان نمای یک‌کیلومتری رادیومتر بسیارپیشرفته با توان تفکیک بسیاربالای (NASA USGS) تهیه شده بود.(ایدن شینک و ناوندین ۱۹۹۴) تا مانع انجام سیستم گوده هومولوزاین شود.(گوده، ۱۹۲۵؛ استین واند، ۱۹۹۴). این سیستم تصویر، بهینه شده است تا اندازه سلولهای شبکه را در کل عرضهای جغرافیایی و توده‌های متصل خشکی(به جز قاره جنوبگان) بطور یکسان فراهم کند. این موارد خصوصیات مطلوبی هستند تا سری داده‌های خشکیهای جهان از تصویرسازی سلولی(راستری) تولیدشود.(استین واند، ۱۹۹۴) از آنجایی که یک سری تصاویرزمانی گردآوری شده است بنابراین امکان تحلیل داده‌ها فراهم شده است تا منابع انتشار ثابت (VNIR) (شهرها، شهرکها و نقاط صنعتی) را از منابع زودگذر (VNIR) ناشی از حوادثی مانند آتش سوزی مشخص سازند.

تعیین موقعیت زمینی

الگوریتم و روش ما در تعیین موقعیت زمینی به روش جدیدی انجام می‌شود. یعنی تصویرکردن نقطه مرکزی هر پیکسل بر روی سطح زمین. الگوریتم تعیین موقعیت زمینی، طول و عرض جغرافیایی مراکز پیکسلهایی را برآوردمی‌کند که بر پایه مسیر مدار ماهواره برروی زمین، ارتفاع ماهواره، معادلات زاویه اسکن OLS، یک مدل سطح دریاهای آزاد زمین و داده‌های رقومی عوارض زمینی بنیاد شده است. مسیر زمینی هر مدار با استفاده از مشاهدات روزانه مسیر مایل رادار ماهواره شکل می‌گیرد (که توسط فرماندهی فضایی وابسته به نیروی دریایی مهیا شده است) این مسیر به عنوان داده ورودی به یک مدل مکانیک مداری نیروی هوایی واردمی‌شودکه موقعیت ماهواره را هر ۰/۴۲۰۸ ثانیه محاسبه می‌کند. در اوج واقع شدن ماهواره توسط محاسبه تانژانت مسیر مداری برآورد می‌شود. ما از یک مدل بیضوی سرپهن از سطح دریا استفاده کرده‌ایم و پایه عوارض زمینی را(رو و هستینگز، ۱۹۹۵) به عنوان مبنای ارتفاع رقومی عوارض درنظر گرفته‌ایم.

شبکه مرجع

یک شبکه مرجع سه هزار خط در پنج هزار نمونه پیکسل یک کیلومتری از شبکه مرجع جهانی استخراج شده است که برای پروژه یک کیلومتری (AVHRR) ایجاد شده بود(ایدن شینگ و فوندین، ۱۹۹۵) شبکه مرجع ما از خط ۳۰۰۰و نمونه ۶۷۰۰شبکه بزرگتر جهانی شروع می‌شود. برای انتقال داده‌های تعیین موقعیت شده زمینی OLS به داخل شبکه مرجع ما نزدیک‌ترین سلول شبکه را به طول و عرض جغرافیایی مرکز پیکسل (OLS) یافته و بلوکهای پیکسلی سه در سه در اطراف آن قراردادیم.

انتخاب تصویر و زیرمداربردن آن

کل ۲۳۶ داده تفکیک یکنواخت مدارهای OLS که ایالات متحده را پوشش می‌دهند، از بایگانی DMSP از تاریخ اکتبر ۱۹۹۴ تا مارس ۱۹۹۵ انتخاب شده‌اند. ۵۰ مدار از ماهواره (F-10) و ۱۸۶ مداراز ماهواره (F-12) بدست آمده است. دوره زمانی انتخاب شده اکتبر تا مارس، به دلیل تکمیل بودن آرشیو طی این مدت زمانی و نیز جهت اجتناب کردن از روشنایی خورشیدی که در قسمتهای شمالی این نواحی طی مدت انقلاب تابستانی وجود خواهدداشت، انتخاب شده است. از مدارهای شبانه، مدارهایی انتخاب شده‌اندکه ماه در آن از نیمه کمتر است. با تنظیم مدارها برای این که تنها داده‌های تصویری در برگیرنده منطقه ۲۰ تا ۵۵ درجه عرض شمالی باقی بمانند، حجم داده‌ها بیشتر کاهش یافته است.

حذف درخشندگی

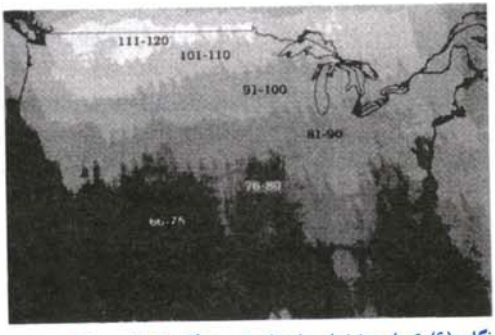
یک تأثیر مخالف با تقویت نور PMT این است که OLS کاملاً به نور پراکنده خورشید حساس است. تحت شرایط هندسی ویژه، قسمتهایی از OLS توسط نورخورشید روشن شده و نور پراکنده خورشید وارد تونل سیاه اپتیکی می‌شودکه تلسکوپ OLS در آن تعبیه شده است. نتیجه این امر داده‌های اشباع شده باندمرئی است که قسمتهای زیادی از تصویر رادربرمی‌گیرد، یعنی شرایطی که به عنوان «درخشندگی» به آن اشاره می‌شود. شکل واقعی و موقعیت مداری درخشندگی در طول سال تغییر می‌یابد. تعدادکمی از مدارهای مورد استفاده اولین بار در قسمتهای شمال غربی ایالات متحده با درخشندگی مواجه شدند.

یک الگوریتم خودکار جهت تعیین و حذف درخشندگی از تصاویر

OLS ایجادشد. درخشندگی زمانی ردیابی می‌شود که بلوکهای پیکسلی ۴۰ در ۴۰، با همه پیکسلهای دارای عدد رقومی DN اشباع شده که از ۶۳ به بعد شمارش شده‌اند، مقایسه شوند. ردیابی بلوکهای پیکسلی اشباع شده یک جستجوی گسترده رابرای تمامی پیکسلهای مطابق با عدد DN ۴۰ یا بزرگتر از آن آغاز می‌کند. اعداد DN برای این پیکسلها تا صفر تنظیم شده است. برای ردیابی و تعیین درخشندگی اندازه سلول ۴۰ در ۴۰ انتخاب شده است تا از این که شهرهای بزرگ را اشتباهاً به جای درخشندگی درنظر بگیرند، اجتناب شده و اختلافات در اندازه و شکل درخشندگی اصلاح شوند.

مسیر پوششهای مداری

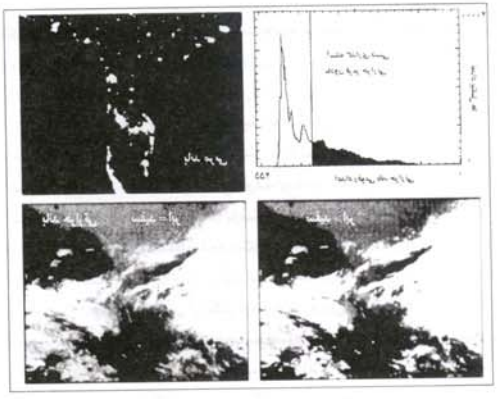
تعداد پوششهای داده‌های OLS برای هر یک از سلولهای ۱ کیلومتری در شبکه مرجع، توسط تعیین موقعیت زمینی محیط بیرونی داده‌های بدون صفر هر مدار(از دست دادن داده ها ارزشی معادل صفر دارد) و نیز توسط تصویرکردن سلول‌ها به داخل شبکه مرجع، تعیین شده‌اند. نواحی داخل چندضلعی‌ها ارزش ۱ گرفته‌اند. سپس تعدادکل پوششها برای هر سلول شبکه با افزودن ارزش تمامی چندضلعی‌های پوششی در سریهای زمانی تعیین شده است. طی این فرایند مشخص شده است که ۵ مدار از ۲۳۶ مدار بیرون آورده شده از بایگانی، هیچ داده‌ای را بین ۲۰ تا ۵۵ درجه عرض شمالی شامل نمی‌شود. بنابراین تعداد مدارات شامل داده‌های قابل استفاده، تا ۲۳۱ عدد کاهش می‌یابد. تعداد کل پوششها برروی نواحی خشکی شبکه مرجع از ۵۰ تا ۱۲۰ درجه بندی شدند (نگاره ۶) بالاترین تعداد پوشش در شمالی‌ترین قسمت شبکه مرجع رخ می‌دهد. تعدادی از مدارات ماهواره (F-10) در قسمت جنوبی شبکه فاقد اطلاعات هستند. به علاوه پوشش جانبی بیشتری بین مدارات در قسمت شمالی شبکه مرجع وجوددارد.



نگاره (۶): تعداد پوششهای داده‌های شب هنگام (OLS) در شبکه مرجع ایالات متحده

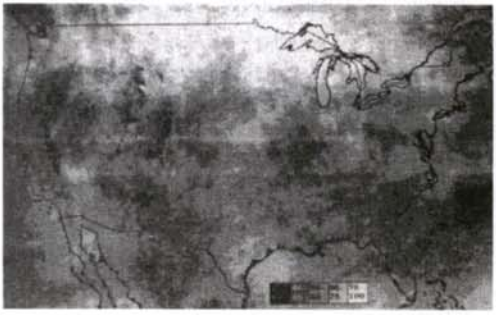
نشان دادن ابرها

به دلیل حضور سطح پایین نوردهی ماه در قسمت مداری، ممکن نبود تا باندمرئی را برای نمایش ابرهابکاربرد. (نگاره (۵)) نشان دادن ابرها کاملاً بر پایه آستانه گذاری روی باند TIR می‌باشد. ابرها بطورکلی سردتر از سطح زمین هستند. باوجوداین، جداسازی پیکسل ابرها از پیکسلهای سطح زمین با استفاده از آستانه گذاری TIR، به دلیل تغییرات دما در سطح زمین با توجه به اختلافات فصلی و اختلاف عرضهای جغرافیایی و نیز تغییرات ارتفاعی، امری پیچیده است. جداسازی ابرها از پیکسلهای سطح زمین در عرضهای پایین نسبتاً آسان است. چراکه عموماً اختلاف دمایی زیادی بین پیکسلهای بالای ابرها و پیکسلهای شامل خشکی یا اقیانوس وجوددارد. به دلیل تأثیرات قوی عرض جغرافیایی بر آستانه TIR برای نمایش ابرها در داده‌هایمان، ما هر یک از ۲۳۱ بخش مداری را از قسمت عرض جغرافیایی به ۵ باند تقسیم نموده و بصورت چشمی آستانه‌ای از TIR را برای تفکیک پیکسلهای ابر انتخاب کردیم. (نگاره (۷)).



نگاره(۷): ابرها توسط انتخاب دستی حدآستانه، روی یک نمودراز باندحرارتی مشخص می‌شوند.

پیکسلهای ابر در هر مدار تعیین موقعیت زمینی و سپس به داخل یک شبکه مرجع تصویرسازی شدند، تا به عنوان شمارشگر حفظ و نگهداری شده و مقادیر سلولهای شبکه برای هر مدار که یک ابر در آن وجوددارد یکی یکی افزایش یابد. سپس تعدادکل مشاهدات بدون ابر در شبکه مرجع توسط کاستن تعداد ابرها از تعدادکل پوششها تعیین می‌شود.(نگاره (۸)) بیشتر نواحی خشکی در شبکه مرجع ۴۶ تا ۱۰۰ مشاهده بدون ابر داشتند. آن نواحی که کمتر از ۴۶ مشاهده بدون ابر داشتند عموماً در نواحی مرتفع ثلث غربی شبکه قرار گرفته بودند؛ یعنی جایی که توده‌های برف احتمالاً به جای پوشش ابر در داده‌های باند TIR ماهواره OLS اشتباه گرفته شده بود. کمترین تعداد مشاهدات بدون ابر(۱۹ مورد) در سیرانوادای کالیفرنیا رخ داد. نواحی دارای بالاترین تعداد مشاهدات بدون ابر، در قسمت شمالی شبکه مرجع هستند و این واقعیت را منعکس می‌کنند که این نواحی بالاترین تعداد مشاهدات را دارند.(نگاره (۶))



نگاره (۸): تعدادمشاهدات بدون ابرداده‌های OLS درشبکه مرجع

تشخیص منابع انتشار VNIR

به دلیل اختلافات روشنایی که در داخل و مابین مدارات رخ می‌دهد، ممکن نیست که تنها یک حد و آستانه برای عدد رقومی (DN) جهت تشخیص منابع انتشار باندمرئی و مادون قرمز نزدیک تنظیم نمود. ما برای ردیابی اتوماتیک منابع انتشار VNIR در داده‌های شب هنگام OLS، الگوریتمی ایجادکردیم که از آستانه‌هایی برپایه زمینه محلی استفاده می‌کند.

نگاره (۹): الگوریتم برداشت نور اعمال شده برروی بلوکهای پیکسلی ۲۰×۲۰ توسط انتخاب اتوماتیک یک حدآستانه بر پایه هیستوگرام بدست آمده از بلوک پیکسلی ۵۰×۵۰ احاطه کننده

نورها در بلوکهای پیکسلی ۲۰ در ۲۰ با یک پس زمینه محلی از هم جداشده‌اند که این پس زمینه از روی بلوک پیکسلی ۵۰ در ۵۰ احاطه کننده آن رسم شده است. این الگوریتم جداسازی نور پیکسلهای درخشان را از یک سری پیکسل زمینه انتخاب شده، حذف می‌کند؛ سپس این پیکسلها جهت تعیین آستانه روشنایی برای تشخیص منابع انتشار VNIR تجزیه و تحلیل می‌شوند. آستانه منتج برای بلوکهای پیکسلی ۲۰ در ۲۰ مرکزی، درون بلوکهای پیکسلی ۵۰ در ۵۰ بکار گرفته شده است.(نگاره (۹)) مراحل پردازش یک تصویر با کنار هم چیدن نتایج بلوکهای پیکسلی ۲۰ در ۲۰ همجوار بدست می‌آید. ترتیب قرارگیری بلوکهای ۲۰ در ۲۰ داخل بلوکهای ۵۰ در ۵۰ برای فراهم کردن پردازش سریع زیر مدارات و برای اصلاح تغییرات روشنایی زمینه، طراحی شده است. تعیین آستانه محلی برای یک بلوک ۲۰ در ۲۰، چهارصد بار سریعتر از اعمال یک آستانه جدید برای هر پیکسل منفرد است. بین بلوکهای پیکسلی ۵۰ در ۵۰ بیرونی، که قبلاً پس زمینه را تولید می‌کرد، ۶۰٪ پوشش جانبی وجوددارد. نتیجه این امر در انتقال یکنواخت سطوح آستانه، به حداقل رساندن اختلافات آستانه بین بلوکهای پیکسلی ۲۰ در ۲۰ همجواراست.

توزیع مقادیر DN در هر سلول از بلوکهای ۵۰ در ۵۰ برای تعیین یک سری از پیکسلها به عنوان پس زمینه محلی تجزیه و تحلیل می‌شود. مقادیر DN باند مرئی، از صفر تا ۶۳ تغییر می‌یابد. صفرها داده‌های از دست رفته و ۶۳ها پیکسلهای اشباع شده هستند. حدپایین پس زمینه، DN برابر ۱ می‌گیرد.حد بالای پس زمینه با استفاده از توزیع فراوانی تعداد پیکسلها در مقابل مقادیر DN و با شروع کردن از ۶۳ = DN وادامه کار به طرف پایین معین شده است، توزیع فراوانی نیز برای ردیابی اولین مقدار DN تجزیه و تحلیل می‌شود یعنی جایی که ۵ مخزن متوالی DN بیش از ۰/۴ درصد از تعدادکل پیکسلها را دارا باشد.

تشخیص نورهای ثابت

بعد از اینکه منابع انتشار VNIR و ابرها تشخیص داده شدند، پیکسلهای بدون ابر شامل منابع انتشار VNIR برروی زمین تعیین موقعیت شده و در داخل شبکه مرجع قرار داده می‌شوند. برای هر مدار یک شبکه مرجع مسطح تولید شده است.

نگاره (۱۰): نور شهرهای ایالات متحده نشان داده شده با نمایش تمامی موقعیت‌های شبکه مرجع که منابع انتشار VNIR را حداقل در ۱۰ درصد از مشاهدات بدون ابر(به رنگ سفید) داشته است

یک شمارشگر از سریهای زمانی عبور کرده تا تعداد دفعات نور بدون ابری که در هر سلول شبکه ردیابی شده بود، معین کند. سپس این مقدار بر

تعداد کل مشاهدات بدون ابر (نگاره (۸)) تقسیم شده و در ۱۰۰ ضرب می‌شود. این کار به همراه انتشار VNIR ردیابی شده در هر سلول از شبکه که منحصراً بر روی مشاهدات بدون ابر OLS بنا گردیده بود، رقم درصد فراوانی را بدست می‌دهد.

نتایج

نتایج اصول پردازش ما، در نگاره (۱۰) نشان داده شده است. تصویری از شبکه مرجع که فراوانی نورهای بدون ابری را که در هر سلول شبکه ردیابی شده‌اند، نسبت به تعداد کل مشاهدات بدون ابر (نگاره (۸)) نشان می‌دهد. اکثریت عوارض ردیابی شده، نورشهرها و شهرکها هستند. ردیفی از سکوهای نفتی را در خلیج مکزیک، جنوب لوئیزیانا می‌توان مشاهده کرد. تعدادی از عوارض مشخص شده برروی زمین (چنانکه هنوز هم نامعین هستند) صنایع مجزا، تولیدات گاز و نفت و مناطق استخراج معدن است.

امتحانی از سطح مقطعها از نورشهرها در نگاره (۱۰) بیان می‌کند که نوعاً یک ناحیه مرکزی با تعداد بالایی از مشاهدات نور وجود دارد و اینکه فراوانی مشاهدات نور به سرعت در لبه‌های عوارض کاهش می‌یابد. مثالهای چندی از این عارضه در سطح مقطع پایین نگاره (۱۱) نشان داده شده است. ما عقیده داریم که این عارضه ناشی از خطا در تعیین موقعیت زمینی نورها، کشف زیرپیکسلهای نورها و پراکندگی نورها زیر مه ردیابی نشده و پوشش نازک ابری می‌باشد. باند مادون قرمزحرارتی OLS، توانایی محدودی برای کشف ابرهای گرم مثل مه دارد.

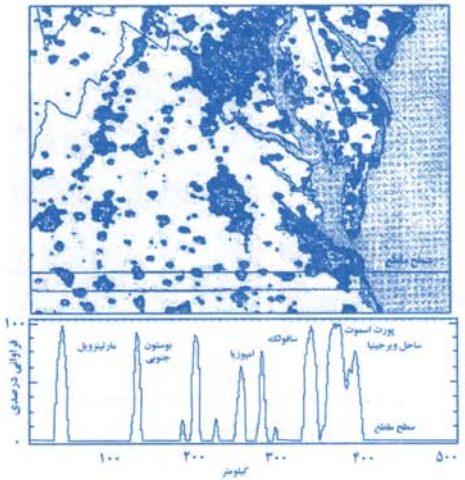
نگاره (۱۱) نورهای ثابت معین شده را برای واشنگتن، نواحی جریان مستقیم برق، به همراه نوار ساحلی، مرز ایالات، جاده‌های اصلی و خطوط نواحی جمعیتی که از روی نقشه رقومی جهان بدست آمده، نشان می‌دهد. (OLS) تقریباً نورهای ثابت همه خطوط نواحی جمعیتی نقشه رقومی جهان را معین کرد. با وجوداین نورهای ثابت OLS، نواحی بزرگتر از خطوط نواحی جمعیتی نقشه رقومی جهان را پوشش می‌دهد. این عجیب نیست که خطوط نواحی جمعیتی نقشه رقومی جهان از یک نقشه تولید شده در ۱۹۷۰ رقومی شده است و شامل مقادیر رشد شهری -زیرشهری در طی ۲۵ سالی که گذشت نمی‌شود.

نتیجه گیری

سیستم عملیاتی اسکن خطی برنامه ماهواره هواشناسی دفاعی (DMSP-OLS) توانایی بی‌نظیری برای ردیابی منابع انتشار مرئی و مادون قرمز نزدیک در شب و تا حدود تشعشع 10^{-9} وات /سانتی مترمربع/سطح/ میکرومتر دارد که این چهارمرتبه بزرگتر از منظور اصلی ماهواره و از حداقل تشعشعات VNIR قابل ردیابی توسط سنسورهای بهینه شده ماهواره جهت مشاهده تشعشع منعکس شده روزهنگام خورشیدی نیز کمتر می‌باشد. (یعنی نورهای ضعیف‌تر را نیز ردیابی می‌کند).

از دهه ۱۹۷۰ معلوم شد که نورشهرها، شهرکها، نقاط صنعتی و مشعلهای گاز با داده‌های شب هنگام DMSP-OLS قابل ردیابی است. در دهه ۱۹۸۰ چندین نقشه با مقیاس ناحیه‌ای و جهان نما از منابع انتشار VNIR، با استفاده از داده‌های آنالوگ (فیلم) تولید شدند. ما اولین روش را برای نقشه کشی نورشهرها با استفاده از داده‌های رقومی OLS بیان می‌کنیم.

روش رقومی برای نقشه برداری نورشهرها از داده‌های DMSP-OLS داده‌های تعداد زیادی از مدارات را، با استفاده از یک زمینه محلی (ناحیه‌ای) برای ردیابی منابع انتشار VNIR و نمایش پوشش ابر بکارمی‌گیرد. ابرها می‌توانند نورهای VNIR منتشر شده از سطح زمین را محو یا پراکنده سازند. بنابراین ردیابی ابرها برای اطمینان یافتن از اینکه مشاهدات بدون ابرکافی در هر ناحیه خشکی صورت گرفته یا نه و برای حذف کردن نورهای پخش شده توسط ابرها، بسیارضروری است. این فرایندها باعث می‌شود تا نمودار آماری فراوانی از عوارض منفردی که می‌توانند ردیابی شوند، فراهم شده و نیز نورهای شهرکهای کوچکی که در هیچ شبی حتی در شرایط بدون ابر امکان ردیابی شدن ندارند، مشخص شود. بسیاری از شهرها با ۹۰ تا ۱۰۰ درصد مشاهدات بدون ابر ردیابی شده‌اند. باوجود این، شهرکهای کوچکتر با فراوانی کمتر در چند حالت فقط با ۱۰ تا ۲۰ درصد ردیابی شده‌اند.



نگاره (۱۱): نورهای ثابت ناحیه واشنگتن، نواحی جریان مستقیم برق(D.C) به همراه خطوط ساحلی، مرز ایالات و خطوط نواحی جمعیتی مأخوذ از نقشه رقومی جهان. سطح مقطعی از مقادیر درصد فراوانی برای انتشار VNIR در طول خطی که از میان ویرجینیای جنوبی عبور داده شده، در پایین تصویر نشان داده شده است.

نویسندگان، علاوه بر تعیین صحیح موقعیت زمینی، پتانسیل کاهش تأثیرات لبه بر روی زمینه‌ای از نورهای ثابت را بدست می‌آورند. ما اعتقاد

داریم که واضح بودن قابل توجه عوارض می‌توانسته تنها با حفظ پیکسلهایی انجام شده باشد که در قسمتهای بالایی پیک‌های منفرد نمودار درصد فراوانی واقع می‌شوند. تأثیرات لبه می‌تواند در سطح مقطع پایین نگاره (۱۱) مشاهده شود. به دلیل دامنه وسیع مقادیر پیک‌های درصد فراوانی، درنظرگرفتن یک مقدار آستانه ثابت برای واضح سازی عوارض، غیرممکن است. برای مثال، اگر یک آستانه ثابت ۳۰ درصدی بکاربرده شود، عوارضی که در ۹۵٪ از مشاهدات وجود داشته‌اند، دارای وضوح کمتری خواهندشد و عوارضی که در ۲۰٪ مشاهدات حضور داشته‌اند مثل شهرکهای کوچک و روستاها، محو خواهند گشت.

بحثهای اخیر با مهندسین متصدی امور OLS، بیان می‌دارد که تنظیم داده‌های شب هنگام OLS با واحدهای تابش، برپایه کالیبراسیون سنسور قبل از پرواز، عملی و امکانپذیر می‌باشد. ما اکنون علاوه بر کنترل بازیافتها در طول اسکن، الگوریتمهای BRDF را نیز بکارگرفته‌ایم که برای بدست آوردن تابشها از بازیابی دوباره داده‌های شب هنگام OLS لازم است.

در سال آتی ما انتظارداریم تا یک نقشه جهانی از منابع انتشار VNIR ثابت را تکمیل کنیم که برای انجمنهای علمی جهت تحلیل جریانات اجتماعی، زیست محیطی و تأسیسات انرژی قابل دسترس باشد. با تلفیق نقشه نورهای ثابت با مشاهداتی از شبهای منفرد (به صورت تک تک و موردی) ردیابی نقاط تاریک و قهوه‌ای شبکه الکتریکی ناشی از حوادث طبیعی یا انسانی ممکن می‌گردد. در دوره‌های طولانی‌تر ما انتظار داریم که بطور دوره‌ای امکان به روزکردن نقشه جهانی نورشهرها برای ردیابی نواحی توسعه شهری فراهم شود.

انتظارمی‌رود که برنامه DMSP، اداره سنسورهای OLS را دائماً تا بخش بعدی دهه آینده و شاید تا سال ۲۰۱۰ ادامه بدهد. سیستم مجتمع نظامی سنجنده‌های هواشناسی اداره موردنظر نوآ، توانایی دیدن نورهای ضعیف راکه توسط OLS وارد شده حفظ خواهدکرد. بنابراین می‌توان انتظارداشت که نقشه برداری منابع ثابت انتشار VNIR با استفاده از داده‌های شب هنگام ماهواره، منبع ممتد اطلاعات در دهه‌های آتی باشد.

توضیح مترجم

فوتومولتی پلایر (PMT) لوله هایی حاوی چندین صفحه ناشر الکترون (Diode) هستندکه در اثر برخورد نور، الکترون آزاد می‌کنند. هنگامی‌که فوتون نور وارد لوله فوتومولتی پلایرمی‌شود، پس از برخورد با اولین صفحه، به ازای هر فوتون، یک الکترون آزادمی‌شود. این الکترون بوسیله میدان الکتریکی به سمت صفحه بعدی شتاب می‌گیرد و در برخورد با آن صفحه، باعث آزادشدن یک الکترون دیگر می‌شود. این فرایند ادامه پیدامی‌کند تا در انتهای لوله جریانی از الکترونها ایجادشود. هر چه شدت نور ورودی بیشتر باشد، تعداد الکترونهای حاصل (شدت جریان الکتریکی) بیشتر خواهد شد.

(Analogue): صورتی از ثبت داده‌هاکه براساس اصل اندازه گیری پیوسته به جای شمارش گسسته عمل می‌کند.

AVHRR :Advanced Very High Resolution Radiometer
AVIRIS :Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer
BRDF :Bidirectional Reflectance Distribution Function
DMSP :Defense Meteorological Satellite Program
DN :Digital Number
EIFOV :Effective Instantaneous Field of View
GSD: Ground Sampling Distance
IFOV :Instantaneous Field of View
NASA :National Aeronautice and Space Administration
NGDC :National Geophysical Data Center
NOAA :National Oseanic and Atmospheric Administration
OLS :Operational Linescan System
PMT :Photomultiplier Tube
TIR :Thermal Infra-Red
USGS :United States Geological Survey
VIS :Visible
VNIR :Visible and Near-Infra Red