

اولین کنفرانس علمی پژوهشی افق های نوین در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی ایران

گواهی پذیرش مقاله

تاریخ: ۱۳۹۴/۰۵/۲۷

شماره: ۲۰۷

پژوهشگر/پژوهشگران محترم:

حسین صادقی، روزبه شاد

با نظر هیات محترم داوران مقاله شما تحت عنوان:

استفاده از تصاویر ماهواره ای و داده های لایدار در مدلسازی اکوسیستم

در اولین کنفرانس علمی پژوهشی افق های نوین در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی ایران که در راستای توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین در جامعه برگزار گردید، جهت ارائه پوستری مورد پذیرش قرار گرفته و در مجموعه مقالات علمی - پژوهشی کنفرانس به چاپ رسیده است.

دکتر غلامرضا سبزقبايي
رئیس کنفرانس و رئیس انجمن
توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین

دکتر علی دلتی شفیعی
دبیر علمی کنفرانس و رئیس کمیته داوران

www.niconf.ir



انجمن تخصصی معماری و شهرسازی ایران



انجمن تخصصی معماری و شهرسازی ایران



انجمن تخصصی معماری و شهرسازی ایران



انجمن تخصصی معماری و شهرسازی ایران

تهران - ۲۶ تیرماه ۱۳۹۴



انجمن تخصصی معماری و شهرسازی ایران



انجمن تخصصی معماری و شهرسازی ایران



انجمن تخصصی معماری و شهرسازی ایران



انجمن تخصصی معماری و شهرسازی ایران

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های لایدار در مدل‌سازی اکوسیستم

حسین صادقی، روزبه شاد

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- استادیار گروه عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

Email: hosseinsadeghi88@yahoo.com

چکیده

یکی از مهمترین چالش‌های امروزه‌ی بشر تغییرات اکوسیستم و محیط زیست او است. این تغییرات در بعضی از مواقع جان انسان را در معرض خطر قرار داده و یا خسارتهای زیادی در پی خواهد داشت. از این رو امروزه جهت مدل‌سازی و تعیین رفتار پدیده‌های مختلف محیطی از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های لایدار به صورت گسترده جهت پایش و مدل‌سازی رفتار پدیده‌های گوناگون استفاده می‌شود. مزیت اصلی فناوری‌های مذکور امکان استفاده از آنها در حوزه‌ها و مقیاس‌های گوناگون است. همچنین در دسترس بودن آنها و هزینه‌های پایین مدل‌سازی با به کارگیری آنها، باعث شده که این فناوری‌ها بسیار مورد توجه قرار گیرند. از این رو در این مقاله نحوه‌ی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های لایدار جهت آنالیز پدیده‌های محیطی، آشکار تغییرات و مدل‌سازی رفتار آنها، به منظور استفاده از داده‌های مذکور مورد بررسی قرار گرفته و مزیت‌ها و معایب هر یک و چگونگی تلفیق آنها نیز ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی: لایدار، تصاویر ماهواره‌ای، اکوسیستم، مدل‌سازی .

۱. مقدمه

مدل‌سازی اشیاء و محیط پیرامون انسان یکی از اساسی‌ترین تلاش‌های انسان جهت شناخت هر چه بیشتر محیط اطراف و استفاده‌ی بهینه از منابع و ظرفیت‌های آن بود. امروزه ابزارهای فراوانی جهت مدل‌سازی و اخذ اطلاعات از اشیاء و پدیده‌های مختلف توسعه یافته که بدون تماس مستقیم با پدیده‌ی مورد بررسی می‌توان اطلاعات فراوانی از آن استخراج کرد. امروزه با گسترش علم و رشد فناوری‌های گوناگون، انسان توانسته است فعالیت‌های روزمره‌ی خود را با سهولت بیشتری انجام داده و زندگی خود را با راحتی بیشتری همراه کند. گسترش علم و تکنولوژی‌های مختلف باعث شده تا فناوری‌های گوناگونی در زمینه‌های مختلف ایجاد شود و انسان با قدرت هر چه بیشتر بر محیط اطراف خود تسلط یابد. باید گفت از آنجا که انسان نیازهای خود را از محیط اطراف خود به دست می‌آورد و ادامه‌ی حیات او مستلزم بهره‌برداری بهینه از طبیعت اطراف اوست، بنابراین لازم است تا در استفاده از این محیط خدادادی دقت لازم را در نظر داشته و با استفاده‌ی بهینه از آن امکان بهره‌برداری نسل‌های آینده را نیز فراهم آورد. تصاویر ماهواره‌ای یکی از روش‌های مدل‌سازی پدیده‌های مختلف به منظور پایش و مدل‌سازی رفتار آنها به شمار می‌رود که از دهه‌ی ۷۰ میلادی تا کنون به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد [5]. با توجه به طیف الکترومغناطیس، می‌توان سنجنده‌های مورد استفاده در سنجش از دور را به دو گروه سنجنده‌های فعال^۱ (اکتیو) و غیرفعال (پسیو) طبقه‌بندی کرد. در سنجنده‌های پسیو با استفاده از نور خورشید اطلاعات سطح زمین (تصاویر) اخذ می‌گردند. در سنجنده‌های پسیو، جهت اخذ داده، احتیاج به یک منبع خارجی (نور بازتاب شده از سطح زمین در طول روز و انرژی گسیل شده در شب از سطح زمین) می‌باشد. این دسته از سنجنده‌ها معمولاً در سنجش از دور بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. سنجنده‌های فعال در مقایسه با سنجنده‌های پسیو در بسیاری از جهات برتری داشته و به همین جهت استفاده از آنها در چند دهه‌ی اخیر بسیار گسترش یافته است، به طوری که در بسیاری از مقاصد به جای استفاده از تصاویر اپتیکی از تصاویر سنجنده‌های فعال و یا داده‌های آنها به منظور آنالیزهای مختلف استفاده می‌گردد. این سنجنده‌ها امروزه بسیار توسعه یافته و کشورهای مختلفی به منظور اهداف مختلف، سنجنده‌های فعال گوناگونی را به فضا پرتاب کرده‌اند [6].

¹ Active

تصاویر ماهواره‌ای بر اساس طیف یک عارضه تعریف می‌گردد. به عبارتی دیگر مبنای تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود در تصاویر ماهواره‌ای، طیف و یا انرژی ساطع (گسیل) شده از عارضه‌ی زمینی است. بنابراین آنچه که مبنای اخذ اطلاعات از تصاویر می‌باشد، طیف (نور بازتاب شده از جسم زمینی که در واقع حامل انرژی است) آن است. اطلاعات به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای در طول زمان را می‌توان در مدلسازی و پایش پدیده‌های مختلف به کار گرفت. به طور مثال، پایش توسعه و یا عدم توسعه مکان‌های شهری (که در مناطق شهری انجام می‌گیرد و باید تصویر مورد استفاده قدرت تفکیک مکانی بالایی داشته باشند) [10,20]، افزایش بستر رودخانه‌ها و دریاچه‌های فصلی در طول سال [11,4]، اثرات حاصل از سیلاب و خشک‌سالی بر مزارع کشاورزی و علفزارها [23,9]، گسترش و یا نابودی جنگل‌ها و مراتع طبیعی به دلیل خطرات طبیعی و یا استفاده بی‌رویه‌ی انسان از آنها [25,21,8]، بالا آمدن سطح آب اقیانوس‌ها و دریاها با پایش خط ساحلی در دراز مدت [14,3]، زلزله و اثرات آن بر محیط طبیعی [19,7]. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در پایش پدیده‌ها تنها به میزان تغییر آنها محدود نشد، بلکه با استفاده از روش‌های مختلف ریاضی و آمار و مدل‌های پیش-بینی امکان تخمین مواردی مانند: خسارت‌های حاصل، میزان افزایش جمعیت یک شهر [22,17] و... است.

لایدار¹ (Lidar) یکی از سیستم‌های فعال می‌باشد که در سنجش از دور در طول چند سال اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. اساس کار این نوع از سیستم‌ها بر اساس لیزر² (Laser) می‌باشد که طول موج آن در محدوده‌ی مرئی و مادون قرمز نزدیک قرار می‌گیرد. اساس سیستم لایدار بر اندازه‌گیری فاصله یک عارضه تا منبع ارسال لیزر (سیستم لایدار) است. بنابراین بر خلاف تصاویر ماهواره‌ای داده‌های سیستم لایدار از نوع ابر نقطه (مجموعه‌ای از نقاط سه بعدی) است. امروزه با توجه به اینکه انسان شرایط طبیعی کره‌ی زمین را تغییر داده است، پدیده‌های مضر همچون سیلاب‌ها، تسونامی، باران‌های اسیدی و نظیر آن امنیت زندگی او را تهدید می‌کنند. از این رو نیاز است تا با استفاده از ابزارهای دقیق‌تری رفتار آنها را شناسایی کرد تا خطرات و خسارات ناشی از آنها به حداقل ممکن برسد. با وجود اینکه از تصاویر ماهواره‌ای می‌توان در این امر استفاده کرد، ولی استفاده از سنجنده‌های فعال مانند: سنجنده‌های راداری و لایدار نیز می‌تواند علاوه بر افزایش دقت مدلسازی رفتار آنها، امکان مدلسازی پدیده‌هایی با مقیاس بسیار کوچکتر را نیز فراهم آورد [13,15,16]. اهمیت استفاده از سنجنده‌های فعال به خصوص لایدار، فقط به مدلسازی خطرات طبیعی و محیط اطراف خلاصه نمی‌گردد بلکه با توجه به دقت آن کاربردهای این سیستم امروزه بسیار گسترش یافته و حوزه‌ی وسیعی از شاخه‌های مختلف علوم را دربردارد. یکی دیگر از مسائلی که اهمیت استفاده از لایدار را بیان می‌کند، مطالعات مربوط به اتمسفر و هواشناسی است [1,29]. از سیستم‌های لایدار در دیگر زمینه‌های عمران شهری نیز می‌توان استفاده کرد. برای مثال به منظور طرح ریزی اولیه و مکان‌یابی بزرگراهها [26]، (کاهش هزینه‌ها و زمان انجام فاز صفر چنین پروژه‌هایی به شدت کاهش می‌یابد)، میزان جابه‌جایی وسایل نقلیه در خیابانها [28]، حفظ امنیت بزرگراهها [12] و بسیاری دیگر از زمینه‌ها از لایدار استفاده می‌گردد. از آن جهت که سیستم لایدار بر خلاف تصاویر ماهواره‌ای هندسه‌ی عارضه را بسیار با دقت بالا مدلسازی می‌کند بنابراین ترکیب آن با تصاویر ماهواره‌ای (که اطلاعات طیفی را با دقت مناسب ارائه می‌دهند) بسیار می‌تواند سودمند باشد. امروزه استفاده از این شیوه نیز بسیار مرسوم است. در ادامه نحوه‌ی آماده‌سازی و استفاده از داده‌های لایدار و تصاویر ماهواره‌ای جهت آنالیزهای اکوسیستم و مدلسازی رفتار پدیده‌ها ارائه می‌گردد.

۲. مدلسازی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

۲-۱- خطاها و عدم قطعیت‌ها

تصاویر ماهواره‌ای بر اساس انرژی دریافت شده (بازتاب و یا ساطع شده) از عارضه‌ی زمینی توسط سنسور، تشکیل می‌گردند. به طور خلاصه، ابتدا انرژی خورشید که توسط عارضه‌ی زمینی دریافت شده و سپس در فرکانس‌های مختلف بازتاب (باند‌های مرئی و مادون قرمز نزدیک) و یا ساطع (باند‌های ترمال و مادون قرمز دور) شده، باعث تحریک حسگرهای سنسور می‌شود که در فرایند گسسته‌سازی این انرژی، تبدیل به درجه خاکستری در پیکسل می‌شود. بنابراین در فرایند مذکور منابع خطا و عدم قطعیت‌های فراوان (اتم‌سفر، سنسور، اجسام همسایه و...) وجود دارند. از طرفی سیستم مختصات تصاویر نیز بایستی به یک سیستم مختصات زمینی منتقل شوند. این دو فرایند به طور کلی منابع اصلی خطا در تصاویر ماهواره‌ای بوده و بایستی مراحل پیش‌پردازش (که شامل کاهش خطاهای ایجاد شده به واسطه‌ی فرایندهای مذکور است)، همواره در تصاویر ماهواره‌ای انجام گیرند. مرحله‌ی تصحیح هندسی (انتقال سیستم مختصات تصاویر به یک سیستم مختصات زمینی) معمولاً در تمامی آنالیزهای تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از تعدادی نقاط کنترل

¹ Light Detection And Ranging

² Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

زمینی (که در تصاویر وجود دارند و مختصات زمینی آنها نیز معلوم است) انجام می‌گیرد. دقت فرایند مذکور، وابسته به تعداد نقاط کنترل زمینی و مدل ریاضی مورد استفاده است. همچنین در فرایند تصحیح هندسی جهت کاهش خطای مربوط به ارتفاع نقاط زمینی، می‌توان از مدل‌های رقومی استفاده کرد. تصحیح رادیومتریکی (اتمسفری)، فرایند تبدیل درجه خاکستری پیکسل در تصویر، به پارامتر بازتابندگی (انرژی بازتاب شده از یک عارضه تقسیم بر انرژی دریافتی توسط عارضه، در سطح زمین) می‌باشد. به دلیل کامل نبودن تصحیح مذکور (به دلیل پیچیدگی اتمسفر و برهم کنش‌های نور خورشید در آن)، همواره در تصاویر ماهواره‌ای عدم قطعیت‌ها و خطاها وجود دارند. باید دانست که مرحله‌ی تصحیح رادیومتریکی به دو صورت نسبی و مطلق (استفاده از روش‌های تجربی و مدل‌های انتقال اتمسفری) انجام می‌گیرد. از این رو با توجه به نوع مدلسازی لازم است که یکی از روش تصحیح مطلق و یا نسبی رادیومتریکی در تصاویر ماهواره‌ای، به همراه تصحیح هندسی جهت کاهش خطاها و عدم قطعیت‌ها انجام گیرند.

۲-۲- مدلسازی

مدلسازی عوارض و یا رفتار یک عارضه در تصاویر ماهواره‌ای، به دو صورت انجام می‌پذیرد. در روش اول، هدف پیدا کردن رفتار و یا مشخصات یک عارضه در یک مکان مشاهده نشده است. به عبارت ساده‌تر، در این روش رفتار و یا مشخصه‌ی یک عارضه و یا پدیده بر روی سطح زمین اندازه‌گیری شده و سپس به کمک آن و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای این رفتار و یا مشخصه، در دیگر مکان‌های اندازه‌گیری نشده محاسبه خواهد شد. در روش دوم، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای یک پدیده و یا عارضه در طول یک دوره‌ی زمانی مشخص، آنالیز شده و سپس رفتار آن در آینده با استفاده از یک مدل، پیش‌بینی خواهد شد. در هر روش، نحوه‌ی آماده‌سازی و اخذ داده‌ها متفاوت خواهد بود. در نوع اول، داده‌های زمینی با دقت بالا بایستی موجود باشند، علاوه بر آن، لازم است داده‌های زمینی به صورت همزمان با اخذ تصاویر برداشت شوند (جهت جلوگیری از تغییرات زمانی). همچنین فرایند پیش‌پردازش نیز بایستی با دقت بسیار بالا انجام گیرد. ملاحظات لازم در نوع اول، شامل در نظر گرفتن نوع پدیده‌ی مورد بررسی (مقیاس)، حداقل بودن خطاهای اتمسفری در زمان برداشت داده‌های زمینی، استراتژی مناسب در برداشت داده‌های زمینی (با توجه به نوع پدیده و یا عارضه)، انتخاب تصاویر مناسب، حذف خطاهای مربوط به داده‌های زمینی، برداشت داده‌های جی‌پی‌اس زمینی و... است. جهت اعمال مدلسازی عوارض در نوع اول بایستی گام‌های زیر انجام پذیرد. ۱- انتخاب نوع تصویر با توجه به مقیاس عارضه و نوع آن ۲- برداشت همزمان داده‌های زمینی با استفاده از یک استراتژی مناسب به همراه اخذ داده‌های جی‌پی‌اس ۳- کاهش خطاهای داده‌های زمینی ۴- تصحیح هندسی تصاویر (زمین مرجع‌سازی) با استفاده از نقاط جی‌پی‌اس با دقت بالا ۵- تبدیل درجه خاکستری تصاویر به بازتابندگی، با استفاده از مدل‌های فیزیکی (انتقال‌های اتمسفری یا روش‌های تجربی تصحیح مطلق اتمسفری) به همراه تصحیح توپوگرافی با استفاده از یک مدل رقومی زمین ۶- استفاده از روش‌های مختلف مدلسازی جهت ارتباط داده‌های زمینی و داده‌های تصاویر که شامل: رگرسیون خطی و غیرخطی، شبکه‌ی عصبی، الگوریتم ژنتیک و... است. ۷- اعتبارسنجی مدل استفاده شده ۸- پیش‌بینی رفتار و یا شاخصه‌ی عارضه‌ی مورد نظر در دیگر نقاط تصویر که به صورت زمینی برداشت نشده اند. استفاده از این نوع مدلسازی بیشتر در برون‌یابی و یا درون‌یابی یک شاخص و یا پارامتر در تصویر استفاده می‌شود. به طور مثال مدلسازی شاخص سطح برگ (LAI) در یک تصویر.

در مدلسازی نوع دوم؛ هدف بیشتر تعیین رفتار یک عارضه و یا پدیده در طول زمان است. به طور مثال میزان کاهش و یا افزایش بیابان‌ها، توسعه‌ی شهری، رفتار خطرات طبیعی، جنگل‌زدایی و... از این نوع به شمار می‌روند. با توجه به فاکتور زمان‌مند بودن این نوع مدلسازی، داده‌های مورد استفاده نیز به صورت یک بازه‌ی زمانی خواهند بود. به عبارتی دیگر، در ابتدا رفتار پدیده و یا یک عارضه در یک بازه‌ی زمانی محدود (سالانه، ماهیانه، روزانه) با توجه به مقیاس زمانی و مکانی آن، مورد تحلیل قرار گرفته و سپس با استفاده از یک مدل مناسب، رفتار آن در آینده پیش‌بینی خواهد شد.

داده‌های مورد استفاده شامل تصاویر ماهواره‌ای در یک دوره‌ی زمانی، مدل رقومی زمین، داده‌های جی‌پی‌اس و داده‌های زمینی (در صورت نیاز) می‌باشند. جهت انتخاب تصاویر در درجه‌ی اول بایستی مقیاس مکانی و زمانی پدیده و یا عارضه‌ی مورد نظر به طور کامل شناخته شود تا دیگر فاکتورهای نامناسب (اتمسفری، تغییرات زمانی و...) بر مدلسازی تاثیرگذار نباشند. ملاحظات لازم شامل: یکسان بودن قدرت تفکیک مکانی، طیفی، زمانی و رادیومتریکی تصاویر مختلف اخذ شده در بازه‌ی زمانی، یکسان بودن سنسورهای اخذ تصاویر تا حد امکان، در نظر گرفتن تغییرات محیطی و زیستی پدیده‌ها، جذر و مد، شرایط اتمسفر و... است. به طور خلاصه باید تصاویر به گونه‌ای در بازه‌ی زمانی اخذ گردند که فقط رفتار پدیده و یا عارضه، در تصاویر مختلف یکسان نباشد، و دیگر شرایط (محیطی) برای عارضه‌ی مورد نظر تا حد امکان یکسان باشند. جهت مدلسازی رفتار یک عارضه و یا پدیده با استفاده از روش نوع دوم، بایستی گام‌های زیر انجام شوند. ۱- شناخت مشخصات مختلف عارضه و یا پدیده‌ی مورد بررسی ۲- اخذ تصاویر در بازه‌های زمانی مناسب با توجه با

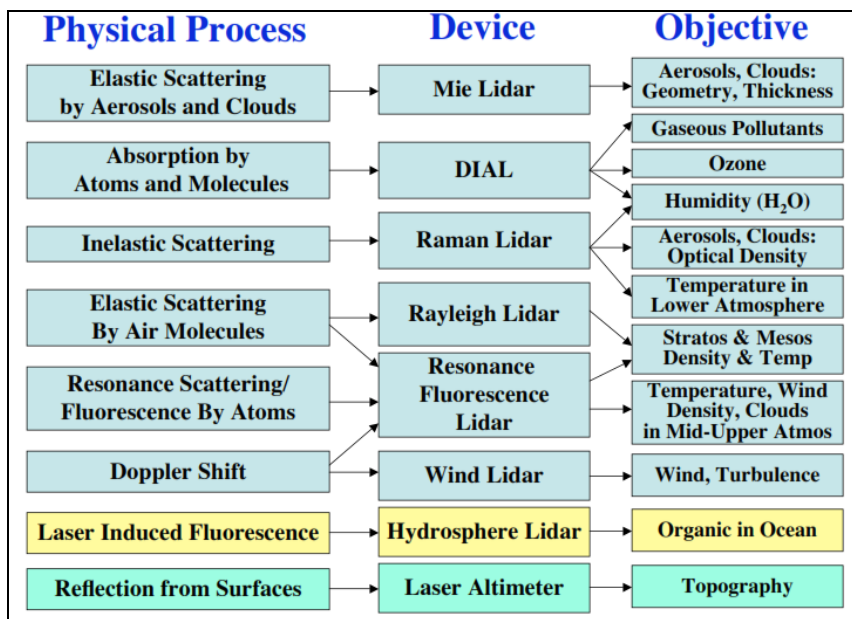
شرایط عارضه و یا پدیده ۳- انتخاب تصویر مبنا و یا مرجع (با توجه به حداقل بودن خطای آن) ۴- جمع آوری نقاط زمینی مختصات دار در تصویر مرجع (نقاط جی پی اس) ۵- زمین مرجع سازی تصویر مرجع ۶- هم مرجع سازی سایر تصاویر نسبت به تصویر مرجع ۷- استفاده از یک روش و یا الگوریتم مناسب جهت تجزیه و تحلیل تصاویر نسبت به تصویر مرجع ۸- استفاده از یک روش مناسب جهت مدلسازی رفتار و یا ویژگی مورد نظر که در مرحله ۷ استفاده گردید. که این روش ها شامل: رگرسیون، شبکه‌ی عصبی، الگوریتم ژنتیک و ... است. ۹- اعتبار سنجی مدل استفاده شده. ۱۰- پیش بینی رفتار عارضه و یا پدیده در یک زمان مشخص. در مدلسازی با استفاده از روش نوع دوم، از آنجا که فاکتورهای تاثیر گذار دیگر (محیطی) بسیار زیاد بوده و همچنین تصاویر ماهواره ای خود با عدم قطعیت های فراوان همراه هستند، بنابراین در انتخاب تصاویر و سنسور مناسب بایستی دقت کافی را لحاظ کرد. در غیر این صورت خطاهای مختلف (زاویه ای ارتفاعی سنسور، پوینده های سنسور، دوران زمین، حسگرها، تابع پاسخ سنسور و...) در تجزیه و تحلیل وارد شده و نتایج نهایی را به شدت تحت تاثیر قرار خواهند داد. در نتیجه دیگر مدلسازی انجام گرفته از اعتبار مناسبی برخوردار نخواهد بود.

۳.۲. مدلسازی با استفاده از داده های لایدار

۳-۱- خطاها و عدم قطعیت ها

یکی از منابع مهم خطا، منابع محیطی هستند که در بسیاری از مواقع قابلیت مدلسازی نداشته و نمی توان آنها را پیش بینی کرد. از این جمله خطاها، تاثیرات دما در اندازه گیری های سیستم لایدار و یا لیزر می باشد. نه فقط دمای دستگاه های اندازه گیری سیستم لایدار، بلکه دمای محیط اندازه گیری نیز در اخذ داده ها تاثیر زیادی دارند، به طور مثال پرتوی لیزر بازگشتی از سطوح گرمتر (فلزات در روز) باعث می گردد تا نسبت سیگنال به نویز پالس دریافتی کاهش یابد و در نتیجه دقت مشاهدات نیز تحت تاثیر قرار گیرد. از دیگر منابع تاثیر گذار بر دقت نتایج، اتمسفر محیط اندازه گیری می باشد. از آنجا که محیط اتمسفر از لحاظ فشار، دما و رطوبت بسیار متغیر است، بنابراین ضریب شکست در اتمسفر نیز بسیار از ناحیه ای به ناحیه ای دیگر متغیر است. که این امر باعث تغییر طول موج و انرژی سیگنال ارسالی و یا دریافتی می گردد، در نتیجه سرعت پالس یا سیگنال ارسالی وابسته به چگالی محیط اتمسفر خواهد بود. از این جهت در بسیاری از سیستم های لیزری امکان معرفی ضریب شکست در هنگام اخذ داده وجود دارد. این خطا به خصوص در نواحی کوهستانی و نواحی مرطوب که پارامترهای اتمسفر به شدت متغیر هستند بسیار بزرگ خواهد بود. همچنین لازم است بیان گردد که دیگر منابع ایجاد خطا در محیط نیز بر روی پرتوی لیزر تاثیر دارند، برای مثال، بازتابش های سطوح مختلف بواسطه ی نور خورشید و یا هر منبع دیگر ممکن است همراه پرتوی بازگشتی لیزر، وارد دستگاه اندازه گیری شود و در نتیجه نتایج نهایی تحت تاثیر قرار گیرد. که معمولا برای جلوگیری از ایجاد چنین خطاهایی از فیلترهای مختلف استفاده می شود. البته خطاهای دستگاهی و تعیین مختصات نیز بایستی در داده های لایدار در صورت وجود حتما تصحیح گردند.

همان طور که بیان شد، داده های لایدار بر خلاف تصاویر ماهواره ای از جنس تصویر نبوده و به صورت ابر نقاط می باشند که در بردارنده ی مختصات سه بعدی عارضه ی مورد نظر هستند. مشابه تصاویر ماهواره ای، داده های لایدار در حوزه های مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند. داده های لایدار برخلاف تصاویر ماهواره ای قابلیت استفاده در مقیاس های بسیار کوچک (در حد سانتیمتر و میلیمتر) را دارا هستند. بنابراین یک ابزار مناسب جهت مدلسازی دقیق اکوسیستم و محیط زیست اطراف انسان به شمار می روند. با توجه به اینکه سیستم های لایدار از پرتوی لیزر استفاده می کنند و این پرتو در مقابل عوارض مختلف رفتار متفاوتی دارد، جهت مطالعه و مدلسازی هر عارضه در محیط زیست و اکوسیستم، سیستم لایدار متفاوتی ایجاد شده است. این سیستم ها در شکل ۱ نشان داده شده است. از این رو مدلسازی با استفاده از سیستم لایدار در بخش های مختلف اکوسیستم متفاوت خواهد بود. که این امر به دلیل ماهیت سیستم های لایدار است. زیرا پرتوی لیزر ارسالی از سیستم لایدار (با توجه با فرکانس آن) در مقابل عارضه های گوناگون رفتار یکسانی نخواهد داشت. از این رو مدلسازی اکوسیستم با استفاده از داده های لایدار پیچیده تر از تصاویر ماهواره ای می باشد. چرا که در قدم اول بایستی با توجه به پدیده ی مورد نظر، سیستم لایدار مناسب را شناسایی کرد و سپس آن را مورد استفاده قرار داد. مطابق شکل ۱ مشاهده می گردد که از سیستم لایدار در مدلسازی پدیده های مختلف در اکوسیستم می توان استفاده کرد، از این رو توضیح مدلسازی داده های لایدار در بخش های مختلف اکوسیستم خارج از حوزه ی این مقاله به شمار می رود. و در اینجا تنها توضیحات کلی، و مراحل اصلی بیان می گردد.



شکل ۱: انواع مختلف سیستم لایدار در مطالعات اکوسیستم (Xinchao Chu, 2014).

به طور کلی جهت مدلسازی هر بخش اکوسیستم ابتدا معادله عمومی لایدار (رابطه ۱) با توجه به عارضه مورد نظر حل شده و سپس از معادله مذکور جهت مدلسازی عارضه مذکور استفاده می‌گردد. رابطه ۱ معادله عمومی لایدار را نشان می‌دهد.

$$N_s(\lambda, R) = (N_i(\lambda_i)) \cdot (\beta(\lambda, \lambda_i, \theta, R) \cdot \Delta R) \cdot \left(\frac{A}{R^2}\right) \cdot (T(\lambda_i, R) \cdot T(\lambda, R)) \cdot (\eta(\lambda, \lambda_i) \cdot G(R)) + N_B \quad (1)$$

در رابطه فوق، $N_s(\lambda, R)$ تعداد فوتون‌های دریافتی در فاصله R ، $N_i(\lambda_i)$ تعداد فوتون‌های ارسالی، $\beta(\lambda, \lambda_i, \theta, R)$ ضریب پراکنش حجمی در فاصله R ، ΔR ضخامت حجمی فاصله بین منبع و هدف (وابسته به مساحت تلسکوپ ارسال کننده)، A مساحت دریافت کننده، $T(\lambda, R)$ عبور یکطرفه از منبع به شیء و یا معکوس، $\eta(\lambda, \lambda_i)$ ضریب موثر سیستم نوری و N_B تعداد فوتون پس‌زمینه می‌باشند. به طور مثال با توجه به ترم دوم، که میرایی اتمسفر را توضیح می‌دهد، این ترم در لایدارهای رومان و لایدارهای آئروسول با دقت خوبی قابل محاسبه خواهند بود. به طور ساده باید گفت جهت هر کاربرد، معادله لایدار راه حل خاصی دارد (زیرا در حالت عمومی، ترم دوم و چهارم مجهول هستند)، و با حل معادله فوق در هر حالت، رابطه‌ای بین فاصله اندازه‌گیری شده و شیء مورد بررسی به دست می‌آید. برای مثال در ماهواره‌ی Calipso (لایدار هواپرد جهت آنالیز ابرها و آئروسول‌ها)، معادله لایدار به گونه‌ای حل می‌گردد که در نهایت رابطه‌ای بین ارتفاع (فاصله اندازه‌گیری شده) و میزان آئروسول‌ها به دست آید. همچنین در لایدارهای Dial (differential-absorption) معادله عمومی لایدار در نهایت تبدیل به رابطه‌ای بین فاصله اندازه‌گیری شده و چگالی گاز (در اتمسفر) می‌گردد و در نتیجه می‌توان چگالی گازها را در اتمسفر مدلسازی کرد.

با توجه به معادله عمومی لایدار مشاهده می‌گردد که مدلسازی بخش‌ها و پدیده‌های مختلف اکوسیستم به نحوه متفاوتی انجام گرفته و هر یک با توجه به شیوه خاص حل معادله فوق، امکان پذیر است. با این وجود در بخش‌های دیگر اکوسیستم که پدیده‌ها در مقیاس‌های بزرگتر وجود دارند (درختان، سطح زمین و ...) می‌توان از راه کار استفاده شده در روش نوع اول مدلسازی در تصاویر ماهواره‌ای، جهت تعیین رفتار عارضه مورد نظر استفاده کرد [24]. به طور مثال جهت مدلسازی میزان کربن، Biomass، LAI و ... با استفاده از داده‌های لایدار، می‌توان گام‌های زیر را انجام داد. ۱- شناخت عارضه مورد نظر و مقیاس آن ۲- انتخاب سیستم لایدار مناسب با توجه به عارضه مورد نظر و جمع آوری داده‌های لایدار ۳- جمع آوری داده‌های زمینی که بیانگر رفتار و یا ویژگی مشخصی از عارضه مذکور است (مثلا LAI) ۴- برداشت نقاط کنترل زمینی و یا همان نقاط جی‌پی‌اس ۵- انجام مراحل پیش-پردازش بر روی داده‌های لایدار (فیلترگذاری، حذف داده‌های پرت، کاهش خطاها و ...) ۶- استفاده از روش‌های مدلسازی، جهت ارتباط داده‌های زمینی و داده‌های لایدار در نقاطی که اندازه‌گیری‌های زمینی انجام گرفته است ۷- اعتبار سنجی مدل استفاده شده ۸- پیش‌بینی مشخصه و یا رفتار عارضه مورد نظر در نقاطی که اندازه‌گیری‌های زمینی انجام نپذیرفته است.

البته جهت برخی آنالیزهای زمانی پدیده‌های بزرگ مقیاس (جنگل‌ها، شهرها، ساختمان‌ها و...) نیز می‌توان از داده‌های لایدار در یک بازه‌ی زمانی مشخص استفاده کرد، اما تا کنون به دلیل پرهزینه‌بودن آن نسبت به تصاویر ماهواره‌ای، این کار به صورت بسیار محدود مورد استفاده قرار گرفته است. و بیشتر در آنالیزهای زمانی از ترکیب داده‌های لایدار و دیگر داده‌ها (تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی و غیره) جهت کاهش هزینه‌ها استفاده شده است. همچنین از ترکیب داده‌های لایدار و تصاویر ماهواره‌ای نیز در بسیاری از پژوهش‌ها جهت مدل‌سازی پارامترهای مختلف استفاده شده است [2,18]. ترکیب (ادغام) داده‌های لایدار و تصاویر ماهواره‌ای به منظور استفاده از مزیت‌های هر دو داده مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آن جهت که تصاویر ماهواره‌ای نسبت به داده‌های لایدار، بسیار ارزان‌قیمت‌تر بوده و مشکلات آنالیز داده‌های لایدار را نیز ندارند (داده‌های لایدار به جهت حجیم بودن با مشکلاتی در مرحله‌ی آنالیز مواجه هستند) و همچنین مناطق بزرگی را پوشش می‌دهند، ترکیب آنها با داده‌های لایدار بسیار مناسب می‌باشد.

۴- اعتبارسنجی روش‌های مدل‌سازی

در سنجش از دور و در بسیاری از علوم مختلف، مرحله‌ی اعتبارسنجی نشان دهنده‌ی میزان اعتبار و صحت روش و یا الگوریتم مورد استفاده است. این مرحله در سنجش از دور از اهمیت دوچندانی برخوردار است. چرا که به دلیل وجود عدم قطعیت‌های فراوان در سیستم‌های سنجش‌ازدوری (تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های لایدار و غیره) لازم است تا صحت مدل‌سازی انجام گرفته به نحوی ارائه گردد.

در تصاویر ماهواره‌ای که بر اساس آنالیز درجه خاکستری (طیف عارضه) می‌باشد، دو نوع صحت‌سنجی وجود دارد. الف- صحت‌سنجی موضوعی ب- صحت‌سنجی هندسی. در مباحث طبقه‌بندی که نتایج نهایی منجر به طبقه‌بندی شدن نواحی مختلف تصویر می‌گردد، از صحت‌سنجی موضوعی (که بر مبنای ماتریس خطا است)، استفاده می‌گردد. اما در مقابل صحت‌سنجی هندسی کاربردهای مختلفی داشته و در حوزه‌های مختلف جهت اعتبارسنجی از آن استفاده می‌گردد. صحت‌سنجی به طور کلی بیانگر میزان صحت و دقت یک روش است، که شاخص RMSE به تنهایی بیانگر هر دو فاکتور صحت و دقت می‌باشد. از این رو در بحث صحت‌سنجی هندسی، از این شاخص بسیار استفاده می‌گردد. این شاخص در واقع میزان نزدیکی مقدار محاسبه شده (با استفاده از مدل) و مقدار اندازه‌گیری شده‌ی یک پارامتر را نشان می‌دهد. از این رو می‌توان از این شاخص در بیان میزان صحت یک مدل استفاده کرد (مدل‌سازی‌هایی که منجر به طبقه‌بندی تصویر نگردند). جهت محاسبه‌ی شاخص مذکور و همچنین ماتریس خطا نیاز به داده‌های مبنای (داده‌هایی که در فرایند مدل‌سازی مورد استفاده قرار نگرفته‌اند) است. از این رو، شاخص مذکور و ماتریس خطا، از قابلیت اعتماد بالایی برخوردار هستند. در مقابل روش‌های دیگری نیز جهت بیان صحت و یا دقت مدل‌سازی انجام گرفته در مواقعی که داده‌های مرجع موجود نمی‌باشد، وجود دارند. که دو روش عمده‌ی آنها روش مقایسه‌ی زمان و روش آنالیز حساسیت می‌باشند. در روش اول، زمان مدل‌سازی انجام گرفته با دیگر روش‌های مدل‌سازی موجود مقایسه شده و روش مدل‌سازی که زمان کمتری را صرف کند، به عنوان روش مناسب‌تر انتخاب می‌گردد. در روش آنالیز حساسیت (با به کارگیری الگوریتم‌های مختلف) حساسیت ورودی و یا خروجی روش مدل‌سازی، در مقابل تغییرات خروجی و یا ورودی محاسبه شده و در یک گراف نمایش داده خواهد شد. به زبان ساده‌تر ورودی‌های یک روش مدل‌سازی را در یک بازه‌ی معین (با توجه به دقت مورد نیاز) تغییر داده و تغییرات خروجی مدل را مشاهده می‌کنند. در این صورت روش مدل‌سازی اعتبار بیشتری دارد که نسبت به تغییرات ورودی و یا خروجی، حساسیت کمتری داشته باشد.

در بحث مدل‌سازی با استفاده از داده‌های لایدار و تصاویر ماهواره‌ای با توجه به موضوع مورد مطالعه (پدیده و یا عارضه)، مقیاس موضوع، نوع مدل‌سازی (نوع اول و یا دوم در تصاویر ماهواره‌ای و یا نوع مدل‌سازی در داده‌های لایدار)، داده‌های موجود (وجود و یا عدم‌وجود داده‌های مبنای)، دقت مورد انتظار، محدودیت‌های موجود و غیره بایستی روش مناسب اعتبارسنجی انتخاب شود. ارائه‌ی نتایج یک مدل‌سازی بدون بیان میزان دقت و صحت آن از نظر علمی و در علوم مختلف اعتبار کافی را نداشته و نمی‌توان به نتایج ارائه شده اعتماد کرد. علاوه بر آن در بحث اعتبارسنجی و ارائه‌ی نتایج نهایی در صورت نیاز بایستی آزمون‌های فرض آماری نیز انجام گرفته تا نتایج نهایی از نظر آماری نیز معنادار باشند.

۵. نتیجه‌گیری

هر مدل‌سازی اشیاء و محیط پیرامون انسان یکی از اساسی‌ترین تلاش‌های انسان جهت شناخت هر چه بیشتر محیط اطراف و استفاده‌ی بهینه از منابع و ظرفیت‌های آن بود. امروزه ابزارهای فراوانی جهت مدل‌سازی و اخذ اطلاعات از اشیاء و پدیده‌های مختلف توسعه

یافته که بدون تماس مستقیم با پدیده‌ی مورد بررسی می‌توان اطلاعات فراوانی از آن استخراج کرد. فناوری لایدار و تصاویر ماهواره‌ای جزء مدرن‌ترین ابزار مدلسازی اشیاء و پدیده‌های مختلف می‌باشند. اکوسیستم و محیط زیست انسان از آن جهت که بیشترین تاثیر را بر روی زندگی او داشته بنابراین، شناخت هرچه بیشتر و مدلسازی رفتار آن از اهمیت بسیاری برخوردار است. مدلسازی اکوسیستم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های لایدار علاوه بر مزیت‌های فراوان، هزینه‌های مدلسازی اکوسیستم را بسیار کاهش داده و همچنین در بخش‌های مختلف اکوسیستم می‌توان از داده‌های لایدار و تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد. به دلیل وجود خطاها و عدم قطعیت‌ها همواره لازم است تا قبل از آنالیز داده‌های لایدار و تصاویر ماهواره‌ای مراحل پیش پردازش جهت کاهش خطاها و اعتبار نتایج نهایی انجام گیرند.

مدلسازی اکوسیستم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با توجه به موضوع مورد بررسی، به طور کلی به دو صورت پیدا کردن رفتار و یا مشخصات یک عارضه در یک مکان مشخص و یا تعیین رفتار زمانی یک عارضه و یا پدیده و پیش‌بینی رفتار آن در آینده، انجام می‌گیرد. تصاویر ماهواره‌ای بر خلاف داده‌های لایدار بر اطلاعات طیفی تکیه داشته و در مدلسازی اکوسیستم نمی‌توان از آنها در آنالیزهای هندسی استفاده کرد.

فناوری لایدار نسبت به تصاویر ماهواره‌ای جدیدتر بوده و گسترش آن نیز بسیار سریع است. این فناوری در حوزه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته و از این رو شناخت آن بسیار اهمیت دارد. در مدلسازی اکوسیستم نیز به طور گسترده در بخش‌های مختلف آن از فناوری لایدار استفاده می‌گردد. بر خلاف تصاویر ماهواره‌ای، مدلسازی بخش‌های مختلف اکوسیستم (با استفاده از داده‌های لایدار) بسیار پیچیده‌تر بوده و در هر بخش بایستی ابتدا موضوع مورد بررسی به درستی شناخته شود و سپس جهت مدلسازی آن، سیستم لایدار مناسب انتخاب گردد. در مدلسازی پدیده‌های مختلف موجود در اکوسیستم، بیشتر از حل معادله‌ی عمومی لایدار استفاده می‌گردد. البته در بخش‌های زیادی از اکوسیستم با استفاده از روش‌های موجود در تصاویری ماهواره‌ای می‌توان با به کارگیری داده‌های لایدار، رفتار اکوسیستم را آنالیز و مدلسازی کرد.

در این مقاله به طور خلاصه چگونگی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های لایدار به صورت گام به گام بیان شده و بنابراین می‌تواند به عنوان یک روش کاری در مدلسازی اکوسیستم مورد استفاده قرار گیرد.

مراجع

1. Abshire, J. B., Riris, H., Allan, G. R., Weaver, C. J., Mao, J., Sun, X., Biraud, " Pulsed airborne lidar measurements of atmospheric CO₂ column absorption. Tellus" B, 62(5), 770-783 S. (2010) .
2. Ahmed, O. S., Franklin, S. E., Wulder, M. A., White, J. C. (2015). "Characterizing stand-level forest canopy cover and height using landsat time series, samples of airborne LiDAR, and the random forest algorithm. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing", 101, 89-101.
3. Appeaning Addo, K., Larbi, L., Amisigo, B., Ofori-Danson "Impacts of coastal inundation due to climate change in a cluster of urban coastal communities in Ghana, West Africa. Remote Sensing", 3(9), 2029-2050, P. K. (2011).
4. Baade, J., Schumlius, C. (2010). "High-resolution mapping of fluvial landform change in arid environments using Terra SAR-X images. In Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)", (pp. 2159-2162). IEEE, 2010 IEEE International .
5. Campbell, J. B. (2008). "Origins of Aerial Photographic Interpretation, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing," 74(1), 77-93, US Army, 1916 to 1918.
6. CampBell, J. B., Wynne, R. h. (2011) "Introduction to Remote Sensing". 5st, GUIFoRd, London.
7. Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., Lambin, E.. " Review Article Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. International journal of remote sensing", 25(9), 1565-1596, (2004).
8. Fagan, M., DeFries, R. "Measurement and Monitoring of the World's Forests. A review and summary of remote sensing technical capability, Resources for the Future (RFF) ", (2009).
9. Haq, M., Akhtar, M., Muhammad, S., Paras, S., Rahmatullah, J.. "Techniques of remote sensing and GIS for flood monitoring and damage assessment: a case study of Sindh province, Pakistan. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science", 15(2), 135-141, (2012).

10. Jat, M. K., Garg, P. K., Khare, D." Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. *International journal of Applied earth Observation and Geoinformation*, 10(1), 26-43. (2008).
11. Kemp, J., Villeneuve, N., Chevallier, L., Servadio, Z., Jacquard, F. "A study of riverbed dynamics using remote sensing: a 3D case study of Rivière des Galets, La Réunion Island. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium*", (Vol. 3, pp. III-753). IEEE2009 IEEE International, IGARSS 2009.
12. Khattak, A. J., Hallmark, S., Souleyrette, R. (2003). Application of light detection and ranging technology to highway safety. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1836(1), 7-15, 2009, July.
13. Konsoer, K. M., & Kite, J. S.." Application of LiDAR and discriminant analysis to determine landscape characteristics for different types of slope failures in heavily vegetated, steep terrain: Horseshoe Run watershed, West Virginia. *Geomorphology*", 224, 192-202, 2014.
14. Kostiuk, M. "Using Remote Sensing Data to Detect Sea Level Change. *International Archives of Photogrammetry Remote sensing And Spatial Information Sciences*", 34(1), 105-113, 2002.
15. Lan, H., Martin, C. D., Zhou, C., & Lim, C. H. "Rockfall hazard analysis using LiDAR and spatial modeling. *Geomorphology*", 118(1), 213-223, 2010.
16. Lato, M., Hutchinson, J., Diederichs, M., Ball, D., Harrap, R."Engineering monitoring of rockfall hazards along transportation corridors: using mobile terrestrial LiDAR. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*", 9(3), 935-946, 2009.
17. Liu, X., Clarke, K., Herold, M.." Population Density and Image Texture. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*", 72(2), 187-196, 2006.
18. Ma, H., Song, J., Wang, J., Xiao, Z., Fu, Z.." Improvement of spatially continuous forest LAI retrieval by integration of discrete airborne LiDAR and remote sensing multi-angle optical data. *Agricultural and Forest Meteorology*", 189, 60-70, 2014.
19. Murai, S. "Monitoring of disasters using remote sensing GIS and GPS. In *Proceedings of the International symposium on management System for disaster prevention*" (pp. 9-11), 2006.
20. Noor, N. M., Rosni, N. A." Determination of Spatial Factors in Measuring Urban Sprawl in Kuantan Using Remote Sensing and GIS. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*", 85, 502-512, 2013.
21. Ochejo, H. "Application of remote sensing in deforestation monitoring: a case study of the Aberdares (Kenya)". In *2nd FIG Regional Conference Marrakech, Morocco, December*, 2003.
22. Qiu, F., Woller, K. L., Briggs, R. "Modeling urban population growth from remotely sensed imagery and TIGER GIS road data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*", 69(9), 1031-1042, 2003.
23. Stancalie, G., Alecu, C., Catana, S. "Flood hazard assessment and monitoring using geographic information and remotely sensed data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*", 33(B7/4; PART 7), 1472-1479, 2000.
24. Tang, H., Brolly, M., Zhao, F., Strahler, A. H., Schaaf, C. L., Ganguly, S., Dubayah, R. "Deriving and validating Leaf Area Index (LAI) at multiple spatial scales through lidar remote sensing: A case study in Sierra National Forest, CA. *Remote Sensing of Environment*", 143, 131-141, 2014.
25. Tucker, C. J., Townshend, J. R. "Strategies for monitoring tropical deforestation using satellite data. *International Journal of Remote Sensing*", 21(6-7), 1461-1471, 2000.
26. Veneziano, D., Souleyrette, R., Hallmark, S. "Evaluation of lidar for highway planning, location and design. In *Proc*". Pecora (Vol. 15), 2002.

27. Xu, H., Wang, X., Xiao, G. "A remote sensing and GIS integrated study on urbanization with its impact on arable lands: Fuqing City, Fujian Province, China. *Land Degradation & Development*", 11(4), 301-314, 2000.
28. Yao, W., Hinz, S., Stilla, U. "Extraction and motion estimation of vehicles in single-pass airborne LiDAR data towards urban traffic analysis. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*", 66(3), 260-271, 2011.
29. Yue, C., Yang, G., Wang, J., Guan, S., Du, L., Cheng, X., & Yang, Y. "Lidar observations of the middle atmospheric thermal structure over north China and comparisons with TIMED/SABER. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*", 120, 80-87, 2014.