آکادمی سنجش از دور ایران
www. girs.ir

پیپرز

پیپرز به معنی مقاله‌ها می‌باشد.

مجله علمی
پیش‌شماره، اسفند ۱۴۰۰



کاربردهای پهپاد درعلوم جنگل

مروری بر تکنولوژی‌های سنجش از دور جنگل

مجله علمی

پِـــپرز

پیش شماره

اسفند۱۴۰۰

www. girs.ir



۵
مقاله اول
سنجش از راه دور پهپاد در تحقیقات و فعالیت‌های جنگلداری

پهپادها به‌عنوان پلتفرم ۶
سنجش از راه دور پهپادها ۸
چند مثال از کاربردها ۱۱

فهرست



تصاویر ماهواره‌ای ۱۷
فتوگرامتری ۱۹
رادار ۲۰
لیدار ۲۴

مقاله دوم
مروری بر تکنولوژی‌های سنجش از دور جنگل

۱۶



مقاله اول

سنجش از راه دور پهپاد
در تحقیقات و فعالیت‌های جنگلداری

مقدمه

کسب اطلاعات دقیق در مورد ترکیب، ساختار، حجم، میزان رشد و وسعت جنگل برای مدیریت پایدار جنگل ضروری است و می‌تواند به صورت مستقیم یا غیرمستقیم از تصاویر حاصل از پهپادها استخراج شود. در چند دهه گذشته، توجه زیادی به بهبود کاربردهای پهپادها در جنگلداری شده است. این موضوع از طریق بررسی روند افزایشی انتشارات در مجلات ISI آشکار می‌شود: نتایج جستجوی انتشارات ISI با استفاده از کلمات «جنگل» و «سنجش از راه دور» نشان می دهد که تنها یک مقاله در دهه ۱۹۶۰، چهار مقاله در دهه ۱۹۷۰، ۲۴ مقاله در دهه ۱۹۸۰; ۵۳۶ مقاله در دهه ۱۹۹۰، ۲۵۱۹ مقاله در دهه ۲۰۰۰، و ۲۹۳۰ مقاله از ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ منتشر شده است.

بیشترین جهش در تعداد انتشار مقالات بین دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ بود که منعکس‌کننده روند پیشرفت سریع در سنجش از راه دور ماهواره‌ای غیرنظامی است که در آن دوره حاصل شده است. برنامه Landsat معروف‌ترین برنامه سنجش از راه دور در سطح جهانی است که برای مشاهده منابع زمین کاربرد دارد و تصاویر آن بیشتر در زمینه جنگلداری استفاده می‌شود

در کنار توسعه فناوری‌های حسگر و محاسباتی، کاربرد پهپادها در امور جنگل‌داری، از ابزارهای مبتنی بر تصویربرداری هوایی معمولی به نظارت بر منابع جنگلی مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای، از نقشه‌برداری پوشش جنگلی مبتنی بر داده‌های چند طیفی به تخمین جنگل‌های زیست - فیزیکی مبتنی بر داده‌های فراطیفی، و از سنجش از راه دور منفعل شاخص پوشش برگ به بررسی فعال ویژگی‌های ساختاری جنگل که مبتنی بر سنجش‌ازدور است، تکامل یافته است. می‌توان تخمین حجم جنگل و توده زیستی را از طریق ادغام چندین منبع داده بهبود بخشید.

اگرچه سنجش از راه دور کاربرد گسترده‌ای در جنگلداری دارد، اما هنوز چالش‌های فنی زیادی وجود دارد. یکی از مهم‌ترین موانع استفاده از فناوری سنجش از راه دور در جنگل‌داری، عدم جمع‌آوری به‌موقع داده‌ها در مناطق موردنظر است. به‌عنوان‌مثال، اگر لازم باشد شیوع آفات یا گسترش آتش‌سوزی در یک منطقه جنگلی ارزیابی شود، ممکن است تصاویر ماهواره‌ای

مناسبی در دسترس نباشد و یا اینکه تصویربرداری هوایی از طریق هواپیماهای سرنشین‌دار مقرون‌به‌صرفه نباشد.

علاوه بر این، وجود اطلاعات اولیه برای جنگلداری پایدار ضروری است. اما نمی‌توان آن را با استفاده از رویکردهای سنجش از راه دور که ازدقت متوسط یا کمی برخوردارند استخراج کرد. سیستم‌های سنجش از راه دور انعطاف‌پذیر و ارزان می‌توانند به تکمیل قابلیت‌های سنجش از راه دور فعلی و کشف برخی کاربردهای جدید دیگر کمک کنند. پهپادها به‌عنوان پلتفرم‌های سنجش از راه دور، از پتانسیل افزایش اثربخشی در جمع‌آوری داده‌ها برخوردارند، اما در حال حاضر کاربردهای آنها در مرحله آزمایشی است. در اینجا، مفاهیم اساسی و برخی کاربردهای اولیه پهپادها را در زمینه سنجش از راه دور و در حوزه تحقیقات جنگلی به طور خلاصه بررسی می‌کنیم و امیدواریم بتوانیم متخصصان و محققان جنگل‌داری را برای استفاده بهتر از این فناوری جدید جغرافیایی ترغیب نماییم.



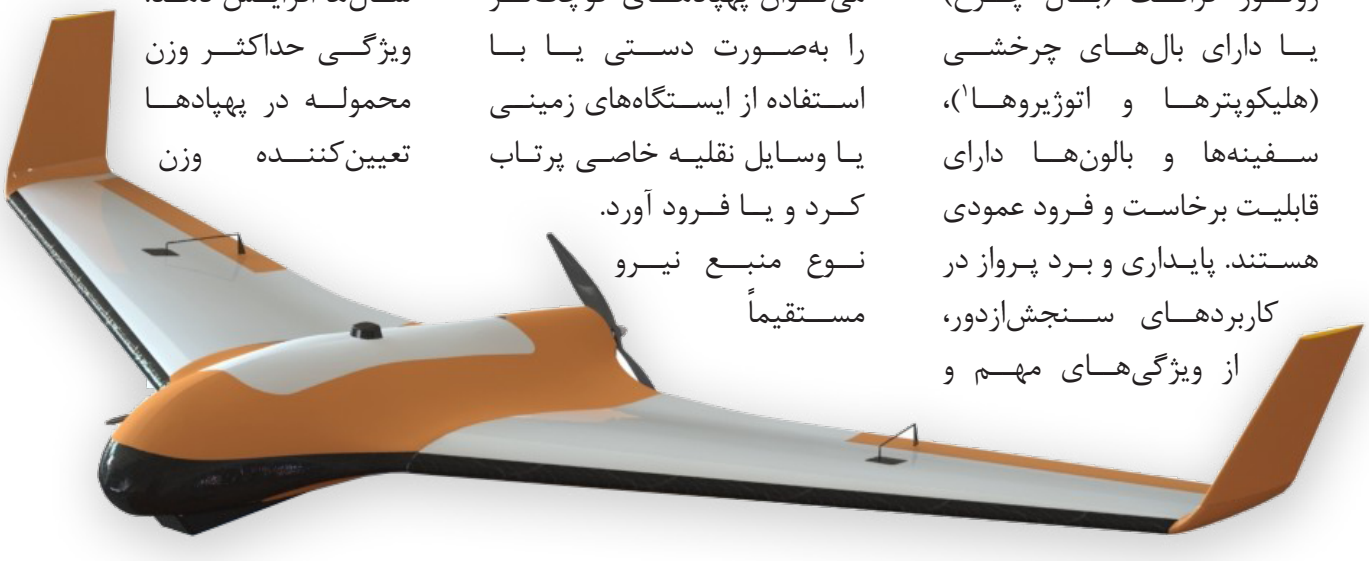
پهپادها به عنوان پلتفرم

فرهنگ لغت Merriam-Webster واژه «پهپاد» را به‌صورت «هواپیما یا سفینه بدون سرنشین که توسط کنترل از راه دور یا رایانه‌های درونی هدایت می‌شود» تعریف می‌کند. پهپادها به‌عنوان وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (UAV)، سیستم‌های هوایی بدون سرنشین (UAS)، هواپیماهای بدون سرنشین (UA)، یا هواپیماهای دارای خلبان از راه دور (RPA) نیز شناخته می‌شوند. گاهی اوقات به جای اصطلاح «پهپاد» عمداً از اصطلاح «سیستم‌های هوایی بدون سرنشین» استفاده می‌شود تا سیستم‌های پیچیده‌ای را که در عملیات هواپیماهای بدون سرنشین وجود دارند نشان دهد. اصطلاح «هواپیماهای دارای خلبان از راه دور» معمولاً توسط ارتش استفاده می‌شود. گونه‌های اولیه هواپیماهای بدون سرنشین در اوایل قرن بیستم توسعه یافتند. مأموریت اصلی پهپادها از دهه ۱۹۵۰، شناسایی اراضی به صورت هوایی بوده است. از سال ۲۰۰۵، توسعه پهپادها برای مقاصد نظامی همچنان در زمینه صنعت هواپیماهای بدون سرنشین مطرح بود. طی چند دهه گذشته، پهپادها با اشکال، اندازه‌ها و قابلیت‌های مختلف چنان سریع توسعه یافته‌اند که از پتانسیل‌های بالایی برای کاربردهای غیرنظامی برخوردار شده‌اند. هواپیماهای بدون سرنشین به صورت مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. به‌عنوان‌مثال، واتس و همکارانش پهپادها را به هفت دسته طبقه‌بندی کردند: MAV (میکرو یا مینیاتوری) یا NAV (وسایل نقلیه هوایی نانو)، VTOL (برخاست و فرود عمودی)، LASE (ارتفاع کم، استقامت کوتاه)، LALE، Lase Close (ارتفاع پایین، استقامت طولانی)، MALE (ارتفاع متوسط، استقامت

طولانی)، و HALE (ارتفاع بالا، استقامت طولانی). اندرسون و گاستون (۲۰۱۳) پهپادها را در قالب چهار دسته اندازه بزرگ، متوسط، کوچک و مینی، و میکرو و نانو طبقه‌بندی کردند. علاوه بر این، سایر محققان پهپادها را به پنج نوع کاربرد طبقه‌بندی کرده‌اند: هدف مصنوعی، شناسایی منطقه، جنگ، تحقیق و توسعه، و عمران و امور تجاری (www.theuav.com). دو نوع عمده از پهپاد وجود دارند که بر اساس تکنیک‌های برخاست و فرود طبقه‌بندی می‌شوند: برخاست و فرود افقی و برخاست و فرود عمودی. برخاست و فرود افقی از ویژگی‌های پهپادهای دارای بال ثابت (هواپیما) محسوب می‌شود، درحالی‌که پهپادهای روتور کرافت (بال چرخ) یا دارای بال‌های چرخشی (هلیکوپترها و اتوژیروها[1])، سفینه‌ها و بالون‌ها دارای قابلیت برخاست و فرود عمودی هستند. پایداری و برد پرواز در کاربردهای سنجش‌ازدور، از ویژگی‌های مهم و حیاتی در زمینه توسعه پهپادها به شمار می‌آیند. پهپادهای دارای بال ثابت و بال چرخشی از نظر پایداری و برد عملکرد متفاوتی دارند. در مواردی که پوشش میدانی بزرگی نیاز باشد، ممکن است پهپادهای بال ثابت ترجیح داده شوند، درحالی‌که پهپادهای دارای بال چرخشی برای دستیابی به سنجش بادقت فضایی بالا مناسب‌تر باشند. مزیت قابل‌توجه پهپادهای دارای بال ثابت این است که برای کار با آنها به تجربه کمی نیاز هست. بااین‌حال، با اضافه‌شدن پره‌های روتور بیشتر، احتمال سقوط برای پهپادهای دارای بال چرخشی کاهش می‌یابد. پهپادهای دارای بال ثابت بزرگ برای برخاست و فرود به باند نیاز دارند، درحالی‌که می‌توان پهپادهای کوچک‌تر را به‌صورت دستی یا با استفاده از ایستگاه‌های زمینی یا وسایل نقلیه خاصی پرتاب کرد و یا فرود آورد.

نوع منبع نیرو مستقیماً بر استقامت پرواز تأثیر می‌گذارد، و بنابراین، یکی از مهم‌ترین اجزای تجهیزات پهپادها محسوب می‌شود. اگرچه امروزه استفاده از موتورهای احتراق داخلی در پهپادهای پیشرفته رایج است، اما موتورهای الکتریکی انتخاب بهتری برای پهپادهای کوچک‌تر به شمار می‌آیند. از آنجایی‌که موتورهای الکتریکی مقرون‌به‌صرفه‌تر بوده و از لرزش کمتری برخوردارند، برای کاربردهای سنجش از راه دور مناسب‌تر هستند. باتری‌ها و پیل‌های سوختی مختلفی برای تغذیه موتورهای الکتریکی پهپادها وجود دارند. انرژی خورشیدی می‌تواند در آینده به افزایش استقامت پرواز کمک کرده و میزان آن را از ساعت‌ها به روزها و حتی سال‌ها افزایش دهد.

ویژگی حداکثر وزن محموله در پهپادها تعیین‌کننده وزن



۱. هواپیمایی که توسط چند روتور حرکت می‌کند.

سنجش از راه دور پهپادها

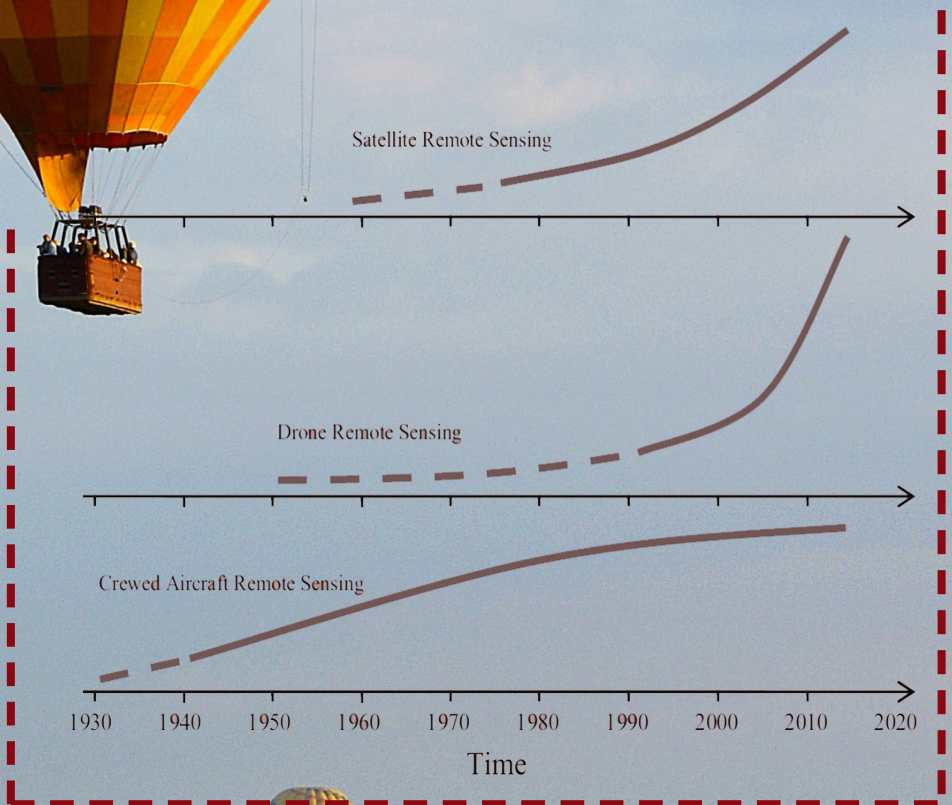
حسگری است که روی یک پهپاد نصب می‌شود. سنسورهای سنگین‌تر معمولاً به پهپادهای بزرگ‌تری نیاز دارند. وزن محموله پهپاد می‌تواند از ده‌ها گرم تا صدها کیلوگرم متغیر باشد.

پهپادها به‌صورت خودمختار یا از طریق کنترل از راه دور پرواز می‌کنند. در پروازهای خودمختار، پهپادها هر بار قبل از پرواز با استفاده از رایانه از پیش برنامه‌ریزی می‌شوند و برای نقشه‌برداری سیستماتیک اراضی مناسب هستند. پهپادهای کنترل از راه دور برای تهیه عکس و فیلم در مقیاس محلی مناسب هستند.

تصاویر هوایی اولیه که در دهه ۱۸۶۰ تهیه می‌شد، با استفاده از بالن ها صورت می‌گرفت. هواپیماها در طی جنگ جهانی اول و دوم به عنوان پلتفرم‌های تصویربرداری مورد استفاده قرار می‌گرفتند. اولین نسل از ماهواره‌های مدار زمین حدودا در سال ۱۹۶۰ پرتاب شدند و اساسا برای شناسایی مناطق مختلف استفاده می‌شدند. قبلا تمام داده‌هایی که از جو زمین و یا فضا جمع‌آوری می‌شد، آنالوگ بودند (فیلم عکاسی). از دهه ۱۹۷۰ سنسورهای دیجیتال ظهور کردند و در سیستم‌های ماهواره‌ای مورد استفاده قرار گرفتند، ماهواره‌ها برای کاربردهای نظامی پرتاب شدند، و واژه سنجش از راه دور حالت رسمی به خود گرفت. سنجش از راه دور هوایی و فضایی/ ماهواره‌ای نیز به تدریج به عبارات آشنایی تبدیل شدند. پهبادها از دهه‌ها پیش، قبل از استفاده در کاربردهای نظامی، برای شناسایی مناطق مختلف زمین مورد استفاده قرار می‌گرفتند، اما اخیرا از آن‌ها در زمینه سنجش از راه دور نیز استفاده می‌شود. در حال حاضر پهپادها در زمینه های هواشناسی، کشاورزی،

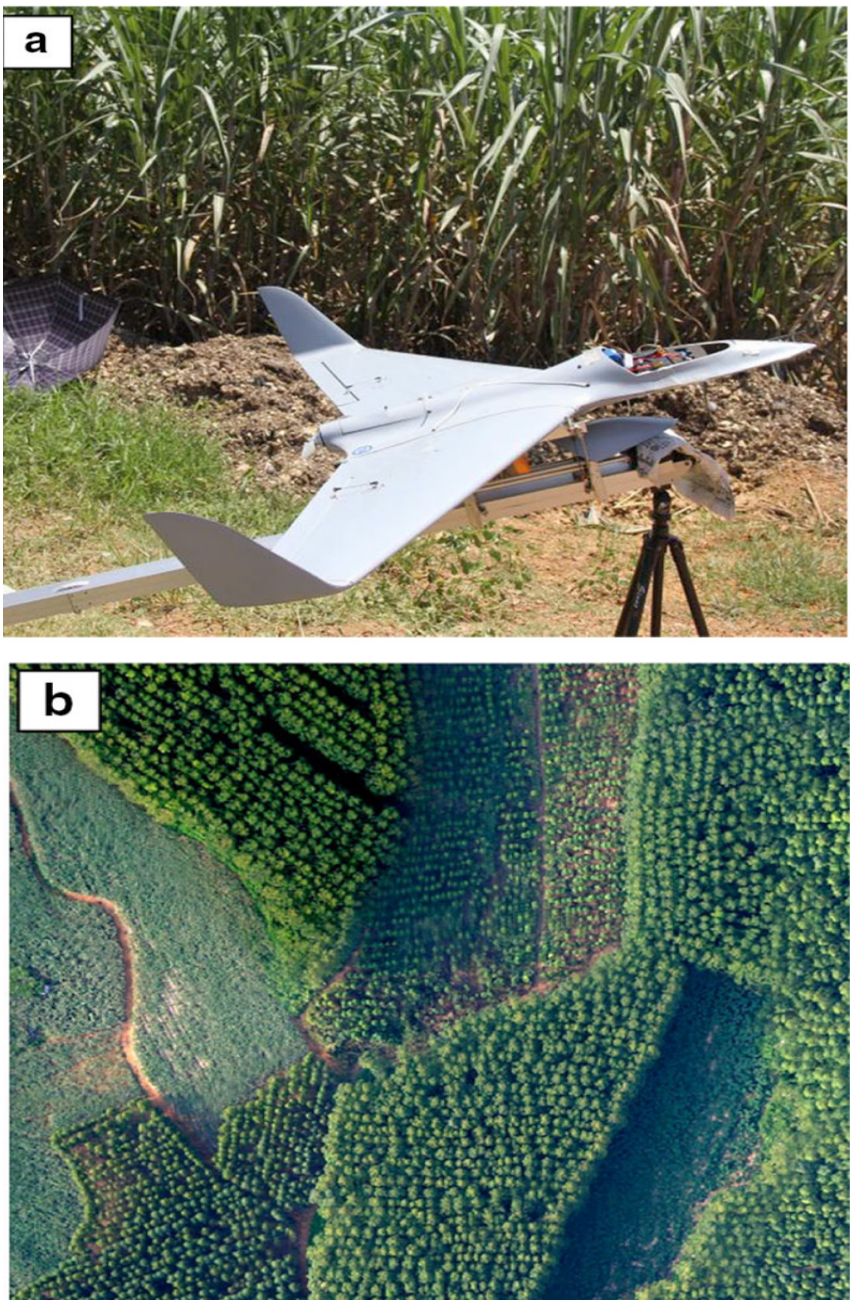


تحقیقات حیات وحش، جنگلداری، مدیریت زمین، بررسی زیرساخت ها، نظارت بر ترافیک، بیماری‌های همه‌گیر، مدیریت حوادث طبیعی، و عملیات جستجو و نجات در بیابان استفاده می شوند. توصیه می‌کنیم که این نوع از پهپادها، «پهپادهای دورسنج مقیاس بزرگ» نامیده شود تا تمییز آن از هواپیماهای سرنشین دار که برای سنجش از راه دور مورد استفاده قرار می‌گیرند آسان‌تر شود و با سنجش از دور ماهواره‌ای قابل مقایسه باشد (شکل ۱).



شکل ۱. مقایسه مفهومی روند توسعه نسبی در بین سه حوزه سنجش از راه دور. خط چین‌ها کاربردهای مربوط به شناسایی عوارض زمین را نشان می‌دهد و خطوط تو پر کاربردهای نظامی را نشان می‌دهد. شیب منحنی‌های زمانی بیانگر سرعت پیشرفت در تنوع پلتفرم، کارکرد سنسور، و غنی بودن داده‌ها است.

پهپادها می توانند انواع مختلفی از ابزارهای سنجش را حمل کنند، از جمله منبع نور مرئی، منبع مادون قرمز نزدیک (NIR)، منبع مادون قرمز موج کوتاه (SWIR)، منبع مادون قرمز حرارتی (TIR)، رادار و حسگرهای رادار لیزری را حمل کنند. حسگرهای نوری پهپادها، از جمله مرئی، مادون قرمز نزدیک، و مادون قرمز موج کوتاه داده ها را به صورت باندهای چندطیفی یا ابرطیفی ثبت می کنند. با در نظر داشتن پیشرفت‌هایی که در فناوری حسگر صورت گرفته است، حسگرهای کوچک‌تر، سبک‌تر و ارزان‌تری برای کاربردهای سنجش از راه دور توسط پهپادها تهیه شده‌اند. اندرسون و گاستون (۲۰۱۳) و کولومینا و مولینا (۲۰۱۴) مباحث جامعی را برای سیستم های مختلف سنجش از راه دور در پهپادهای ارائه می دهند.



شکل ۲. تصویری از یک پهپاد با بال ثابت که توسط شرکت Guangxi Forest Inventory and Planning چین ساخته شده است. تصویری با دقت ۲۰ سانتی‌متر b از طریق پهپاد تهیه شده است که در ارتفاع ۴۰۰ متری در حال پرواز است. این تصویر مساحتی در حدود ۹ هکتار را پوشش می دهد و توده های جنگلی نشان داده شده در تصویر مزارع اکالیپتوس دارای سن ۱ تا ۶ سال هستند. هر دو تصویر به دکتر چونگان لی نسبت داده شده است.

چند مثال از کاربردها

مزایای سنجش از راه دور پهپاد شامل هزینه های کم مواد و عملیاتی، کنترل انعطاف پذیر تفکیک مکانی و زمانی، جمع آوری داده ها با شدت بالا و عدم خطر برای خدمه است. مطالعات پیشگام زیر مزایای منحصر به فرد سنجش از راه دور پهپاد را برای تحقیقات و اقدامات جنگلداری نشان می دهد.

ارزیابی و براورد جنگل‌ها

کوه و ویچ به دلیل هزینه‌های بالای داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای با دقت بالا، پوشش ابرها و بررسی‌های زمینی دشوار و یا گران‌قیمت، با استفاده از سنجش از دور پهپادها آزمایشی را انجام دادند تا جنگل‌های استوایی در اندونزی را بررسی و نقشه‌برداری کنند. این آزمایش شامل یک پهپاد ارزان قیمت (۱۰۰ دلار) و سبک وزن (حدود ۶۵۰ گرم) با بال ثابت بود که مجهز به یک باتری ۲۲۰۰ میلی آمپر ساعت و یک دوربین عکاسی و فیلم‌برداری بود. این پهپاد می‌توانست در هر ماموریت حدود ۲۵ دقیقه پرواز کند و در مجموع مسافتی در حدود ۱۵ کیلومتر را طی کند. محققان تصاویر حاصل از پهپاد را جمع‌آوری کردند تا نقشه‌های کاربری و پوشش زمین را با دقت فضایی ۵,۱ سانتی‌متر تهیه نمایند. آن‌ها همچنین از تصاویر ویدئویی برای شناسایی فعالیت‌های انسانی (مثلاً سوزاندن و قطع درختان) استفاده کردند و اطلاعات تصویری و ویدیویی را برای بررسی گونه‌های حیات وحش و شناسایی پوشش گیاهی منطقه با هم ترکیب کردند. آنها پیشنهاد کردند که استفاده از پهپادها برای سنجش از راه دور می تواند از نظر زمان، نیروی انسانی و منابع مالی برای مسئولین حفاظت از محیط زیست محلی و محققان در مناطق استوایی در حال توسعه صرفه اقتصادی در پی داشته باشد. چنین کاربردهایی از پهپادها به ویژه برای جنگلداری جامعه محور و برنامه های نظارت بر جنگل، مانند REDD (کاهش انتشار آلاینده‌های ناشی از جنگل زدایی و تخریب جنگل)، در کشورهای در حال توسعه منطقی به نظر می رسد. بسیاری از ارزیابان جنگل با استفاده از قابلیت سنجش از راه دور پهپادها، شروع به افزایش فعالیت‌های خود در زمینه سنجش و ارزیابی جنگل نموده‌اند (شکل ۲).

پایش آتش سوزی جنگلی

بهره‌گیری از تکنولوژی سنجش از راه دور جهت پشتیبانی از تاکتیک های کنترل آتش‌سوزی در زمان واقعی هنوز به بلوغ نرسیده است. تصاویر ماهواره ای MODIS از وضوح زمانی بالایی برخوردار است (زمان بازبینی ۱ تا ۲ روزه) و معمولاً در نظارت و مدیریت آتش سوزی جنگل استفاده می شود. با این وجود، پایین بودن وضوح فضایی MODIS برای انجام پایش در مقیاس محلی کافی نیست. استفاده از هواپیماهای سرنشین‌دار جهت نظارت در زمان واقعی گسترش آتش

نقشه‌برداری از شکاف‌های تاج پوشش درختان جنگلی

شکاف تاج پوشش درختان جنگلی بیانگر وجود نوعی اختلال بوده و بر تنوع پوشش گیاهی و بهره وری جنگل تأثیر می گذارد، اما نمی توان شکاف های کوچک را با استفاده از سیستم‌های ماهواره ای به طور دقیق اندازه گیری کرد. گتزین و همکارانش تصاویری با دقت ۷ سانتی‌متر و دارای رنگ طبیعی را از جنگل‌های راش برگ‌ریز و جنگل‌های مختلط برگ‌ریز و مخروطی در آلمان تحت سلطه راش تهیه کردند، زیرا چنین دقتی سبب می‌شود تا شناسایی دقیق شکاف‌هایی به کوچکی ۱ متر مربع را امکان‌پذیر شود. پهپادها با طول بال ۲ میلی‌متر و وزن ۶ کیلوگرم، می‌توانند تا ترتفاع ۲۵۰ متری از سطح زمین به مدت ۶۰ دقیقه پرواز کنند. خطوط پرواز برنامه‌ریزی می‌شوند و تمام تصاویر بر اساس جهت‌گیری داخلی پهپاد، موقعیت GPS، و مدل دیجیتالی عوارض زمین تصحیح می‌شوند. محققان همبستگی قوی بین نتایج سنجش تنوع زیستی و معیارهای شکاف جنگل حاصل از سنجش از راه دور پهپادها یافتند. این مطالعه بیان می‌کند که سنجش از راه دور پهپادها قادر به جمع‌آوری تصاویری با دقت بسیار بالایی است که برای بررسی شکاف‌های جنگلی به عنوان یکی از شاخص‌های قابل اطمینان تنوع زیستی مناسب است. کلید موفقیت در جمع‌آوری تصاویر با وضوح بالا در این مطالعه این بود که پهپاد قادر است تا در ارتفاع پایین پرواز کند. همانطور که در زیر توضیح داده شده است، یکی از خروجی‌های مهم تصویربرداری، مدل سطح دیجیتال است که برای بررسی ارتفاع تاج پوشش درختان جنگلی نیز مفید است.

سنجش و بررسی ارتفاع تاج پوشش درختان جنگل

ارتفاع تاج پوشش درختان جنگل پارامتر مهمی در کمی سازی اطلاعات جنگل محسوب می‌شود و معمولا با روش های فتوگرامتری آنالوگ و برآوردهای زمینی تخمین زده می شود. فن‌آوری‌های رادار لیزری ابزاری جدید برای ارتفاع تاج پوشش درختان جنگل هستند، و تقریباً فتوگرامتری سنتی در امور جنگل‌داری منسوخ شده است. این موضوع به ویژه زمانی که فناوری‌های پهپاد مجهز به رادار لیزری به آسانی قابل استفاده باشند، بیشتر صحت دارد. بعلاوه، تصاویر نوری با وضوح بالا و کم اریب که با استفاده از پهپاد گرفته می‌شود، بررسی ارتفاع تاج پوشش درختان جنگل را از طریق ادغام فتوگرامتری دیجیتال و تکنیک های ساختاری مبتنی بر حرکت ارتقا می دهند.

لیزین و همکارانش رویکرد مشابهی را برای پایش در جنگل بلژیک استفاده کردند. آن‌ها از یک پهپاد

به وزن ۲ کیلوگرم با بال ثابت به طول ۱ متر، سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت، ارتفاع پرواز ۱۰۰ الی ۷۵۰ متر، و حداکثر زمان پرواز ۴۰ دقیقه برای جمع‌آوری تصاویر مادون قرمز نزدیک با دقت فضایی حدود ۷,۶ سانتی‌متر استفاده کردند. اطلاعات مربوط به سنجش ارتفاع تاج پوشش درختان جنگل که برگرفته از روش ارزان قیمت فوتومتریک بود، با داده‌های حاصل از یک هواپیمای سرنشین‌دار گرانقیمت برابری می‌کرد. زارکو – تجادا و همکارانش با استفاده از یک دوربین ارزان که روی یک پهپاد دارای بال ثابت نصب شده بود و دارای طول بال ۲ متر و سرعت پرواز ۶۳ کیلومتر بر ساعت بود، ارتفاع درختان را در ۱۵۰ هکتار از جنگل‌ها در اسپانیا تخمین زدند. تغییراتی در دوربین ارزان قیمت اعمال شد تا تصاویر رنگی مادون قرمز با دقت فضایی ۵ سانتی‌متر به دست آید. مقادیر مربوط به ارتفاع درختان که از طریق تصاویر به دست آمده بود، در مقایسه با مقادیر حاصل از بررسی‌های زمینی دقیق بود.

مطالعه‌ای توسط دندویس و الیس با رویکرد فوتومتریک مشابهی در ایالات متحده انجام شد. آن‌ها تصاویر هم‌پوشاننده‌ای را با استفاده از یک دوربین که روی پهپاد کوچکی با بال چرخان نصب شده بود و می توانست در ارتفاع کم (کمتر از ۱۳۰ متر) پرواز کند، به دست آوردند. این مطالعه جنگلی در حدود ۶۲۵ هکتار در منطقه مریلند را شامل می‌شد. آن‌ها توانستند با این رویکرد فنولوژی[۲] تاج پوشش گیاهان را به صورت سه بعدی و با دقت بالا مشاهده کنند. چنین فناوری‌های ارزانی که در اسکن سه بعدی چندطیفی پوشش گیاهی بسیار تاثیرگذار هستند، دلیلی بر استفاده جنگلبانان از تکنولوژی پهپاد به شمار می آیند.

سه آزمایشی که در بالا توضیح داده شد، نشان می دهد که دقت این رویکرد نوری ارزان قیمت مشابه با سیستم های پیچیده و پرهزینه رادار لیزری است.

پشتیبانی از مدیریت ویژه جنگل

مدیریت ویژه جنگل رویکردی موثر برای افزایش بهره وری جنگل و پاسخ به تقاضای روز افزون چوب است. مدیریت مزارع جنگلی که از رشد سریعی برخوردارند، شبیه به عمل کشاورزی دقیق بوده و می‌توانند با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور پهپادها ارتقا یابد. یکی از اقداماتی که معمولا در مزارع صورت می‌گیرد، استفاده از کود در زمان مناسب و در مکان مناسب است. فلدرهوف و گیلیسون تصاویر نادون قرمز نزدیک را جهت نقشه برداری از وضعیت تاج پوشش گیاهی در مزرعه ماکادمیا با استفاده از سیستم سنجش از دور پهپاد به دست آوردند. آنها همبستگی معنی داری بین پرتوسنجی طیفی و سطوح نیتروژن برگ که با نمونه برداری از مزرعه تعیین می‌گردد، پیدا کردند. این رویکرد برای کاهش هزینه های مدیریت ویژه جنگل ها و نیز افزایش بازده اقتصادی

۲. مبحث رابطه بین اب وهوا وتغییرات حاصله در پدیده های زیست شناسی

از پهپادها استفاده می‌کرد. کنترل تراکم پوشش جنگلی یک روش سنتی در جنگلداری است که برای افزایش بهره وری جنگل بسیار ضروری است. با استفاده از سیستم سنجش از دور پهپادها می توان اطلاعات مستمری را در مورد تراکم جنگل در سطح منطقه به دست آورد (شکل ۲b).

هرس مزارع جنگلی برای افزایش کیفیت و ارزش چوب مهم است. والاس و همکاران (۲۰۱۴) آزمایشی را ترتیب دادند تا داده های رادار لیزری سه برگشتی از یک اکالیپتوس ۴ ساله واقع در تاسمانی در استرالیا را به دست آورند. پلتفرمی که برای اسکن استفاده شد، شامل یک پهپاد مجهز به بال چرخشی بود که می توانست در ارتفاع کم (۴۰ متر) و با سرعت کم پرواز کند. آنها با استفاده از این تکنولوژی توانستند ابرهای نقطه ای با چگالی بالا (۱۴۵ و ۲۲۰ پالس در متر مربع) به دست آوردند. داده های رادار لیزری قبل و بعد از هرس جمع آوری شد.

هر تاج درخت به طور خودکار از داده ها مجزا می‌شد و با استفاده از هندسه ابر نقطه، حجم تاج و ارتفاع پایه تعیین شد. نتایج حاصله تفاوت معنی داری را در خصوصیات تاج پوشش درختان در بین ساقه های هرس نشده و هرس شده نشان داد که بیانگر این موضوع است که سیستم رادار لیزری مبتنی بر پهپاد قادر است تا درختان هرس شده را به طور دقیق متمایز سازد. اگر در سطح یک درخت موضوع را بررسی کنیم، همبستگی متوسطی بین ارتفاع پایه تا تاج درخت که با استفاده از رادار لیزری محاسبه شده است و اندازه‌گیری میدانی وجود داشت. با سبک‌تر شدن روز افزون اسکنرهای لیزری، می توان آن‌ها را بر روی پهپادهای کوچک‌تر نصب کرد و کاربردهای جنگلداری آنها را کارآمدتر و مقرون به صرفه تر نمود.

نتیجه‌گیری

پنج نوع کاربرد که در بالا مطرح شد، مزایایی را که سنجش از راه دور پهپاد نسبت به روش‌های سنجش از راه دور متداول دارد، نشان می‌دهد. پیشرفت مستمر پهپادها و سنسورها جدید، کاربردهای سنجش از راه دور را جذاب تر می کند. برخی از کاربردهایی که هزینه پایین داشته و می‌توان برای اجرای آن از سنجش از دور پهپادها بهره گرفت، به سختی می‌توان آن‌ها را با استفاده از سنجش از دور هواپیماهای سرنشین‌دار یا سنجش از دور ماهواره‌ای انجام داد. پهپادها با توجه به اینکه بدون سرنشین هستند، می توانند بسیار کوچک ساخته شوند و در نتیجه می‌توان استقامت پرواز آنها را افزایش داده و مصرف سوخت و انرژی را نیز کاهش داد. برخی از هواپیماهای بدون سرنشین آنقدر کوچک هستند که می توانند در

نزدیکی سایبان های جنگلی پرواز کنند. برخی از پهپادها به اندازه کافی بزرگ هستند که در ارتفاعات متوسط یا بلند پرواز کنند و می توانند به طور مکرر پرواز کنند تا وسعت آتش سوزی مداوم را بدون به خطر انداختن ایمنی خدمه ثبت کنند.

مدیریت منطقی جنگل در حوزه جنگلداری مدرن، نیازمند اطلاعات دقیق و دیجیتالی از جنگل است. استفاده از عکاسی هوایی برای به دست آوردن اطلاعات جنگل از مدت‌ها پیش متداول بوده است. در طول نیم قرن گذشته، تصاویر ماهواره ای به یک منبع داده مهم برای تحقیقات جنگلداری تبدیل شده است. شکل کنونی کاربردهای سنجش از دور پهپادها در جنگل‌داری هنوز در مراحل اولیه خود است، اما به نظر می‌رسد که نقش سنجش از راه دور پهپادها در آینده نزدیک از سنجش از دور هواپیماهای سرنشین‌دار سبقت بگیرد. انعطاف پذیری و پایین بودن هزینه سنجش از راه دور پهپادها در تبدیل داده های جنگلداری عادی به فرمت های دیجیتال مفید است و سبب می‌شود شیوه های جنگلداری به صورت دقیق تر و اثربخش‌تراجرا گردد. با این وجود، برخی چالش در راستای اجرای دقیق، ایمن سنجش از راه دور پهپاد وجود دارد.

به ویژه اینکه، پلتفرم‌ها، سنسورها، عملیات و محیط‌ها همگی از محدودیت‌هایی برخوردار هستند. وینگ و همکارانش چنین بیان کردند که پهپادهایی که ابعاد کوچکتری دارند، در برابر آب و هوا و حوادث انسانی از حساسیت بیشتری برخوردارند و بنابراین ممکن است به دلیل آسیب ناشی از برخورد با زمین، هزینه های بالقوه زیادی را متحمل شوند.

تنوع بالای پلتفرم‌ها و سنسورها سبب می‌شود سنجش از راه دور پهپاد از کاربردهای مختلفی برخوردار باشد، با این حال، ناسازگاری‌های موجود در این فناوری ها موانعی را برای کاربردهای استاندارد و بهبود یافته سنجش از راه دور پهپادها ایجاد می کند. متأسفانه، هیچ همکاری چند رشته‌ای برای بهبود استانداردسازی توسعه سنجش از دور پهپادها وجود ندارد. انجام مطالعات تطبیقی سیستماتیک جهت تعیین فناوری‌های مناسب سنجش از راه دور پهپاد در شرایط مختلف جنگلی و یا اهداف مختلف بسیار مهم است.





مقاله دوم

مروری بر تکنولوژی های سنجش از دور در جنگل

به صورت کلی، ما پنج فناوری سنجش از دوری مناسب جنگل ها داریم:

- تصویربرداری ماهواره ای
- فتوگرامتری
- رادار
- فراطیفی یا هایپراسپکترال
- لایدار

اما قبل از اینکه به این موضوع بپردازیم، باید چند نکته را در نظر گرفت.

اول، این فناوری‌ها در مقیاس‌های مختلف کاملاً متفاوت عمل می‌کنند. تصور کنید که در حال تجزیه و تحلیل یک تصویر پهپاد هستید، جایی که ممکن است صدها پیکسل نشان دهنده آن درخت باشد، در مقابل یک تصویر ماهواره ای که هر پیکسل ۳۰ متر عرض دارد و ده ها یا صدها درخت در داخل آن پیکسل وجود دارد. هر یک از آن تصاویر بسیار متفاوت است و اطلاعات بسیار متفاوتی به ما می دهد.

این فناوری‌ها همچنین از نظر هزینه و در دسترس بودن نیز متفاوت هستند. بهترین داده‌ها، گران و کمیاب هستند و متراکم ترین اطلاعات، ممکن است با حجم یک ترابایت یا بیشتر در هر هکتار باشد.

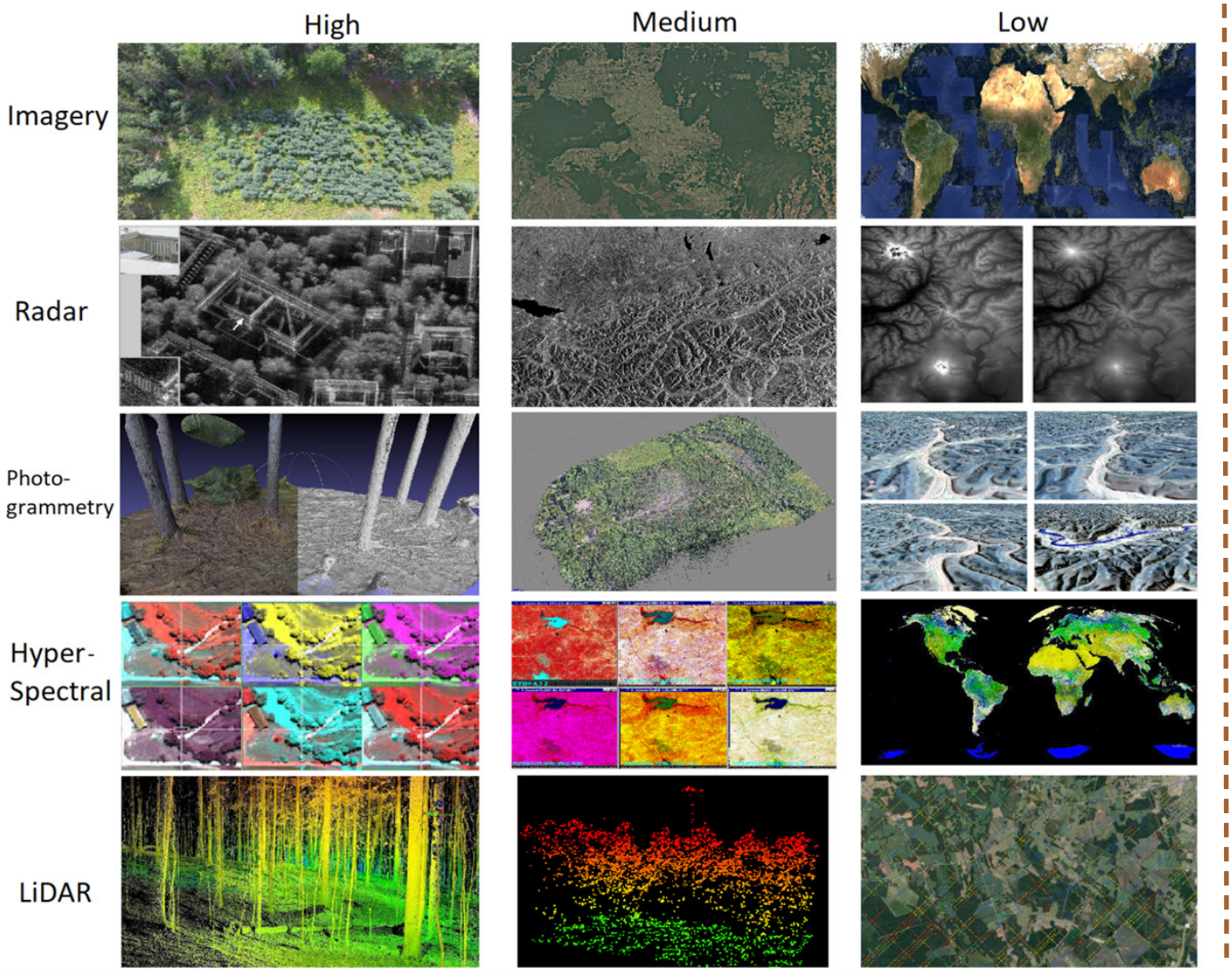
تصاویر ماهواره ای

اساساً، تصویربرداری از زمین است و این را می توان در هر دقتی انجام داد، و زمانی که من با تصاویر کار می کنم، آنها را به ۳ دسته تقسیم می کنند:

- با وضوح پایین با پیکسل های بزرگتر از ۵۰ متر
- وضوح متوسط با پیکسل های ۵ تا ۵۰ متر
- وضوح بالا با اندازه پیکسل کمتر از ۱ متر

این دسته بندی ها مهم هستند زیرا در تصاویر با وضوح پایین و متوسط می توانیم چیزهایی را در مورد درختان فقط با مشاهده مقادیر پیکسل استنباط کنیم، در حالی که تصاویر با وضوح بالا یک جسم دارای چند پیکسل است و باید کنار هم قرار بگیرند تا آن جسم قابل تشخیص باشد و اغلب برای تصاویر با وضوح بالا چالش برانگیزتر هستند.

نکته‌ای که در مورد تصویر برداری باید به آن توجه کرد این است که فناوری‌های کنونی می‌توانند طول موج‌های نور را بسیار بیشتر از چشم انسان تشخیص دهند. وقتی مردم به یک جسم نگاه می کنند، تنها چیزی که نیاز دارند سه رنگ نور (قرمز، سبز و آبی) است، اما تعداد بی نهایت رنگ ظریف در طیف الکترومغناطیسی وجود دارد که می توان آنها را تصویر کرد.



برخی از مفیدترین طول موج های نور برای اندازه گیری جنگل ها در طول موج مادون قرمز نزدیک است.

سنتینل ۲ و لندست ماهواره هایی هستند که رایج ترین و فراوان ترین منبع تصاویر با وضوح متوسط این روزها هستند. تصاویر آن‌ها توسط دولت‌های سراسر جهان جمع‌آوری می‌شوند، به‌طور رایگان در دسترس عموم هستند و کار کردن با آن‌ها نسبتاً آسان است. اکثر مردم در پلتفرمی به نام گوگل ارث انجین به این داده ها دسترسی دارند.

هر دوی این گروه های ماهواره ای امواج مادون قرمز را اندازه گیری می کنند و در توصیف پوشش و محاسبه تاج پوشش جنگل عالی هستند. لندست از سال ۱۹۸۴ عملیاتی شده است، بنابراین می تواند چیزهای زیادی در مورد آنچه در گذشته برای جنگل ها اتفاق افتاده است به ما بگوید. اما تصویربرداری نمی‌تواند به تنهایی کار کند و اطلاعات کافی برای اندازه گیری کربن جنگل یا موجودی جنگلی ارائه نمی‌کند. دلیل این امر این است که این حسگرها با بزرگتر شدن جنگل ها اشباع می شوند. به عنوان مثال، آنها نمی توانند تفاوت بین

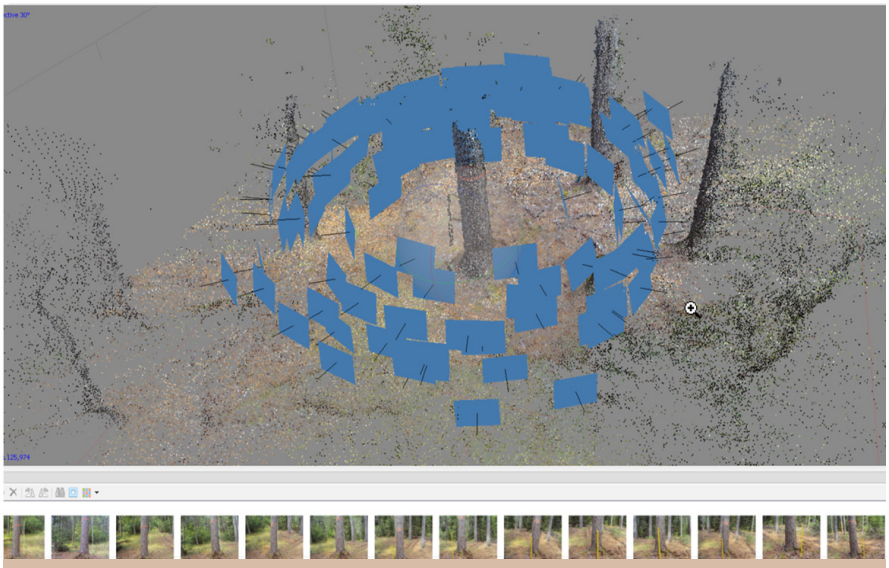
جنگل های با چوب زیاد و جنگل هایی با مقدار متوسط چوب را تشخیص دهند. در یک نقطه خاص از چرخه حیات یک جنگل، رنگ تاج پوشش آنها ثابت می شود و دوربین نمی تواند تفاوت را تشخیص دهد.

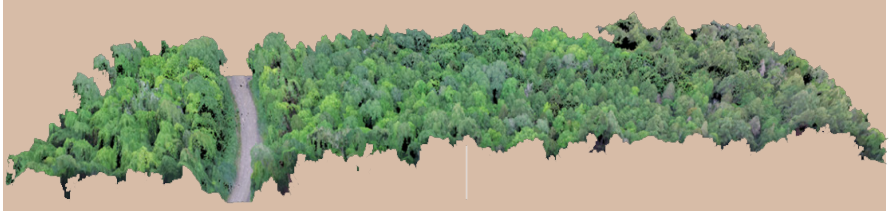
در نهایت، تصویربرداری با وضوح پایین ممکن است ضعیف به نظر برسد، اما از آنجایی که می‌توانیم هر روز از کل سیاره تصویربرداری کنیم، می‌تواند برای ردیابی آتش‌سوزی‌های جنگلی، پایش فصل‌ها و مشاهده روندهای آب و هوایی بسیار مفید باشد. رایج ترین حسگر با وضوح پایین که این روزها استفاده می شود، MODIS نام دارد و در Google Earth Engine نیز موجود است.

فتوگرامتری:

بازسازی تصاویر دو بعدی و تولید تصاویر سه بعدی با استفاده از مثلثات پیچیده ریاضی است. می‌توانیم از پهپادها یا هواپیماها، تصاویری با وضوح بالا بگیریم و ارتفاع اجسام را بر اساس انحراف آنها در هر تصویر محاسبه کنیم. واقعا جادو است!

از آن‌جایی که می‌تواند ارتفاع و ساختار درخت را





فتوگرامتری می‌تواند برای تخمین کربن جنگل استفاده شود. اما با یک هشدار مهم همراه است. اگر نمی توانید زمین را ببینید، نمی دانید ارتفاع درختان شما چقدر است. این یک مشکل بزرگ است، زیرا اگر ما ارتفاع درخت را تنها چند متر با اختلاف تخمین بزنیم، تخمین کربن ما اشتباه خواهد بود. بنابراین فتوگرامتری تنها زمانی واقعاً کار می کند که یک جنگل، تاج پوشش باز داشته باشد، یا زمانی که آن را با فناوری سنجش از دور دیگری ترکیب کنید. صادقانه بگوییم، این همان چیزی است که مانع از به کارگیری آن برای استفاده در مقیاس بزرگ شده است. مشکل دیگر فتوگرامتری این است که باتری پهپادها تمام می شود!

آخرین چیزی که در مورد فتوگرامتری باید به آن توجه کرد این است که در نهایت ما می‌توانیم این کار را از فضا انجام دهیم، که به دلیل مشکل افزایش مقیاس، بازی تغییر خواهد کرد. برخی از منابع تصویربرداری فضایی تجاری مثل Maxar، Airbus، Planet وجود دارد، اما این فناوری هنوز در مراحل ابتدایی خود است، و فتوگرامتری فضایی برای تخمین قابل اعتماد کربن جنگل کافی نیست. Maxar یک نقشه ارتفاع ۵۰ سانتی متری ارائه می دهد که ممکن است کار کند ... اما بسیار گران است.

رادار:

در مورد رادار چیزهای زیادی می توان گفت. اولا، کاربردهای همه رادارها یکسان نیستند. موارد استفاده از رادار بستگی زیادی به فرکانس امواج رادیویی پرتاب شده دارد. طول موجهای کوتاه‌تر (باندهای C و X اساساً از تاج پوشش جنگل عبور نمی‌کنند. این هنوز برای نظارت بر جنگل زدایی مناسب است، اما برای محاسبه کربن جنگل مفید نیست.

رادار با طول موج بلندتر (باندهای L و P) می‌توانند به داخل جنگل نفوذ کند تا در مورد ساختار جنگل به ما بگوید. از این نوع رادار می توان برای تخمین کربن جنگل استفاده کرد، اگرچه رادار باند L در جنگل های بزرگ کاملاً این کار را انجام نمی دهد. متأسفانه، در حال حاضر هیچ ماهواره راداری باند P در مدار زمین وجود ندارد.

اما در سال ۲۰۲۳ آژانس فضایی اروپا در حال پرتاب یک ماهواره است که باید برای تهیه نقشه های موجودی جنگل مفید باشد.

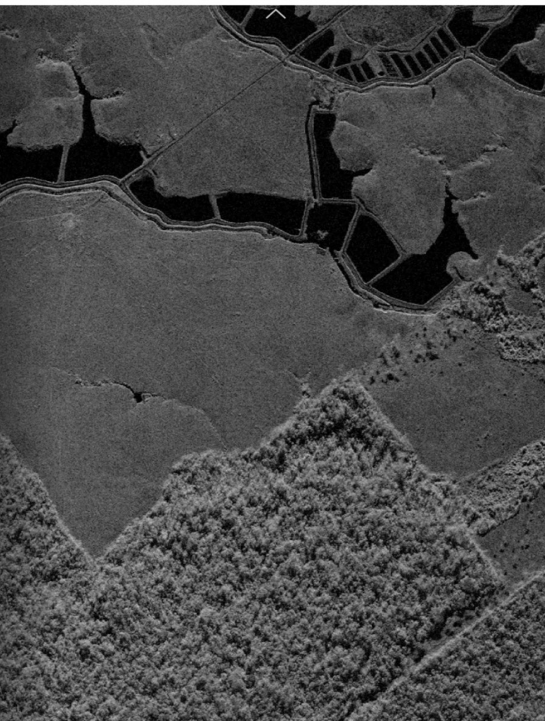
ماهواره سنتینل ۱ از رادار باند C برای تصویربرداری از زمین تقریباً یک بار در هفته استفاده می کند و می توان از طریق Google Earth Engine برای نقشه جنگل زدایی به آن دسترسی داشت.

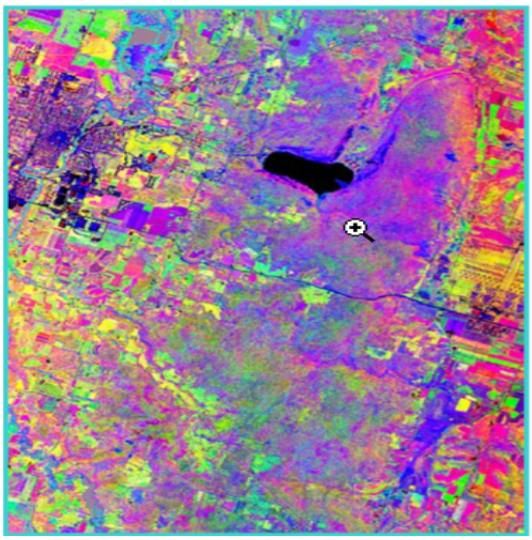
در پایان می خواهم به یک فناوری بسیار جدید اشاره کنم که رادار با وضوح بالا است. تعداد انگشت شماری از شرکت های خصوصی وجود دارند که رادارهای باند X را از فضا با وضوح تا ۲۵ سانتی متر می فروشند. همانطور که قبلاً گفتم، رادار باند X تقریباً از تاج پوشش جنگل عبور نمی کند. اما چیزی که این ویژگی را خاص می کند این است که وضوح آن به قدری بالاست که می توانیم در واقع تاج درختان را تشخیص دهیم. ما امیدواریم که در نهایت کسی کار یادگیری عمیقی را با این کار انجام دهد تا کربن جنگل را مدل کند.

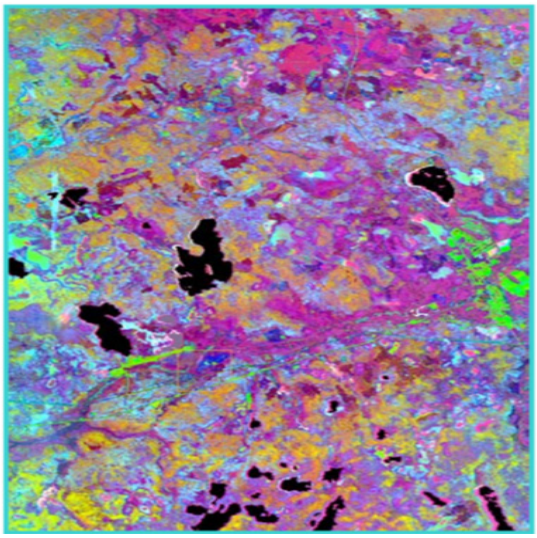
فراطیفی - در مرحله بعد، به گران‌ترین فناوری در این فهرست، اما جالب‌ترین آنها می رسیم.

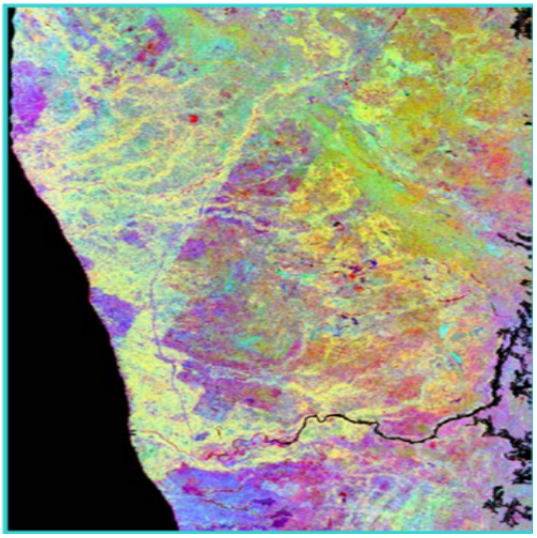
تفاوت تصاویر فراطیفی با تصاویر معمولی این است که به جای تصویربرداری از حدود ۱۰ طیف نور، می تواند تا ۱۰۰۰ طیف رنگی نور را ثبت کند!







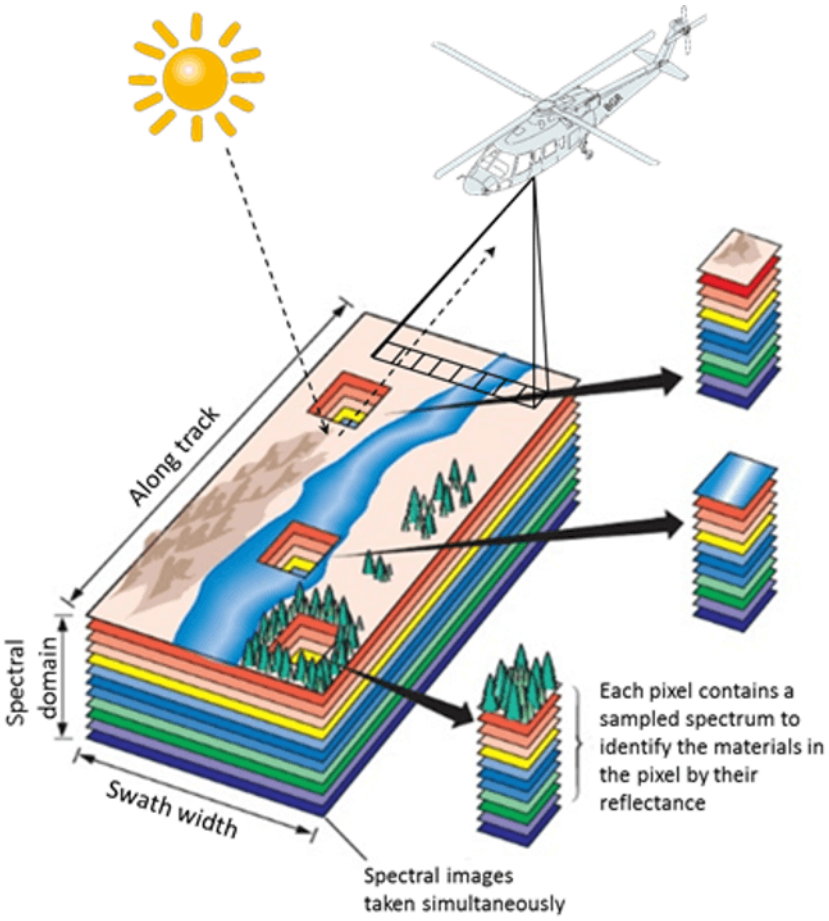


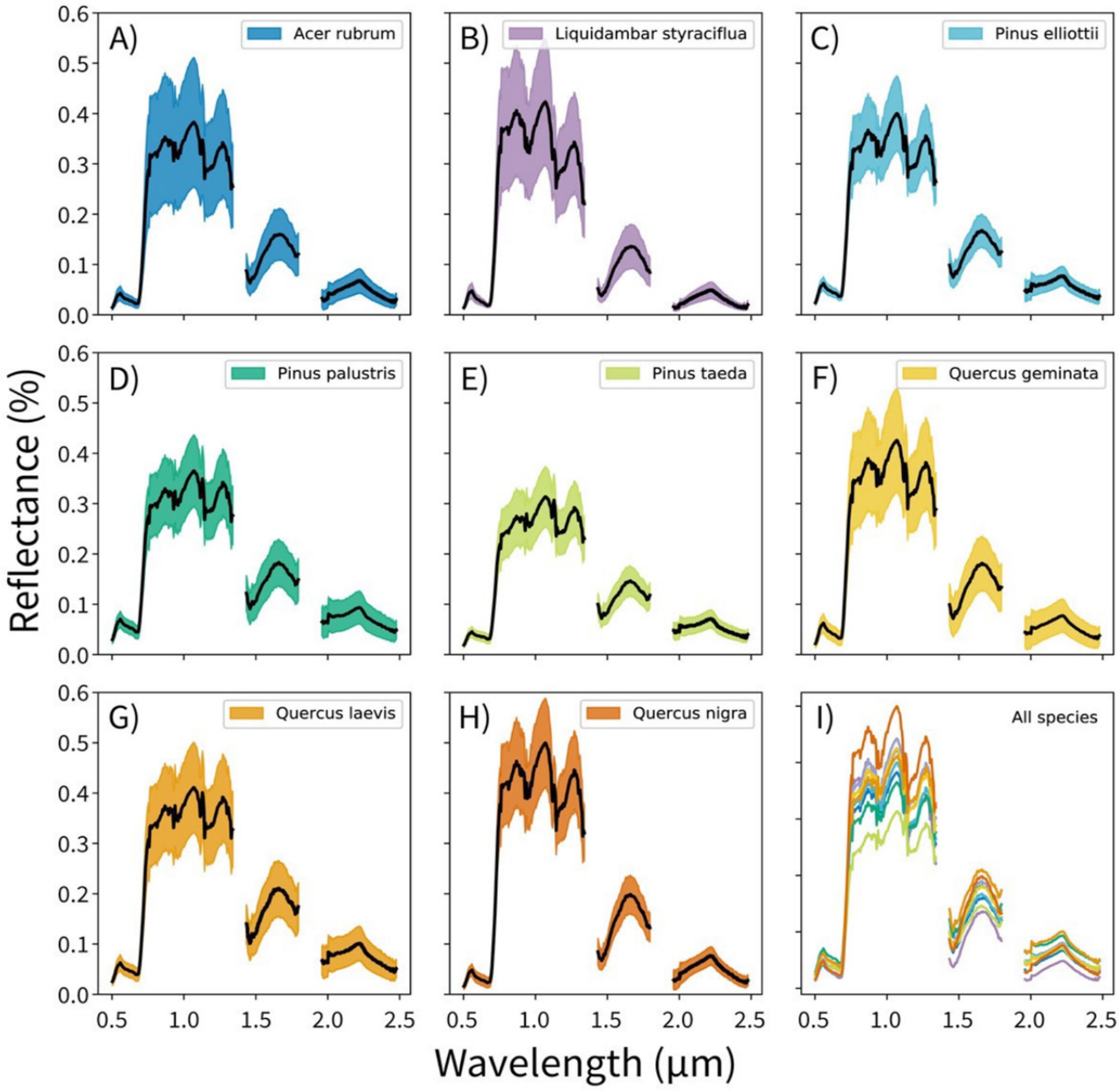


اکنـون، درختـان ممکـن اسـت همـه از نظـر مـا سـبز بـه نظـر برسـند، امـا هـر گونـه درخـت دارای طیـف متفاوتـی اسـت کـه بـا دوربیـن فراطیفـی قابـل تشـخیص اسـت. بنابرایـن تصاویـر فراطیفـی تنهـا فنـاوری اسـت کـه مـی توانـد گونـه هـای درختـی و تنـوع زیسـتی را بـه مـا بگویـد.

یکـی دیگـر از ویژگی‌هـای جالـب تصاویـر فراطیفـی ایـن اسـت کـه می‌توانـد تقریبـاً تمـام ویژگی‌هـای اکولوژیکـی جنـگل را کـه می‌خواهیـد بدانیـد، تشـخیص دهـد.

هـر مولکـول مجموعـه‌ای متفـاوت از رنگ‌هـا را سـاطع می‌کنـد، بنابرایـن بوم‌شناسـان و فیزیولوژیسـت‌ها می‌تواننـد از آن بـرای اندازه‌گیـری محتـوای کلروفیـل، محتـوای نیتـروژن، فسـفر، لیگنیـن، کربـن و ده‌هـا عنصـر کمیـاب دیگـر اسـتفاده کننـد. ایـن اطلاعـات ارزشـمندی بـرای تعییـن سـلامت درخـت و عملکـرد اکوسیسـتم اسـت.

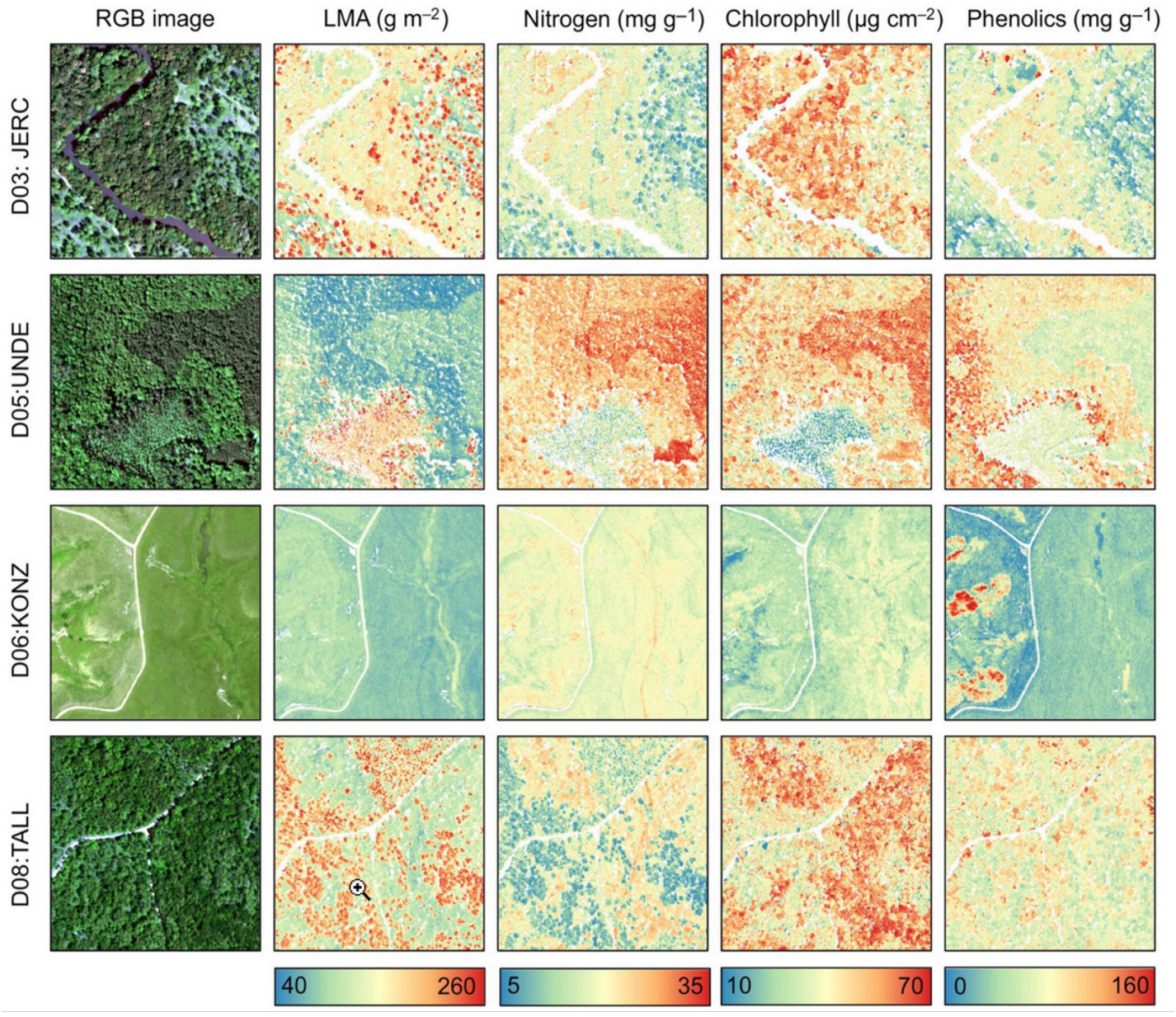




یکی دیگر از ویژگی‌های جالب تصاویر فراطیفی این است که می‌تواند تقریباً تمام ویژگی‌های اکولوژیکی جنگل را که می‌خواهید بدانید، تشخیص دهد. هر مولکول مجموعه‌ای متفاوت از رنگ‌ها را ساطع می‌کند، بنابراین بوم‌شناسان و فیزیولوژیست‌ها می‌توانند از آن برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل، محتوای نیتروژن، فسفر، لیگنین، کربن و ده‌ها عنصر کمیاب دیگر استفاده کنند. این اطلاعات ارزشمندی برای تعیین سلامت درخت و عملکرد اکوسیستم است. مهمتر از همه، فراطیفی با برخی اشکالات عمده همراه است. اولاً، بسیار گران است. دولت این داده‌ها را در بسیاری از مکان‌ها ندارد و متأسفانه بوم‌شناسی جنگل در اولویت‌های بسیاری از سیاستمداران قرار ندارد.

کار با این داده ها نیز بسیار دشوار است. برای هر پیکسل در یک تصویر، ممکن است بیش از ۱۰۰۰ نقطه/اعداد داده

مرتبط با آن وجود داشته باشد. این به معنی حجم عظیم فایل، مسائل مربوط به اصلاح جغرافیایی است. در آخر، لازم است اشاره کنم که همه داده های فراطیفی برابر نیستند. فراطیفی کامل و فراطیفی جزئی وجود دارد. تصاویر فراطیفی جزئی شامل باندهای مادون قرمز موج کوتاه نمی شود، و بنابراین برای هر چیزی که در بالا ذکر کردم، نسبتاً بی فایده است. تصاویر فراطیفی کامل رواج کمتری داشته و بسیار ارزشمندتر است، با این حال دولت آن را در برخی از جنگل‌های آزمایشی ارائه می‌کند. چند ماهواره ابرطیفی وجود دارد، اما آنها فقط داده های فراطیفی جزئی را ارائه می‌دهند، بنابراین قبل از خرید به دقت فکر کنید. تنها ماهواره فراطیفی کامل هایپریون بود و متأسفانه چند سال پیش از مدار خارج شد. با این وجود، داده های Hyperion هنوز در دسترس و عمومی است و می تواند برای اکولوژیست های جنگلی بسیار مفید باشد.



لیدار:

سرانجام به لیدار می رسیم، پادشاه بلامنازع سنجش از راه دور جنگل.

LiDAR با پرتاب لیزر از یک هواپیما (یا ماهواره) و اندازه‌گیری مدت زمانی که طول می‌کشد تا آن نور از یک جسم منعکس شود و برای اندازه‌گیری فاصله برگردد، کار می‌کند. انجام این کار بارها و بارها به ما این امکان را می دهد که صحنه های سه بعدی جنگل همانند فتوگرامتری بسازیم - اما در این مورد لیزر می تواند از طریق جنگل به زمین نفوذ کند.

از آنجایی که LiDAR یک رندر کامل سه بعدی از ساختار جنگل را به ما می‌دهد، می‌توانیم از آن برای تخمین کربن، تعداد درخت، ارزش چوب و تقریباً هر چیز دیگری که می‌خواهید در مورد جنگل بدانید به جز گونه‌ها استفاده کنید. علاوه بر این، بیشتر کشورهای توسعه یافته LiDAR را بر فراز سرزمین خود پرواز داده‌اند و بسیاری از این داده‌ها رایگان و در دسترس هستند، اما احتمالاً چند سال قدیمی هستند.

نتیجه گیری:

بنابراین این خلاصه ای سریع از مهم ترین فناوری های سنجش از راه دور جنگل است. بیایید مرور کنیم که کدام فناوری ها می توانند کدام مشکلات را حل کنند:

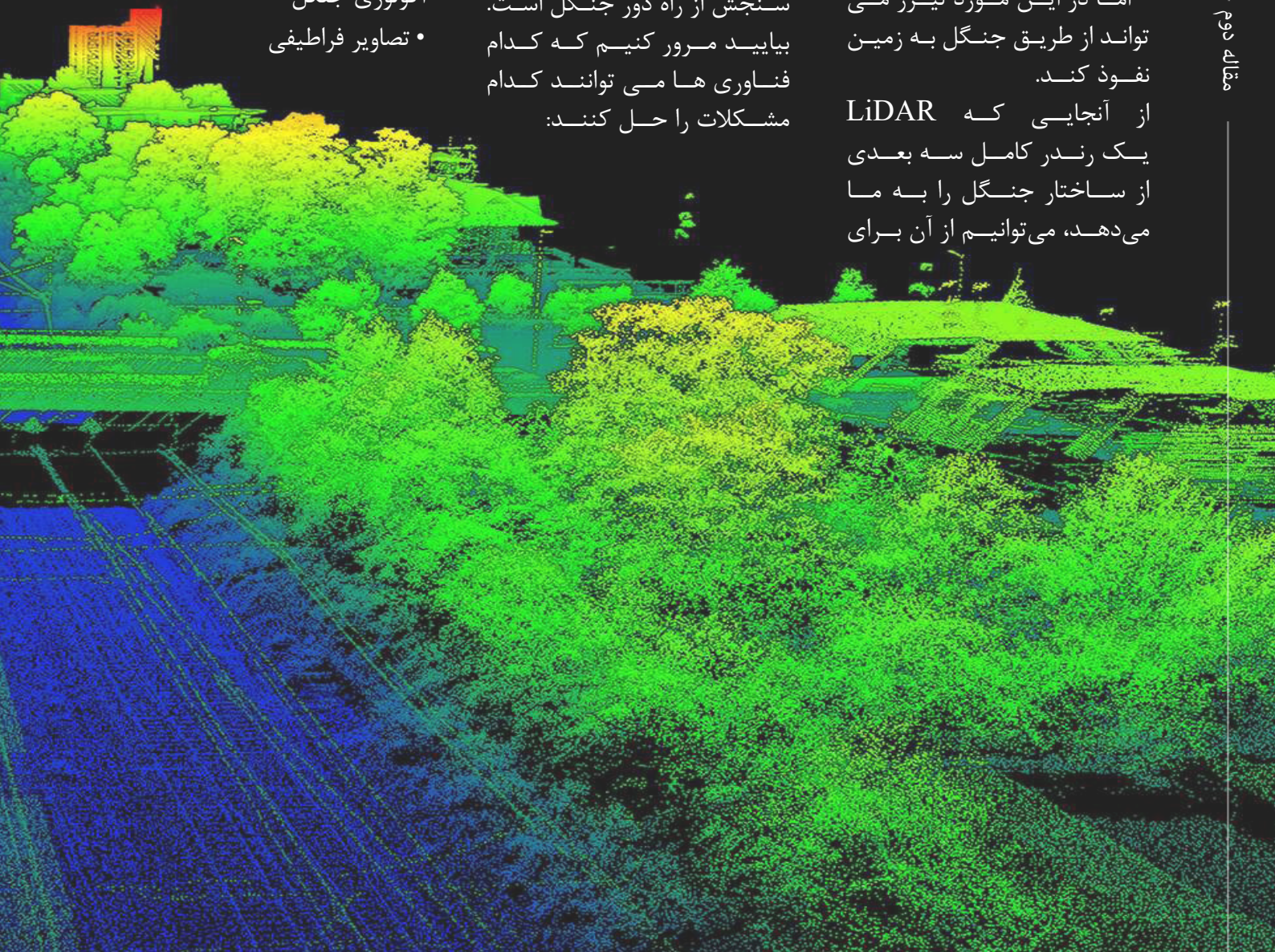
(۱) محاسبه کربن جنگل و موجودی جنگل
- مطمئناً LiDAR
- رادار با باند P و باند L
- تا حدی فتوگرامتری (در شرایط مناسب)

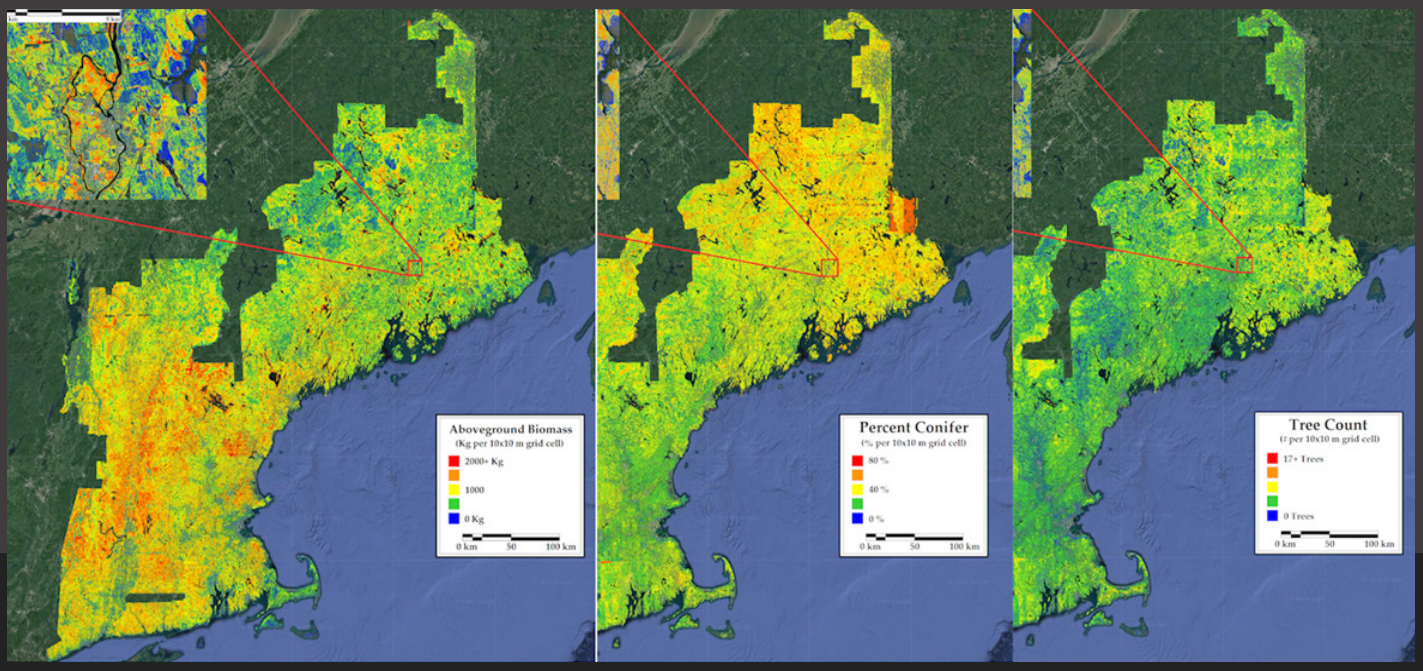
(۲) گذشته جنگل
- تصاویر با وضوح متوسط

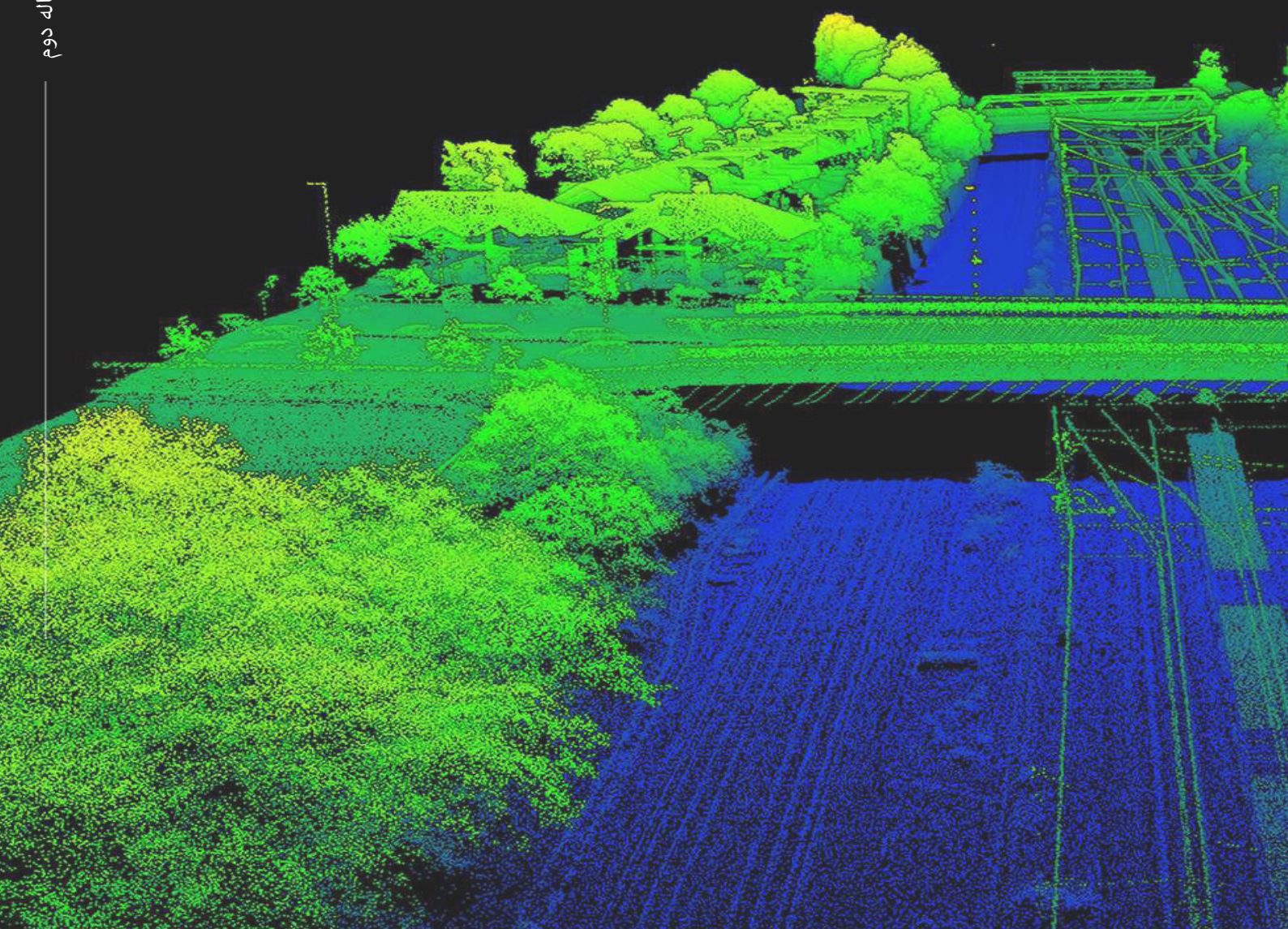
(۳) تشخیص اختلال و جنگل‌زدایی
- تصاویر با وضوح متوسط و بالا
- رادار (همه باندها، بخصوص باندهای X و C)

(۴) تشخیص گونه های درختی و تنوع زیستی
- تصاویر فراطیفی

(۵) پایش سلامتی و بیماری و اکولوژی جنگل
- تصاویر فراطیفی




Aboveground Biomass
(Kg per 10x10 m grid cell)
2000+ Kg
1000
0 Kg
0 km 50 100 km
Percent Conifer
(% per 10x10 m grid cell)
80 %
40 %
0 %
0 km 50 100 km
Tree Count
(# per 10x10 m grid cell)
17+ Trees
0 Trees
0 km 50 100 km



Papers



پیپرز به معنی مقالات است و هدف آن ترجمه مقالات کاربردی با موضوعات جدید و مرجع از مجلات معتبر لاتین (ISI) است که به صورت مجله‌ای شکیل در اختیار پژوهشگران و دانشجویان علاقمند بخصوص مقاطع ارشد و دکتری قرار می‌گیرد.
هرشماره به یک موضوع کاربردی و یک شاخه از علوم زمین می‌پردازد و تلاش می‌شود که مقالات انتخاب شده موضوعاتی را در بر بگیرند که کاربردی باشند.
بیشتر این مقالات حول موضوعات محیط زیست، آلودگی، منابع طبیعی، جنلگداری، آبخیزداری، زمین‌شناسی و معدن، عمران، نقشه‌برداری، علوم آب و هیدرولوژی، علوم شهری، سنجش از دور و جی آی اس، هواشناسی و اقلیم، کشاورزی و خاکشناسی می‌باشد.