تهیه نقشه کربن آلی خاک با استفاده از هم‌افزایی تصاویر ماهواره‌ای

(منطقه مورد مطالعه: استان البرز)



پری ناز عبدلی
■ دکترای مدیریت منابع خاک
کارشناس رسمی قوه قضائیه رشته مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی

چکیده: کربن آلی خاک (SOC) یکی از مهم‌ترین مولفه‌های حاصلخیزی خاک و چرخه جهانی کربن است که نقش حیاتی در تنظیم تبادلات گازهای گلخانه‌ای و پایداری اکوسیستم‌های خاکی دارد. روش‌های سنتی اندازه‌گیری کربن آلی خاک، علی‌رغم دقت بالا به دلیل هزینه‌های زیاد و محدودیت‌های مکانی، قابلیت تعمیم‌پذیری محدودی دارند. در این مطالعه، از هم‌افزایی داده‌های سنجش از دور شامل تصاویر ماهواره‌ای مادیس و لندست ۸ به همراه داده‌های زمینی و الگوریتم یادگیری ماشین برای مدلسازی و تهیه نقشه کربن آلی خاک در استان البرز استفاده شده است.

نتایج نشان می‌دهد که هم‌افزایی این داده‌ها می‌تواند دقت پیش‌بینی کربن آلی خاک را افزایش داده و ابزاری کارآمد برای پایش و مدیریت خاک ارائه دهد.

مقدمه: کربن آلی خاک به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت خاک، تأثیر مستقیمی بر ساختار فیزیکی، فعالیت زیستی و قابلیت نگهداشت آب و مواد مغذی دارد. بررسی تغییرات کربن آلی خاک در مقیاس منطقه‌ای، به‌ویژه در استان البرز که تحت تأثیر فشارهای انسانی و تغییرات کاربری اراضی قرار دارد، اهمیت ویژه‌ای دارد. در سال‌های اخیر، روش‌های سنجش از دور و یادگیری ماشین به عنوان جایگزینی برای روش‌های سنتی نمونه‌برداری و آزمایشگاهی مطرح شده‌اند. ترکیب این روش‌ها امکان مدل‌سازی بهتر و افزایش دقت تخمین کربن آلی خاک را فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها:

منطقه موردمطالعه: مساحت استان البرز ۵۱۲۵ کیلومترمربع است. این منطقه در عرض جغرافیایی شمالی و طول جغرافیایی شرقی به ترتیب در محدوده ۳۲/۶۸' ۳۵° تا ۲۱/۷۵' ۳۶° و ۷/۸۴' ۵۰° تا ۲۸/۷۳' ۵۱° قرار دارد. میانگین بارش سالانه ۲۵۱ میلی‌متر در سال با حداقل ۸۹/۳ میلی‌متر و حداکثر ۳۷۴/۴ میلی‌متر در سال است.

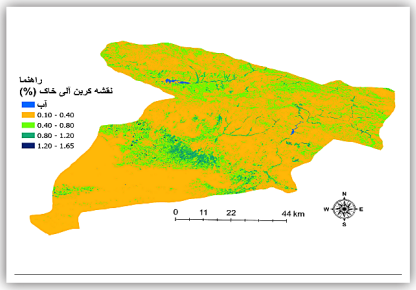
داده‌های سنجش‌ازدور: داده‌های سنجش‌ازدور از تصاویر لندست ۸ و سنجنده مادیس استخراج شده‌اند. تصویر لندست ۸ با دقت زمانی ۱۶ روز و دقت مکانی ۳۰ متر و سنجنده مادیس با دقت زمانی ۱-۲ روز و دقت مکانی ۵۰۰ متر از سامانه گوگل ارث انجین دریافت و شاخص‌های طیفی و بازتاب طیفی باندها از تصویر لندست ۸ و سنجنده مادیس استخراج شدند.

داده‌های زمینی شامل نمونه‌های خاک برداشت‌شده از مناطق مختلف استان البرز با اندازه‌گیری کربن آلی خاک در آزمایشگاه مرجع کالیبره شدند. برای مدلسازی، از الگوریتم یادگیری ماشین مانند ماشین بردار پشتیبان استفاده شد. معیارهای آماری شامل RMSE و R^2 برای ارزیابی دقت مدل‌ها به کار گرفته شدند.

نتایج و بحث: نتایج تحلیل نشان داد که هم‌افزایی داده‌های سنجش از دور و مدل ماشین بردار پشتیبان توانست الگوی مکانی کربن آلی خاک را با دقت بالا پیش‌بینی کند. الگوریتم بردار پشتیبان با R2=۰/۶۲ عملکرد خوبی داشت. توزیع کربن آلی خاک در مناطق مختلف منطقه موردمطالعه نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل‌توجهی است که به‌وضوح در شکل ۱ قابل‌مشاهده است.

تحلیل‌ها بر اساس نقشه کربن آلی خاک، بیانگر آن است که میزان کربن آلی در نواحی نزدیک به رودخانه‌ها که عمدتاً به کاربری‌های باغی و زراعت آبی اختصاص دارند، بالاتر است. این افزایش به خصوصیات بیوژئوشیمیایی خاک که تحت تأثیر مستقیم کاربری زمین و نوع پوشش گیاهی قرار دارد، اشاره دارد.

در منطقه مرکزی، میزان کربن آلی بین ۰/۵ تا ۱/۲ درصد متغیر است، که نشان‌دهنده تأثیر تراکم بالای باغات بر ساختار و عملکرد خاک در ذخیره کربن است. بخش‌های شمالی منطقه نیز شاهد تغییراتی در میزان کربن آلی خاک (۰/۴ تا ۰/۸ درصد) هستند که این موضوع به وجود جنگل‌های کم‌پوش و مراتع ارتباط داده می‌شود، افزایش نسبی کربن آلی در این مناطق تأکیدی بر نقش حیاتی اکوسیستم‌های طبیعی در حفظ تعادل کربنی دارد. در مقابل، بخش‌های جنوبی و به‌ویژه جنوب غربی، که با کاهش ماده آلی خاک مواجه هستند، به دلیل پوشش گیاهی کمتر و فرسایش زمین‌های کشاورزی دیم مطرح می‌شوند، این وضعیت بر چالش‌های مرتبط با حفاظت از خاک و جلوگیری از تخریب آن در مناطق کشاورزی تأکید دارد، که این امر اهمیت استراتژی‌های مدیریتی مؤثر در حفظ سلامت خاک و تقویت ذخیره کربن را نمایان می‌سازد.



شکل ۱- نقشه کربن آلی خاک منطقه مورد مطالعه

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و داده‌های سنجنده مادیس برای برآورد میزان کربن آلی موجود در خاک استفاده‌شده است. به‌منظور افزایش دقت برآوردها، فن هم‌افزایی داده‌های حاصل از تصاویر لندست ۸ و سنجنده مادیس به کار گرفته شد. همچنین، کارایی مدل ماشین بردار پشتیبان در برآورد کربن آلی خاک مورد ارزیابی قرار گرفت.

عملکرد این مدل با استفاده از داده‌های طیفی و بر اساس معیارهای آماری R2 و RMSE مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج نشان داد که استفاده همزمان از تصاویر لندست ۸ و داده‌های سنجنده مادیس (هم‌افزایی داده‌ها) نسبت به استفاده جداگانه از هر یک از آن‌ها، منجر به‌دقت بیشتر با ضریب تبیین بالاتر و خطای پایین‌تر می‌شود. این مطالعه همچنین نشان داد که مدل ماشین بردار پشتیبان مدل مناسبی در ترکیب داده‌های مختلف ماهواره‌ای می‌باشد.

بنابراین، استفاده از هم‌افزایی تصاویر لندست ۸ و سنجنده مادیس می‌تواند به‌عنوان روشی قابل‌اعتماد و مؤثر در برآورد کربن آلی خاک در مناطق موردمطالعه استفاده شود.