مروری بر کاربرد داده‌های ماهواره‌ای درمطالعات خاک

سیدکاظم علوی پناه، حمید رضا متین فر، چوقی بایرام کمکی و فریدون سرمدیان
به ترتیب دانشیاردانشگاه تهران، دانشجوی دکترای دانشگاه تهران، مدرس دانشگاه صنعتی شاهرود، و استادیار دانشگاه تهران

مقدمه

تکنیک و علم سنجش از دور در بررسی و شناخت عوارض و منابع طبیعی در سطوح وسیع با تکرار زمانی، تهیه نقشه بهنگام، دستیابی به توسعه پایدار، شناخت محیط و عوامل مؤثر بر آن سودمند است. بنابراین، یکی از ابزارهای مؤثر در زمینه مطالعات محیط زیست و علوم زمین استفاده از فن‌آوری دورسنجی است. شناخت بسیاری از منابع تجدیدشونده نظیر خاک، آب، معدن و پوشش گیاهی و پایش پدیده‌های زیانباری مانند سیلابها، بیابان‌زایی، فرسایش آبی و بادی، حرکت تپه‌های شنی، شوری آب و خاک، تخریب جنگلها و مراتع، لازمه دستیابی به توسعه پایدار است. در این راستا استفاده از فناوری دورسنجی و به کارگیری داده‌های ماهواره‌ای اغلب موجب کاهش هزینه‌ها، صرفه جویی در وقت و افزایش دقت و سرعت می‌گردد و روز به روز نیز بر اهمیت این فناوری در جهت توسعه پایدار افزوده می‌شود. فن‌آوری دورسنجی از جمله ابزارهای نوینی است که دستیابی و استخراج اطلاعات پایه برای مدیریت منابع زمین را میسر می‌سازد. با فناوری سنجش از دور می‌توان با هزینه و زمان کمتر، طیف وسیعی از پروژه‌ها را در سطح جهانی، ملی، استانی و محلی به نتیجه رساند. جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها از پدیده‌های زمینی اعم از شهر، روستا، معدن، جنگل، خاک و گیاه از فاصله دور به کمک فناوری دورسنجی به فاصله زمانی چند ساعت تا چند روز در طول ماه یا سال و بصورت مکرر، حجم عظیمی از اطلاعات را فراروی کاربران زمینه‌های مختلف علوم زمینی قرار داده است. لذا عدم پردازش و استخراج اطلاعات گوناگون از درون لایه‌های اطلاعاتی متفاوتی که این گونه جمع‌آوری می‌شود به نوعی اتلاف منابع و داده‌ها است، اما چنانچه این اطلاعات به درستی و با ابزارهای مناسب پردازش و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند و علاوه برآن، به سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) [1] تزریق شوند، ضمن بکارگیری قابلیت‌های سرعت و دقت سیستم رایانه‌ای از قابلیت‌های سیستم GIS یعنی سازماندهی، تجسم، جستجوی فضایی، ترکیب، تجزیه و تحلیل، پیش‌بینی و بهنگام نمودن اطلاعات می‌توان بهره برد، در واقع پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای و طبقه‌بندی آنها یعنی نمونه‌برداری از سطح محدودی از تصویر و تعمیم آن به کل تصویر در چند دقیقه، کمک شایانی به صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌های پروژه‌ها خواهد نمود که در این مقاله سعی می‌شود ضمن بررسی کلی برخی سنجنده‌های ماهواره‌ای و بحث و بررسی پیرامون این فناوری، روشهای بهینه کاربردی آن ضمن کاهش هزینه و زمان، در علم خاکشناسی این اطلاعات هم مورد بحث قرار می‌گیرد.

[1] Geographic Information System

مواد و روش‌ها

به منظور مقایسه کلی تعبیر و تفسیر و کاربرد داده‌های ماهواره‌ای با روش‌های سنتی خصوصاً عکس‌های هوائی و نقشه‌برداری به روش سنتی در این تحقیق اقدامات زیر مورد توجه و انجام پذیرفته است:

- جمع‌آوری مشخصات سنجنده‌های مهم با قدرت تفکیک طیفی، مکانی و رادیومتری متفاوت.
- مقایسه کلی روش‌های نقشه‌برداری سنتی و رقومی خصوصاً از جنبه هزینه‌ها و صرفه‌جویی در وقت.
- مطالعه روش‌های جمع‌آوری نمونه و مطالعات میدانی جهت کاهش هزینه و صرفه‌جویی در وقت.
- استفاده از نتایج طبقه‌بندی نظارت شده و جدول نتایج خطا جهت تعین نسبت نمونه‌ها به کل پیکسل‌های محدوده مطالعاتی و اهمیت استفاده از این روش‌ها.

نتایج و بحث

تحلیلی بر ویژگی‌های سنجنده‌های مهم در دورسنجی

برای دیده‌بانی و جمع‌آوری اطلاعات از سطح زمین، تعدادی از سنجنده‌های مختلف کشورهای اروپایی، ایالات متحده و ژاپن در دوره‌های ۱ تا ۱۷۶ روزه تصویر کاملی از سطح زمین در باندهای مرئی تا مادون قرمز جمع‌آوری و به ایستگاههای زمینی ارسال می‌دارند این سنجنده‌ها دارای قدرت تفکیک مکانی، رادیومتری و طیفی متفاوتی بوده که به کاربران قدرت انتخاب و بهره‌وری متناسب با نوع پدیده مورد مطالعه را می‌دهند. در میان آنها، NOAA هر ۱۲ ساعت یک تصویر کامل از زمین ارائه می‌دهد و اگر چهار سنجنده از این نوع همزمان تصویربرداری کنند هر ۳ ساعت یک پوشش از زمین را ارائه خواهند داد، البته قدرت تفکیک مکانی این سنجنده پایین می‌باشد (۱×۱ کیلومتر) اما قدرت تفکیک زمانی آن بسیار بالا است. لذا برای بررسی پدیده‌های جوی، مراحل رشد گیاهان، نمایش پیشروی آتش سوزی خصوصاً در جنگلها، نظارت بر سیلابها و پیش‌بینی روند گسترش آن بسیار کارآمد می باشد، در مقابل سنجنده IKONOS و یا Quick bird با قدرت تفکیک مکانی کمتر از یک متر، امکان شناسایی تک درختان و وسایل نقلیه سطح شهرها را فراهم می‌آورد. بنابراین اطلاعات جمع‌آوری شده توسط سنجنده‌های فضایی قدرت تفکیک مکانی، طیفی و رادیومتری متفاوتی داشته، لذا این ویژگیها برای کاربران امکان بهره‌وری متناسب با نوع پدیده مورد بررسی را فراهم می‌آورد.

مزایای کاربرد داده‌های ماهواره‌ای در مطالعه علوم خاک

اهمیت بررسی تغیرات پدیده‌های زمینی

یکی از کاربردهای ویژه دور سنجی بررسی پایش سطح زمین (تشخیص تغییرات) است. در گذشته پایش محیط بر اساس روشهای میدانی و عکس برداری معمولی بزرگ مقیاس صورت می گرفت. بدیهی است این روش ها برای محیط های کوچک و قابل دسترسی کارآیی دارد و ولی در مناطق کویری و صعب العبور قادر به تشخیص نیست و همچنین، هزینه و وقت قابل توجهی صرف خواهد نمود، اما در محل‌های دور و وسیع که تغییرات سطحی زیادی را می‌پوشاند و پایش مربوط به دوره طولانی مدت میشود ضرورت بکارگیری داده‌های ماهواره‌ای نمایان میشود، این داده‌ها توان تشخیص دقیق و جزئی تغیرات محیطی را داشته و ضمن صر فه‌جویی در وقت، هزینه‌های مطالعه را هم کاهش می‌دهند.

امروزه با رشد شتابان جمعیت و تخریب اراضی و محدودیت منابع تجدیدشونده، شناخت جنبه‌های مختلف طبیعت، جهت اعمال مدیریت علمی امری اجتناب ناپذیر است. خصوصاً به تصویر کشیدن تغییرات زمانی منابع طبیعی (پایش) به لحاظ این که در فواصل زمانی کوتاه این تغییرات محسوس نیست و می‌تواند مدیران و برنامه‌ریزان را از اتفاقات آینده مطلع سازد. به عنوان مثال یک تحقیق موردی از تغییر کاربری و تخریب اراضی حوزه برخوار اصفهان با روش سنتی که حدود یک سال زمان صرف آن شده است نشان می‌دهد که در پریود زمانی، ۱۳۰۲ تا ۱۳۷۷، سطحی معادل ۳۴ هزار هکتار اراضی قابل کشت (کلاسهای ۱، ۲ و۳) *(بر اساس روش سازمان خواروبار کشاورزی (FAO) اراضی به ۶ کلاس طبقه بندی میشوند که کلاسهای ۱، ۲ و ۳ اراضی قابل کشت بدون محدویت بوده و تولید در آنها صرفه اقتصادی دارد، اراضی کلاسهای ۴، ۵ و ۶ دارای محدودیت بوده که برای تولید نیاز رفع محدودیتها و هزینه بیشتری دارند)* از چرخه تولید خارج شده‌اند و در کل شهر اصفهان به ۵۱ هزار هکتار می‌رسد و نکته مهمتر اینکه طی این ۷۵ سال روند تخریب سیر صعودی داشته و در دهه هفتاد تخریب بالاترین نرخ رشد را بخود اختصاص داده است (قیومی، ۱۳۷۹)، اما همین تحقیق با بکارگیری داده‌های رقومی ماهواره‌ای، زمان لازم را برای پردازش و استخراج اطلاعات با احتساب مطالعات میدانی به مراتب کمتر می‌نمود، لذا توانایی به تصویر کشیدن مداوم و با سرعت و دقت منابع علاوه بر اینکه صرفه‌جویی در زمان تحقیق را به دنبال دارد خود به نوعی اتلاف منابع را هشدار داده و میتواند مانعی از روند تخریب منابع با شد.

- صرفه‌جویی در وقت و کاهش هزینه‌ها

در استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ها می توان مؤلفه کاهش هزینه‌ها و صرفه‌جویی در زمان را نیز مدنظر قرار داد. یکی از ابزارهای رسیدن به این اهداف دقت در جمع‌آوری داده‌ها، نمونه‌برداری و مطالعات میدانی میباشد، لذا برای این منظور رعایت نکاتی از قبیل تناسب داده‌های طیفی با مطالعات میدانی و پدیده مورد نظر، جمع‌آوری داده‌های زمینی مناسب با داده ماهواره‌ای، ارزیابی کارائی داده‌های کمی بیوفیزیکی وکیفیت آنها، کاربرد متدولوژی مناسب بسته به شرایط اکولوژیکی ضروری است.

- نمونه‌برداری

به منظور افزایش دقت، صرفه‌جویی در وقت و کاهش هزینه‌ها، هنگام جمع‌آوری داده‌ها خصوصا نمونه‌برداری میدانی توجه به زمان جمع‌آوری داده‌های زمینی (منطبق با زمان سنجش داده‌های ماهواره جهت جلوگیری از تغییرات بازتابی)، تصادفی بودن نمونه‌ها و پراکنش مناسب آن، قدرت تفکیک زمینی تصویر و تمایز عارضه در روی زمین لازم است.

- زمان عبورماهواره و انتخاب زمان مناسب برای مطالعات صحرائی

یکی از مهمترین پارامترها در انتخاب داده‌های ماهواره‌ای درمطالعات خاک، تاریخ برداشت داده‌ها می‌باشد. چونکه پوشش گیاهی موجب خطا درشناسائی و تفکیک خاک می‌گردد. درمناطق خشک و نیمه‌خشک مناسب‌ترین زمان، اواخرتابستان و اوایل پائیز است. بنابر برداشت محصولات زارعی و خشک‌شدن علوفه مراتع و یا چرای آن توسط دامها سطح زمین دارای حداقل پوشش می باشد و انعکاس پوشش سبز به حداقل می‌رسد. یکی فوائد برداشت دراین موقع این است که بعلت عدم بارش، خاک کمترین رطوبت را دارد. همچنین درفصل تابستان زاویه تابش نزدیک به عمود است و اثر سایه کمتر است. Post و همکاران(۱۹۹۴) به منظور بررسی رابطه رنگ خاکهای منطقه نیمه‌خشک آریزونا با استفاده از داده‌های سنجنده MSS، تصویر ماه ژوئن را انتخاب نمودند. علت اصلی انتخاب حداقل بودن اثرسایه و عدم بارش قبل از برداشت تصویر بوده است. درصورت عدم دسترسی به داده‌های اواخر تابستان و اوایل پائیز توصیه می‌شود زمانی انتخاب شود که خاک عاری از پوشش گیاهی و آسمان نیز صاف باشد. Kyoo-Seock Lee و همکاران(۱۹۹۸) برای شناسائی خاکهای ایالت ویسکانسین آمریکا داده‌های دهم آوریل را که آسمان عاری از ابر بود استفاده نمودند و در این فصل (اوایل بهار) سطح خاک غالبا فاقد پوشش گیاهی بوده لذا تداخل امواج بازتابی به حداقل می‌رسد.

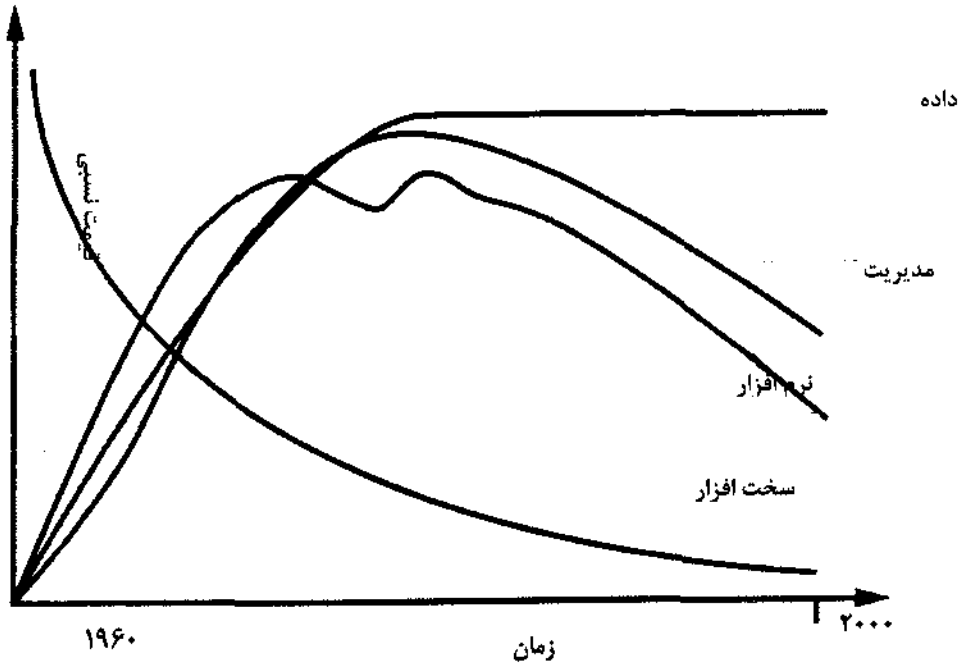
- تلفیق سنجش از دور(RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)

با توجه به حجم زیاد داده‌های سنجش از دور که در دوره‌ها و زمانهای مختلف تولید و جمع‌آوری می‌شود و می‌توان برای کشف و مطالعه پدیده‌ها استفاده کرد. با وجود این همه اطلاعات ارزشمند سنجش از دور، ناآشنایی افراد از چگونگی برقراری رابطه بین سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی موجب عدم استفاده مفید و گسترده از آنها می‌شود. بسیاری از محققین معتقدند تلفیق سنجش از دور و GIS پتانسیل استفاده از داده‌های ماهواره‌ای را به بهترین نحو افزایش می‌دهد. سیستم اطلاعات جغرافیایی مراحل مختلفی را شامل می‌شود که سر انجام نتایج به همان جهان واقعی که اطلاعات اولیه و پایه از آنجا آمده است مرتبط می گردد. امروزه GIS به طور مؤثری داده‌های مکانی و توصیفی مربوط به منابع مختلف را بر اساس اهداف کاربران نگهداری، بازیابی و کاربردی می‌کند. پیشرفتهای سریع فناوری GIS در سالهای اخیر موجب شده که جایگزین برخی روشهای سنتی و معمول گردد. هر ساله برنامه‌های جدید با قابلیت استفاده راحت و توانایی‌های بالا در شبکه جهانی World Wide Web در دسترس عموم قرار می‌گیرد و دسترسی به GIS به عنوان یک ابزار کار آمد، هر روزه زیادتر و خدمات آن بیشتر می‌گردد. با بهبود سیستمهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری طی سالهای اخیر هزینه‌های مرتبط با سیستم اطلاعات جغرافیایی از جمله هزینه‌های مدیریتی، نرم‌افزاری و سخت‌افزاری کاهش یافته بطوری که این مزیت موجب عمومیت استفاده از این فناوری شده است (شکل ۱).

یکی از ابزار مهم GIS تهیه خودکار مدل رقومی ارتفاع (DEM) Digital Elevation Model، نقشه شیب و جهت است که نقش موثری در اصلاح و بهبود کیفیت نقشه‌های تولیدی دارد. خصوصا برای یافتن روابط بین پدیده‌های استخراجی از تصاویر دورسنجی در طبیعت مفید است. بعنوان مثال برای درک روابط بین خاک و محیط نیاز به اطلاعات جانبی از قبیل مدل رقومی ارتفاع، نقشه شیب و جهت دارد. بنابراین، با بکارگیری تکنیکی ارزان می‌توان نقشه ارتفاعی منطقه‌ای با دقت بالا تولید نمود. در جدول شماره ۱، انواع روش‌های ساخت مدل رقومی ارتفاع آورده شده است. برای هر تکنیک کاربرد مناسبی نیز پیشنهاد گردیده است که می‌تواند ملاک تصمیم‌گیری کاربران قرار گیرد.

- بررسی اهمیت صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها

امروزه انواع متفاوتی از تکنیکها و روشها برای نقشه‌برداری و روزآمد نمودن اطلاعات جغرافیایی وجود دارد ولی نکته مهم این است که کدامین تکینک با وجود کارائی و کاربرد، هزینه کمتری دارد. یکی از عوامل دیگر در انتخاب و استفاده از این تکنیک‌ها، قدرت تفکیک مکانی، دقت زمینی و هزینه‌های پرداختی است. درشکل شماره ۲ به خوبی روابط موجود بین قدرت تفکیک مکانی، قدرت تفکیک طیفی و نوع کاربری را به نمایش گذاشته است. برای هر نوع کاربری با رعایت دقت و صحت لازم و صرفه‌جویی می‌توان تکنیکی مناسب را انتخاب نمود. به عنوان مثال برای کاربری‌های شهری مناسب‌ترین روش انتخاب قدرت تفکیک مکانی ۰/۱ تا۰/۰۱ متر و تفکیک طیفی پانکروماتیک است.

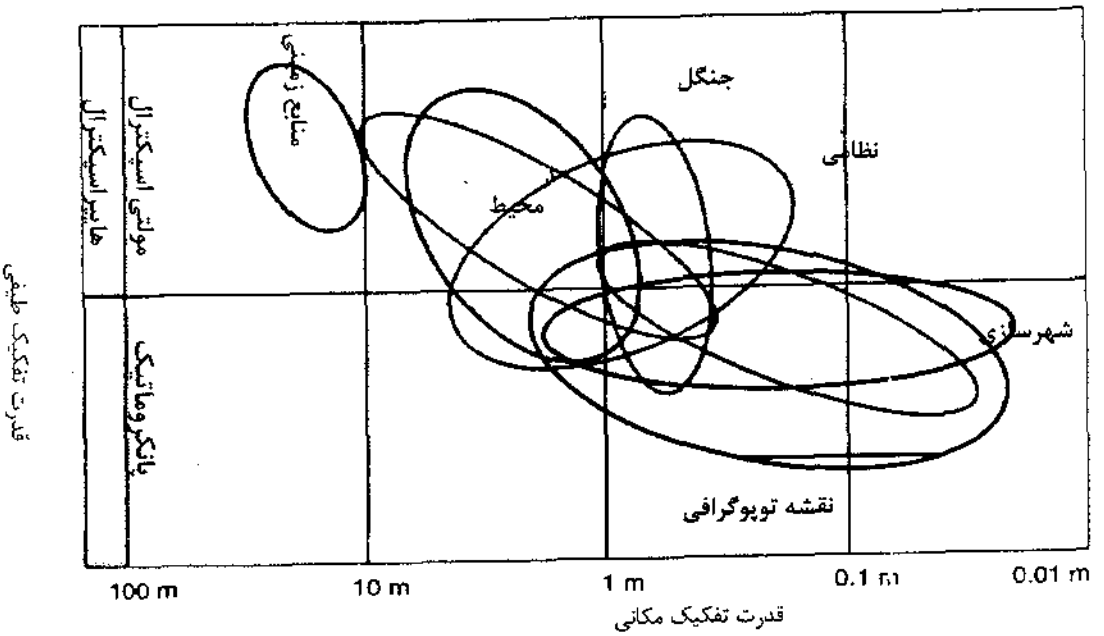


شکل (۱) تغییرات هزینه‌های GIS درطول زمان

جدول (۱) مقایسه روش‌های تهیه مدل رقومی ارتفاع از نظر هزینه، دقت و کاربردهای مهم آن

روش‌های تهیه مدل رقومی	دقت ارتفاعی(متر)	هزینه به دلار(درکیلومترمربع)	کاربرد
داده‌های ماهواره‌ای	±۱۲	۲	توپوگرافی
عکس هوایی به مقیاس ۱:۴۰۰۰۰	±۰/۶	۲۵	توپوگرافی و مدلسازی شهری
عکس هوایی به مقیاس ۱:۳۰۰۰۰	±۰/۲	۱۰۰	نواحی غیرجنگلی
عکس هوایی به مقیاس ۱:۶۵۰۰	±۰/۱	۳۵۰	نواحی غیرجنگلی
نقشه‌برداری زمینی	±۰/۱	۱۰۰۰	نواحی جنگلی

یکی از عواملی که بر هزینه‌های نقشه‌برداری تاثیر مستقیم دارد، مقیاس نقشه‌برداری می‌باشد. بطوری که با کوچک شدن مقیاس، هزینه‌ها کاهش یافته و با بزرگ شدن آن هزینه‌ها هم افزایش می‌یابد. بنابراین، کاربران باید بدانند که برای هر هدف چه مقیاسی مفید است که ضمن کارآمدی هزینه کمتری نیز داشته باشد. برای بررسی این عامل در هزینه‌های تولید نقشه از تصاویر و یا عکس با مقیاس‌های بزرگ تا کوچک به جدول(۲) توجه فرمائید. برای تهیه نقشه مسکونی به وسعت ۲۵۰ کیلومترمربع با فرض اینکه عکس‌های هوائی ۶۰ درصد همپوشانی طولی و۴۰ درصد همپوشانی عرضی نیاز به ۴۰۰ قطعه عکس هوائی ۱:۶۵۰۰ با ابعاد ۱/۵×۱/۵ کیلومتر، نیاز به ۱۰۰ قطعه عکس هوائی ۱:۱۳۰۰۰ با ابعاد۳×۳کیلومتر و نیاز به ۱۰ قطعه عکس هوائی ۱:۴۰۰۰۰ با ابعاد۹/۲×۹/۲ کیلومتر می‌باشد که هزینه آنها برای یک پروژه تهیه نقشه مناطق مسکونی در جدول (۲) آورده شده است.



شکل (۲) روابط موجود بین قدرت تفکیک مکانی، قدرت تفکیک طیفی و نوع کاربری

جدول(۲) مقایسه هزینه‌های تولید برای یک پروژه تهیه نقشه مناطق مسکونی بر اساس مقیاس برحسب دلار

نوع عملیات	مقیاس ۱:۶۵۰۰	مقیاس ۱:۱۳۰۰۰	مقیاس ۱:۴۰۰۰۰
عکسبرداری هوائی	۸۰۰۰	۵۰۰۰	۴۱۱۰
اسکن عکس هوائی	۶۰۰۰	۱۵۰۰	۱۶۵
شبکه‌بندی مثلثی عکس هوائی	۱۰۰۰۰	۲۵۰۰	۲۷۵
مدل رقومی ارتفاع	۴۸۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۳۲۰
تولید عکس با ساختار رقومی	۱۲۰۰۰	۳۰۰۰	۳۳۰
موزائیک عکس هوائی	۸۰۰۰	۲۰۰۰	۲۲۰
هزینه کل نقشه اورتو	۹۲۰۰۰	۲۶۰۰۰	۶۴۲۰
نقشه‌برداری خطی ۱:۱۰۰۰	۸۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰	۲۲۰۰۰
کل نقشه‌برداری خطی	۸۹۲۰۰۰	۲۲۶۰۰۰	۲۸۴۲

صرفه‌جویی ۴۰ تا ۶۰ درصدی در زمان نقشه‌برداری نسبت به روشهای رایج می‌شود. لذا تلفیق این دو می‌تواند ضمن بهبود دقت نتایج، افزایش کیفیت نقشه‌های تولید شده، صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها و امکان روزآمد نمودن نقشه‌ها را فراهم می‌آورد (جدول شماره۳).

همانگونه که ملاحظه می‌شود با کوچک شدن مقیاس، هزینه‌ها با شدت بیشتری کاهش می‌یابد.

Huzing و همکاران (۱۹۹۳) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تکنیک GIS نشان دادند که تهیه نقشه‌های موضوعی منجر به

جدول (۳) مقایسه زمان (ماه) مورد نیاز تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و خاک به روش سنتی و رقومی

زمان (ماه) برای روش رقومی		زمان (ماه) برای روش سنتی		نوع عملیات
تولید نقشه کاربری اراضی	نقشه‌برداری خاک	تولید نقشه کاربری اراضی	نقشه‌برداری خاک	
۰/۲۵	۰/۶	۰/۵	۳	عملیات تفسیر مقدماتی
۰/۵	۶	۰/۵	۶	عملیات میدانی
۰/۵	۱/۲۵	۱	۲/۵	تلفیق نتایج و استخراج اطلاعات
۱/۲۵	۷/۷۵	۲	۱۱/۵	کل زمان صرف شده

همانگونه که ملاحظه می‌شود در روش سنتی نقشه‌برداری خاک به ۱۱/۵ ماه زمان نیاز است در حالیکه تلفیق RS وGIS زمان مورد نیاز را به ۷/۷۵ ماه کاهش داده است. لذا می‌توان با روشهای رقومی در مدت کوتاهتری سطوح وسیعتری را مطالعه و نقشه‌های آن را تهیه نمود (۷).

نقشه‌برداران دانشگاه British Colombia به منظور مقایسه هزینه‌ها و زمان مورد نیاز، منطقه‌ای به وسعت ۸۰۰ مایل مربع را یک بار با استفاده از عکسهای هوائی و یک بار هم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (Landsat) نقشه‌برداری نمودند. میزان انطباق نقشه‌های تهیه شده با نقشه‌های واقعیت زمینی برای عکسهای هوائی ۶۰ درصد و برای تصاویر ماهواره‌ای ۵۰ درصد بود. استفاده از عکسهای هوائی هزینه‌ای معادل ۴۴۲۰۰۰ دلار و ۵۹ ماه زمان لازم دارد (نقشه به مقیاس۱:۱۰۰۰۰۰)، در حالیکه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای هزینه‌ای معادل ۲۰۰۰ دلار و ۶ ماه زمان نیاز دارد (نقشه به مقیاس۱:۵۰۰۰۰۰). بنابراین ملاحظه میشود نقشه‌های بزرگ مقیاس که می‌تواند با دقت مکانی دو برابر نسبت به نقشه‌های با مقیاس (۱:۱۰۰۰۰۰۰) پدیده‌های زمینی را تفکیک نماید با هزینه‌ای بسیار ناچیز و صرف وقت کمتری نسبت به روش سنتی قابل تولید است خلاصه نتایج در جدول(۴) درج گردیده است (۸).

جدول (۴) مقایسه زمان مورد نیاز و هزینه‌های تهیه نقشه به روش سنتی و رقومی

	نوع عملیات	هزینه‌ها/ دلار	عملیا ت	زمان
روش فتوگرامتری	خرید ۲۲۵۰ عکس	۱۲۰۰۰	عکسبرداری	۳۶ ماه
	هزینه پرواز	۳۰۰۰۰۰	نقشه‌برداری از روی ۱۱۲۵ عکس	۱۴ ماه / نفر
	هزینه دوربینها	۱۳۰۰۰۰	کنترل، تولید و چاپ عکس	۹ ماه
	جمع هزینه‌ها	۴۴۲۰۰۰	جمع	۵۹ ماه
روش سنجش از دور (ماهواره‌ای)	تصویربرداری	۱۶۰۰	تصویربرداری	۱ ماه
	موزائیک تصاویر	۴۰۰	نقشه‌برداری از ۴۵ تصویر	۱/۲ ماه /نفر
	جمع هزینه‌ها	۲۰۰۰	کنترل، تولید و چاپ نقشه‌ها	۴ ماه
			جمع	۶/۲ ماه

همانگونه که ملاحظه می شود زمان تولید نقشه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (روش رقومی) یک هشتم زمان مورد نیاز برای روش سنتی است و هزینه‌ها هم حدوداً یک دویستم شده است، البته اگر حجم عظیم لایه‌های اطلاعاتی که با اندکی صرف وقت باز هم از داده‌های ماهواره‌ای قابل اســتخراج است را مدنظر قرار گیرد سودمندی و کارائی داده‌های ماهواره‌ای بیش از این خواهد شد.

تلفیق زمین‌آمار و دورسنجی

یکی از کاربردهای RS و GIS مطالعه پدیده‌های محیطی است که وابسته به موقعیت مکانی خود می‌باشند، اما به منظور صرفه‌جویی در هزینه‌ها و زمان عملاً امکان نمونه‌برداری متراکم از آنها میسر نیست. لذا برای دستیابی به ویژگیهای حقیقی آنها، خصوصیات پدیده‌های محیطی در نقاطی که نمونه‌برداری نشده، تخمین زده شود. ابزاری که می‌تواند بهترین تخمین را ارائه دهد زمین آمار می‌باشد، زمین آمار در واقع علم استفاده از تخمین گرهای آماری به منظور برآورد خصوصیت مورد نظر در نقاطی که نمونه‌برداری نشده است با استفاده از اطلاعات حاصله از نقاط نمونه‌برداری شده می‌باشد. جهانگرد محمدی و همکاران (۱۳۸۱) اطلاعات رقومی ماهواره‌ای را به عنوان متغیر ثانویه برای تخمین برخی خصوصیات خاک در نقاطی که نمونه‌برداری نشده است مورد استفاده قرار دادند، نتایج نشان داد که بیشترین همبستگی بین متغیرهای شوری، قلیائیت و درصد آهک خاک با باندهای طیفی بخش مرئی و مادون قرمز نزدیک وجود دارد. مدل رگرسیونی تخمین هر یک از خصوصیات خاک نشان می‌دهد که باند مادون قرمز

سنجنده‌های ماهواره‌ای بالاترین کارایی را برای برآورد خصوصیات خاک دارا می‌باشند(۴).

مقایسه اجمالی روش سنتی و رقومی

اگرداده‌های ماهواره‌ای را با عکسهای هوائی مقایسه شود اطلاعات حاصله قابل ملاحظه است:

الف ـ عکسهای هوائی در اغلب کشورها از جمله ایران در فواصل زمانی طولانی و صرف وقت زیادی تهیه می‌شوند، به عنوان مثال در ایران دو دوره پوشش سراسری عکسبرداری هوائی انجام گرفته است که یکبار سال ۱۳۳۴ (ه.ش.) و دوره دوم حدود ۴۰ سال بعد بوده است، در حالیکه ماهواره‌ها از هر ۱۵ دقیقه (ماهواره GEOES)، سطح موزائیک شده آن ۸۸ متر مربع خواهد شد که عملاً کار بر روی آن غیر ممکن است.

ج ـ استخراج اطلاعات از این دو نوع از نظر وقت و هزینه‌ها کاملا متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال همار ۳۴۰۰۰۰۰ هکتار را در نظر گرفته شودکه تنها با یک فریم ماهواره‌ای پوشش داده می‌شود، این فریم در کسری از روز نمونه‌برداری و پدیده‌های آن توسط سیستم کامپیوتری طبقه‌بندی میشوند در حالیکه برای تشخیص و تفکیک پدیده‌های مورد نظر در عکسهای هوائی (۲۲۰۰ قطعه) ده‌ها روز وقت لازم است.

د ـ هنگام طبقه‌بندی پدیده‌ها و تفکیک آنها در عکسهای هوائی چون تفکیک دستی صورت می‌گیرد دقت مکانی به اندازه چندین پیکسل است ولی در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به روش رقومی، دقت مکانی به اندازه تک پیکسل است. البته لازم به ذکر است که هر فریم تصویر ماهواره‌ای از تعداد زیادی پیکسل تشکیل شده است. مثلاً هر فریم TM از ۳۸ میلیون پیکسل تشکیل شده است و ما برای طبقه‌بندی آن تقریباً ۱ درصد پیکسلها نمونه‌برداری نموده و بقیه پیکسلها را سیستم کامپیوتری و نرم افزارهای RS طبقه‌بندی می‌نمایند، در واقع هر فریم TM ماتریسی به ابعاد ۶۱۶۶×۶۱۶۶ می‌باشد و سیستم آنرا در چند دقیقه تجزیه و تحلیل می‌نماید در حالیکه حل چنین ماتریسی به روش دستی غیر ممکن بوده یا به قرنها زمان نیاز دارد.

اهمیت جدول ماتریس خطا

با توجه به اینکه طبقه‌بندی نظارتی و غیرنظارتی توسط پردازشگرهای رایانه‌ای امکانپذیر است و منجر به نقشه طبقه‌بندی شده می‌گردد. با استفاده از نتایج طبقه‌بندی نظارت شده و تهیه جدول ماتریس خطا می‌توان دقت نسبت نمونه‌ها به کل پیکسلهای محدوده مطالعاتی، انواع خطاها (افزایشی وکاهشی) و ضریب کاپا در تهیه نقشه‌های خاک و مقایسه تغییرات آنها برآورد نمود. در تحقیقی که توسط علوی‌پناه و مسعودی(۱۳۸۰) به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه موک استان فارس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام گرفت، داده‌های سنجنده TM به ابعاد ۱۲۰۰×۱۲۰۰ پیکسل را که مجموعاً ۱۴۴۰۰۰۰ پیکسل میشود مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همانطور که در جدول ۶ ملاحظه می‌شود از این تعداد فقط ۲۳۵۷ پیکسل یعنی

هر ۲ روز (ماهواره ASTER)، هر ۱۶ روز (ماهواره لندست) تا ۶ ماه (ماهواره اروپایی ERS)، پوشش کاملی از سطح زمین را با تنوعی از باندهای طیفی ارائه می‌دهند که به هیچ وجه قابل مقایسه با تعداد کم عکسهای هوائی گردآوری شده از معدود مناطق سطح زمین نمی‌باشد.

ب ـ علاوه براینکه داده‌های ماهواره‌ای رقومی بوده و هر فریم تصویر ماهواره‌ای پوشش وسیعی از سطح زمین را نمایش میدهد. به عنوان مثال یک فریم TM با ابعاد ۱۸۵×۱۸۵کیلومتر وسعتی معادل ۳۴۰۰۰۰۰ هکتار را پوشش می‌دهد که اگر با عکس هوائی همین سطح را پوشش داده شود به ۲۲۰۰ قطعه عکس هوائی نیاز است و

۰/۱۶۳٪ از آنها را نمونه‌برداری نموده و ۹۹/۸۳٪ مابقی آن را سیستم، طبقه‌بندی کرده است و کل پدیده‌های موجود در منطقه را در کلاسهای زراعت آبی، مرتع، شالیزار، جنگل، باغات، تاکستان و زراعت دیم طبقه‌بندی نموده است و با طبقه کننده حداکثر احتمال، نقشه کاربری منطقه تهیه گردید و انواع خطای موجود نیز مورد بررسی قرار گرفت.

جمع‌بندی

براساس نتایج این مقاله، یکی از مزایای شناخت خاکها به روش دورسنجی (داده‌های ماهواره‌ای) صرفه‌جویی در وقت است بنحوی‌که مدت زمان لازم برای تهیه هر واحد نقشه به روش رقومی بین یک‌چهارم تا یک‌هشتم روش سنتی است. مزیت دیگر آن، قدرت تفکیک طیفی بالای تصاویر ماهواره‌ای است. به طوری که می‌توان دقت تفکیک واحدهای اراضی را با تلفیق باندهای طیفی با مدل رقومی ارتفاع به نحو قابل قبولی ارتقاء داد. مزیت دیگر این روش، ایجاد پایگاه اطلاعات اراضی و خاکهاست. این پایگاه ضمن ذخیره اطلاعات توصیفی اراضی و خاکها، قابلیت روزآمد شدن، استخراج اطلاعات و نقشه‌های موضوعی خاص را داراست. ازمهمترین محدودیت‌های استفاده از داده‌های دورسنجی پایین قدرت تفکیک مکانی تصاویراست که البته با انتخاب باندهای پانکروماتیک سنجنده‌هایIRS، SPOT و+ETM و بکارگیری روش ادغام باندی Fusion با دیگر باندهای مرئی و مادون قرمز درمحیطG.I.S این نقیصه را می‌توان تا حدودی جبران نمود. بنابراین، بکارگیری روش رقومی نقشه‌برداری خاک ضمن صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌های نقشه‌برداری مزایای دیگری ازجمله: (الف) تهیه سریع نقشه‌ها و صرفه‌جویی در وقت، (ب) تهیه نقشه‌ها با کیفیت بالاتر و هزینه کمتر، (ج) تهیه نقشه‌های موضوعی مورد نیاز کاربران خاص، (د) تسهیل تهیه نقشه‌ها و روز آمد نمودن آنها، (ه) به حداقل رساندن استفاده از نقشه‌های چاپ شده و هزینه‌های بایگانی و نگهداری نقشه‌ها درپی خواهد داشت.

بنابراین با توجه به رشد و توسعه روزافزون این فن‌آوری و نیاز مدیران بخشهای مختلف از جمله برنامه‌ریزان شهری برای شناخت پراکندگی جمعیت، مراکز خدمات‌رسانی، اراضی مسکونی و قابل سکونت همچنین برنامه‌ریزان منابع طبیعی برای آگاهی از پراکندگی

مکانی جنگلها، مراتع، معادن، اراضی قابل کشت، گونه‌های گیاهی، اراضی شور و عرصه‌های کویری، شناسایی قابلیتها و کاربردهای متنوع این فن‌آوری برای مدیران و برنامه‌ریزان بخشهای مختلف اقتصادی و اجتماعی کشور حائز اهمیت می‌باشد.

منابع

۱. علوی پناه، س.ک.، ۱۳۸۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران.

۲. علوی‌پناه س.ک.، م. مسعودی، ۱۳۸۰. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره لندست TM و سیستم اطلاعات جغرافیایی (منطقه موک استان فارس)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال هشتم، شماره اول.

۳. قیومی محمدی، ۱۳۷۹. هشداری در مورد تبدیل اراضی کشاورزی به شهری، مطالعه موردی اصفهان، مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۴ شماره ۲.

۴. محمدی جهانگرد و و. چیت ساز، ۱۳۸۱. مقایسه تخمین گرهای ژئواستاتیستیکی و رگرسیون خطی جهت برآورد برخی از خصوصیات خاک سطحی به کمک داده‌های رقومی TM، خاک و آب، ۱۶.

5. Burrough P.A., 1986. Principle of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment، Oxford Science Publication.

6. Lillesand T.M. and R.W. Kieffer, 1994. Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley and Sons, Inc.

7. Morris D. K., Gary C. Steinhardt, R.L. Nielsen, 2000. Using GIS، GPS and Remote Sensing as a Soil Mapping Tool, 5th International Conference on Precision Agriculture، Bloomington, MN:16-19 July 2000.

8. Valentine K.W.C. and J. F. Hawkins, 2000. A Quantitative Comparison of Color Photography and Landsat Imagery for a Small Scale Land Resource Map of Northern British Colombia.