

دورکاوی و سامانه‌های

اطلاعات جغرافیایی (RS&GIS)

قسمت دوم

چکیده

سنجنده‌های ماهواره‌ای فرصتی برای اندازه‌گیری چندزمانه پیوسته‌ای از ناحیه وسیع را در طی دوره زمانی چندروز تا چنددهه را فراهم می‌آورند. پوشش سنجنده و تکرار فاصله به وسیله ارتفاع سکوی تصویربرداری (ماهواره)، شتاب زاویه‌ای، میل مداری متناسب با استوا و تعیین موقعیت متناسب با برابری بهاری تعیین می‌گردد. (Elachi, 1987)

سنجنده‌های آپتیکی زیادی در مدارهای سنکرون خورشیدی نزدیک قطبی استقرار یافته‌اند تا به توان به پوشش جهانی و هندسه نور مداوم و پیوسته‌ای دست یافت. تکرار فاصله در میان سنجنده‌ها متفاوت است زیرا بستگی به ارتفاع و شتاب سنجنده‌ها دارند.

سنجنده‌های دیگری در مدار سنکرون زمین قرار گرفته‌اند تا به توان به فرکانس پوشش بالایی از آن منطقه رسید. (برای نمونه ماهواره‌های هواشناسی (GEOS))

توانایی آشکارسازی تغییرات در سطحی که در طی زمان از آن تصویر تهیه شده است بستگی به ثبت هندسه فضایی و وضوح فضایی، عرض طیفی و محل باند طیفی و خصوصیات رادیومتر و زمانی فرکانس تهیه تصویر سنجنده دارد. مقایسه تصاویر دریافتی بوسیله یک سنجنده در تاریخهای متفاوت با هرگونه تغییرات در انحراف دستگاه سنجنش و نیز اختلاف در خصوصیات جوی، به طور مشخص در پوشش ابری پیکسل فرعی پیچیده می‌گردد.

وقتی که به دلیل اختلاف در سنجنده (IFOV)⁽¹⁾، (PSF)⁽²⁾ عرض باند و خصوصیات واکنش طیفی بیشتر از یک سیستم سنجنده استفاده می‌شود، تغییر آشکارسازی به طور قابل ملاحظه‌ای پیچیده‌تر می‌گردد.

کلمات کلیدی

سنجنده، مدارهای سنکرون خورشید، آشکارسازی، اندازه‌گیری چندزمانه و واکنش طیفی.

مقدمه

تکنیک‌های زیادی برای تصحیحات جوی و رادیومتری تصویر ماهواره‌ای جهت تحلیل چندزمانی ارائه شده است. تغییرات در خصوصیات تابشی به دلیل هندسه نور به ویژه مسئله آخرین هستند. زیرا چنین تغییراتی می‌توانند به شدت رابطه بین رادیانس‌های ماهواره‌ای و خصوصیات سطحی اثرگذارند. بدین ترتیب، استخراج دقیق اطلاعات کمی از تصویر چندزمانه نیاز به الگوریتم‌های پیچیده‌ای جهت تصحیح هندسی نور خاص منظره، اثرات جوی و خصوصیات سنجنده دارد. بسیاری از مباحث پیشین در خصوص اختلاف محیطی فضایی برای اختلاف زمانی نیز بکاربرده می‌شود.

مشخصات زمانی داده‌های دورکاوی

فرآیند عملکرد در طی زمان را می‌توان ممتد، منقطع یا متناوب، ثابت یا غیرثابت، اتفاقی، وابستگی اتوماتیک یا مرتب (منظم) بیان نمود. برای کاربردهای زیادی، دورکاوی را می‌توان به عنوان نمونه برداری نقطه در قلمرو زمان (یعنی فاصله زمانی که در طی آن تصویر به دست می‌آید می‌توان بطور قابل اغماض کوتاه فرض نمود) عمل کرد.

معادله $f(\chi, \lambda, t, p) = r(\chi, \lambda, t, p) i(\chi, \lambda, t)$ را می‌توان به عنوان تابعی از زمان به صورت زیر بازنویسی نمود:

$$f(t) = r(t) i(t)$$

اگر (t) فاصله زمانی بین نمونه‌های متوالی باشد، پس یک سری مشاهدات تکراری ماهواره‌ای از موقعیتی را می‌توان تلفیقی و امتزاج تغییراتی ممتد در محیطی توسط فیلتر نمونه برداری زمانی دانست که می‌توان به صورت یک سری از توابع دلتا مدل‌سازی نمود:

$$i(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t-nT)$$

بدین ترتیب معادله $f_T(t) = f(t) i(t)$ بدست می‌آید که در آن $f(t)$ را می‌توان از $FT(f(t))$ برای تغییرات زمانی معلوم شده در طی دوره‌های فرکانس $\geq 1/2T$ یا کمتر فرکانس Nyquist بدست آورد. فرایندهایی که در فرکانسهای بالاتری (دوره‌های کوتاه مدت) تغییر می‌کنند نام دیگری در $f_T(t)$ خواهد بود. خواص الکترومغناطیس سطحی در طی مقیاسهای زمانی از ثانیه تا سال تغییر پیدا می‌کند. برای نمونه، سطوح روئیدنی در تعدیل فیزیولوژی سایبان گیاهی و تغییرات ناشی از باد در وضعیت برگ در عرض ثانیه‌هایی دستخوش تغییر می‌شوند. در صورتی که فرایندهای متوالی می‌تواند در طی دهها سال تا قرن‌ها عمل کند. اختلاف فرکانس بالا موجب صدای غیر قابل اجتناب در تصویر چندزمانه می‌شود. تغییرات سریع جوی و تغییرات بازتابی سطح با نور همچنین در تولید صدا کمک می‌کنند ولی می‌توان این اثرات را از بین برد. با وجود فرکانس بالای "صدا" داده‌های ماهواره‌ای به طور مؤثری جهت کنترل فرایندهای سطحی که مستند یا پیش از چند روز دوام دارند و می‌توانند تغییر قابل آشکارسازی در عرض چندسال نشان دهد، به کار برده می‌شود. آشکارسازی رویدادهای متناوب بزرگی نظیر آتش سوزی و سیل امکان پذیر است ولی مدت کوتاه آنها به این مفهوم است که آنها را می‌توان فقط از نقطه نظر احتمالات در

نواحی وسیعی بیان نمود. سیستم‌ها دستخوش تغییر مستقیم تدریجی (توسعه و گسترش نواحی شهر) یا سریع‌تر هستند ولی تغییر مستقیم نیز (برای نمونه، تغییر کشت زمینهای جنگلی منطقه استوایی که در آن نسبتها در مراحل مختلف کاربری یا بازایافت بدون تغییر باقی می‌ماند) باعث اشکال می‌گردد زیرا اطلاعات در خصوص چنین سطوحی به ویژه به هر دو خواص نمونه‌گیری زمانی و فضایی سیستم سنجنده حساس است. متأسفانه اطلاعات کمیته اندکی در خصوص اختلاف فضایی زمانی سطوح زمین متکی بر مقیاس وجود دارد، اگر چه چنین تحلیلهایی هم اکنون بر روی نواحی وسیعی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان‌پذیر می‌باشد.

تاون شند^(۳) و جاسترس^(۴) در سال ۱۹۸۸ میلادی نمونه با ارزشی از تعامل زمان و مکان در دورکاوی در ارتباط با کنترل تغییرات پوشش زمین برای مناطق وسیعی ارائه کرده‌اند و نشان دادند بیشتر چشم‌اندازها در اثر زمان و فضا تحت انواع وسیعی از تغییرات در مقیاسهای خاصی دارای تفاوت می‌باشند. توانایی سیستم‌های سنجنده برای کنترل چنین تغییراتی در سطوح مختلف به کنتراست رادیومتری بین مناطق و همبستگی به چگونگی توزیع تغییر زمانی در فضا دارد (برای نمونه نواحی یکپارچه و یکنواخت در اثر زمان به طور یکنواخت تغییر می‌کند، مرز دقیق گسترده بین دو منطقه به صورت تصاعدی حرکت می‌کند و در نتیجه منطقه از نقطه‌ای با گذشت زمان به صورت بازتابی گسترش می‌یابد)، در نهایت نتیجه گرفتند که وضوح فضایی بالا برای کنترل و دیده‌بانی سطح زمین از اهمیت خاصی برخوردار است. احتمالاً، نتیجه تعاملی برای کنترل و دیده‌بانی سطح اقیانوس به کار برده خواهد شد که در آن وضوح بالای زمانی بسیار بیشتر از وضوح فضایی اهمیت پیدا می‌کند.

سنجنده‌های ماهواره‌ای عملیاتی و برنامه ریزی شده

برنامه غیرنظامی دورکاوی از اواسط سالهای ۱۹۶۰ میلادی شروع به کار نموده و ماهواره‌های سری لندست از سال ۱۹۷۸ میلادی و ماهواره‌های سری (NOAA AVHRR) از ۱۹۷۸ میلادی پوشش جهانی فراهم می‌کنند. لندست ۲، ۱ و ۳ به تنهایی بیش از ۱ میلیون تصویر (Lauer 1990) برداشت نموده است. سپس، سنجنده‌های زیادی از کشورهای روسیه، فرانسه و هندوستان به فضا پرتاب شدند و در نظر است که سیستم‌های تحقیقاتی متنوعی نیز در طی سالهای آتی به فضا پرتاب شوند.

مجموع سازی دورکاوی و GIS

مطالب قبل، مشخصات کلی داده‌های دورکاوی را بیان داشت و اشاراتی نیز به برخی از مسائل نمود که باید در موقع مجتمع سازی این داده‌ها با دیگر منابع اطلاعاتی برای تحلیل جغرافیایی مورد توجه قرار گیرند. در این قسمت تعدادی از کارهای تکنیکی مربوط به مجتمع سازی داده‌ها و مدل سازی فضایی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

دو این راستا، بر روی سه نکته تأکید می‌شود.

۱ - داده‌های ماهواره‌ای در تداوم، دقت بالای وضعیتی، وضوح بالای فضایی و زمانی و خطا یا تفسیر انسانی تقریباً از بقیه داده‌های جغرافیایی متفاوت است. GIS نیاز به قابلیت‌های راستری جهت ذخیره و

تحلیل حجم وسیعی از این داده‌ها با حداقل افت وضوح یادقت رادیومتری دارد.

۲- نقشه از نقاط و خطوط جهت نشان دادن عوارض به‌گزینه‌ای از واقعیت در شکلی بسیار انتزاعی و کلی استفاده می‌کند. این اطلاعات برای تحلیل داده‌هایی که از راه دورکاوی دریافت شده‌اند. یک زمینه فضایی ادراکی برقرار می‌سازد. GIS نیاز به قابلیت‌های برداری جهت ذخیره چنین اطلاعاتی در یک مدل داده‌ای عارضه‌گیرا دارد که انحراف عارضه و از بین رفتن اطلاعات توپولوژیکی را به حداقل می‌رساند.

۳- تحلیل جغرافیایی مجتمع به ساختارهای داده‌ای چندتایی و نرم‌افزاری نیاز خواهد داشت که دامنه وسیعی از جستجوی فضایی پشتیبانی و مدل‌سازی آماری و تعیین‌کننده را ارتقاء دهد. در حال حاضر تمامی این قابلیت‌ها در یک GIS جمع شده است.

ساختار داده‌های فضایی

ساختار داده‌ای فضایی به فرم و شکلی دلالت می‌کند که در آن داده‌ها با مرجع زمین ارائه و در یک رایانه ذخیره شده‌اند. پارتا^(۵) و فران^(۶) (سال ۱۹۹۰ میلادی) چهار روش عمده که ساختارهای داده‌ای فضایی را می‌توان از یکدیگر تشخیص داد، فهرست نموده‌اند.

۱- نوع داده‌های هندسی (نقطه در مقابل منطبقه)

۲- جایه‌جایی پدیده‌ها (تقسیم‌بندی در مقابل غیرتقسیم‌بندی)

۳- بازیافتی (مستقیم در مقابل سلسله مراتبی)

۴- تقسیم فرعی فضا (منظم در مقابل تعیین داده)

معمولاً داده در GIS یا به صورت راستری (شبکه‌ای یا نرده‌ای) (منطبقه، قطعه‌قطعه، مستقیم، منظم) یا به صورت برداری (منطبقه، غیرقطعه‌قطعه، مستقیم، داده معین) است. اندازه‌گیریهای ماهواره‌ای در فرمات راستر لازم است. در صورتی که بسیاری از نرم‌افزار GIS و بسیاری از پایگاه‌های داده‌ای در فرمات برداری هستند. ناهمسازی این ساختارهای داده‌ای و نیاز برای تطبیق و سازگاری دوگانگی بردار و راستر موضوع قابل توجهی در تحقیقات و پژوهش‌های مجتمع‌سازی دورکاوی و GIS است. در اینجا بحث پیرامون کاربرد هر یک یا هر دو ساختار داده‌ای برای طراحی و تحلیل داده‌های دورکاوی و نیز برای تحلیل جغرافیایی مجتمع و ترکیبی می‌باشد.

ساختار داده‌ای راستری

ساختار داده‌ای راستری فضا را به صورت موزائیک درسی آورد و برای هر عنصر فضایی یک مقدار منحصربفرد شناسایی می‌کند. بدین ترتیب اطلاعات روشن و صریحی برای هر محل فراهم می‌آید. ساختارهای راستری شامل موزائیک منظم در مقابل موزائیک نامنظم و مدل‌های سلسله مراتبی در مقابل غیرسلسله مراتبی است. اینگونه ساختارهای راستری مبنای میدانی^(۷) دارند و در مقابل آن نمایش مبنای پدیده‌ای است که ساختارهای برداری فراهم می‌کند. با توجه به این حقیقت که میدانها و ویژگیهای شیء ای را در یک مدل راستری شناسایی و معین می‌کند، در صورتی که مکانها و ویژگیهای اشیا در مدل بعدی داده می‌شود.

متداولترین ساختار راستر، شبکه مربع است که مقادیرش به عنوان آرایه‌های دوبعدی در رایانه ذخیره می‌گردد. این ساختار برای سیستم‌های تصویری نظیر سنجنده‌های ماهواره‌ای یا دیگر دستگاه‌های پیمایش دیجیتال راحتی و امتیازات فراوانی از جمله موارد زیر دارد:

- سادگی،
 - سهولت نمایش و پردازش تصویر،
 - سهولت انباشتگی داده‌ها و جای‌گذاشت داده‌ها،
 - شکل و اندازه سلول یکنواخت و یکپارچه برای تحلیل فضایی چندبعدی و مدل‌سازی فضایی.
- در این راستا، شبکه مربعی تنها ساختار عملی برای نگهداری دقت کامل راديو متری و وضوح فضایی داده‌های ماهواره‌ای است.

علت این است که امتیازات سایر ساختارهای داده‌ای نظیر ساختارهای سلسله مراتبی یا برداری، بستگی به وجود میدانهای وسیعی از پیکسلها با مقادیر یکسان دارد. چنین میدانهایی در داده‌های ماهواره‌ای که از زمینی برداشت شده است که در آن بسیاری از اختلاف در فرکانسهای بالای فضایی روی می‌دهد، غیرعادی هستند. اگر چه ساختار راستری برای داده‌های ماهواره‌ای بسیار مناسب است، لذا از محدودیت‌های زیادی برخوردار است.

(۱) شبکه بندی عوارض نقطه‌ای و خطی باعث از بین رفتن دقت مکانی می‌شود.

(۲) شبکه بندی پلیگونهای یکنواخت منتهی به طبقه بندی نادرست نواحی محیطی و خطای برآورد ناحیه‌ای می‌گردد که هر دوی آنها بستگی به وضوح شبکه و شکل پلیگون دارند.

(۳) سطوح بسیاری هستند که بطور طبیعی با اشکال آلفرناتیوی از قبیل مثلث نامنظم جای گرفته‌اند.

(۴) به علت اختلاف در مسافت و درجه اتصالی میان همجواری عمودی و افقی در مقابل همجواری قطری، فعل و انفعالات مکانی به راحتی روی موزائیک مربع مدل سازی نمی‌شود. این کار به ویژه در فرایندهای مدل سازی نفوذ سرایت مانند گسترش آتش که با استفاده از موزائیک شش ضلعی بهتر بیان می‌گردد، ناهنجار می‌باشد.

(۵) تحلیلهایی که نیاز به اطلاعات متریک یا توپولوژی (برای نمونه، طول عارضه خطی، اندازه و شکل اتصالات، روابط شبکه، درجه پیوستگی میان اتصالات) دارند نمی‌توانند بدون ترکیب مجدد آن پدیده‌ها بر روی داده‌های راستری انجام گیرند.

موزائیک منظم را می‌توان بر حجم وسیعی از داده‌ها تحمیل نمود زیرا وضوح موزائیک معمولاً انتخاب می‌گردد تا کوچکترین عارضه مورد نظر را مشخص نماید. در بیشتر مواقع به خاطر علاقه به ترکیب داده‌های ماهواره‌ای، ساختارهای داده‌ای راستر انتخاب می‌گردد و دیگر اطلاعات جغرافیایی براساس وضوح آن داده‌ها شبکه بندی می‌شوند. در عمل، چنین پایگاههای داده‌ای به خاطر علاقه تحلیل‌گر به استفاده از بالاترین وضوح داده‌های ماهواره‌ای که می‌توان بدست آورد، به سرعت وسیع می‌گردند.

ساختارهای سلسله مراتبی داده‌های راستری

روشهای متعددی برای فشرده سازی داده‌ها جهت ذخیره مؤثرتر داده‌های راستر، از جمله طرحهای

مختلف کدگذاری و نمایش سلسله مراتبی از قبیل چهاردرختی، شش درختی، (R) درختی و فیلد درختی ارائه شده است. ساختار داده‌ای سلسله مراتبی به موزائیک‌هایی نیاز دارد که بتوان به طور بازگشتی در الگوهای مشابهی از اندازه کوچکتر تجزیه گردد.

معمولاً از موزائیک مربع در ساختمان سلسله مراتبی استفاده می‌شود که در آن یک سلول در هر سطح در درخت می‌تواند به چهار سلول در سطح فرعی تقسیم یابد و این کار تا سطح پیکسل‌های انفرادی ادامه می‌یابد.

ساختار داده‌ای سلسله مراتبی امتیازات متعددی بر ساختار راستری جهت تحلیل داده‌های ماهواره‌ای و نقشه‌ای دارد. حجم داده‌ها و زمان پردازش را می‌توان با توجه به پیچیدگی تصویر یا نقشه به شدت تقلیل داد. جای گذاری فضایی و تحلیل مجاورتی با نمایش شیئی ماندنی از اختلاف سطحی، تسهیل بخشید. به همان ترتیب، این نمایش باعث می‌گردد که اطلاعات مربوط به اندازه، شکل و وابستگی مقیاس را جهت شناخت و شناسایی الگو و طبقه بندی تصویر آسانتر به الگوریتم‌هایی ترکیب نمود. و در نتیجه نمایش در واقع خود را به تحلیلهای (GIS) بر مبنای معلومات معطوف می‌دارد. با وجود این امتیازات برجسته و اساسی، ساختارهای داده‌ای سلسله مراتبی هنوز مبتنی بر میدان هستند و می‌توانند فقط اطلاعات محدود و مصنوعی هندسی درباره اشیاء را فراهم آورد، به همان ترتیب، اگر چه چهار درختی توانایی امکان نمایش دقیقتر از نقاط و خطوط را فراهم می‌آورد، ولی ساختار راستری آنها هنوز باعث از بین رفتن دقت مکانی می‌گردد و به سادگی نمی‌توانند با پدیده‌های شبکه طراحی انطباق یابند.

ساختار داده‌ای برداری

ساختار داده‌ای برداری، اختلاف فضایی را با استفاده از خطوطی در مختصات فضایی ممتد به نمایش درمی‌آورد. خطوط در نقشه آنالوگ اولیه به صورت رشته‌هایی از مختصات ذخیره می‌گردند و رابطه‌های فضایی میان نمادهای نقشه‌ای صریحاً ذخیره یا به هنگام محاسبه می‌شوند. نمایش برداری ممکن است غیرپیوندی (یعنی اینکه در آن مرزها بدون توجه به همسایگی کدگذاری شود) یا پیوند توپولوژیکی (یعنی در آن بخشهای خطوط مرزی (کمانها) با توجه به نقاط پایانی، وضعیت و ویژگیهای مناطق پیوستی به نمایش درمی‌آید) باشد. شناسایی نمادهای نقشه‌ای با این ساختار داده‌ای حفظ می‌گردد و بدین ترتیب می‌توان این نوع ساختار را تا حدی شیء گرا دانست.

ساختار داده‌ای برداری برای تحلیل فضایی دارای چندین عیب است. اطلاعات درحین کدگذاری داده‌ها، به علت تعمیم خطاهای دیجیتالی کردن از بین می‌رود. حجم داده‌های زیاد در یک عنصر یک مدل برداری باعث می‌گردد که هزینه‌های مربوط به ذخیره جهت نقشه‌های متراکم یا داده‌های ماهواره‌ای پردازش نشده گران تمام شود. ساختار داده‌ای پیچیده‌تر از ساختارهای راستری یا سلسله مراتبی است و عملیاتی نظیر جای گذاری و نمایش با دشواری بیشتری انجام گیرد. تحلیل‌های فضایی مستلزم آمار یا شبیه‌سازی فضایی به مراتب ساده‌ای است، زیرا هر یک از پلیگونها دارای اندازه، شکل و موقعیت منحصر بفردی هستند.

انگیزه بیشتر تکامل تدریجی نرم‌افزار GIS مبتنی بر بردار، اشتیاق به کدگذاری و تحلیل اطلاعات موجود بر روی نقشه بود. مدل برداری نقاط، خطوط و پلیگونها در مختصات فضایی ممتد امکان نزدیکی

را نسبت به نقشه مبنا فراهم می‌کند. به علاوه، روابط روشن و صریح توپولوژیکی در نقشه‌های مبنا، نظیر پیوندهای شبکه‌ای را می‌توان به عنوان نماد یا ویژگی در ساختار داده‌ای برداری حفظ نمود.

تفاوت بین ساختار برداری نقشه گرا و ساختار راستری داده‌گرا، توجه را یکبار دیگر به اختلاف میان اطلاعات کارتوگرافی و اندازه‌گیری‌های دورکاوی و اطلاعات مشتق از آنها جلب می‌نماید. نقشه اختلاف سطح در یک فرم و شکل کاملاً کلی، گزیده‌ای و انتزاعی نمایش می‌دهد و فرایندها و داده‌هایی که جهت تولید اطلاعات کارتوگرافی به کار برده می‌شود ناشناخته یا غیر قابل بازیافت هستند. برای نمونه، محمل خطوط مرزی بر روی نقشه خاک را می‌توان براساس اهداف تحلیل گر و مدل زیرین واقعیت با الگوهای مشاهده‌ای یا اندازه‌گیری شده در اختلاف سطحی حرکت داده شوند. بالعکس، در اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای انسان غیر از ثبت و واسنجی دخالتی ندارد و اگر هم داشته باشد، بسیار اندک هست.

تبدیل داده‌های ماهواره‌ای به فرمات برداری روی هم رفته مستلزم طبقه‌بندی (یعنی تفسیر) اطلاعات سطح پایین به بهای دقت اندازه‌گیری و جزئیات فضایی دارد در صورتی که راستری کردن یک نقشه که با داده‌های ماهواره‌ای مطابقت و سازگاری داشته باشد به مفهوم و معنای تجزیه و تنزل اطلاعات کارتوگرافی سطح بالاست و از همین روست که در ترکیب مجتمع سازی داده‌های ماهواره‌ای و کارتوگرافی در یک ساختار داده‌ای باید به اینگونه مبادله‌ها توجه خاصی مبذول داشت.

مهدی مدیری
modirim@acnet.ir

منابع

1) F.W.Davis and D.S.Monett: GIS and Remote sensing, Geographical Information Systems, Volume 1, Longman Scientific & Technical, New York, 1995.

۲) مدیری، مهدی، کارتوگرافی رایانه‌ای، در دست انتشار.

پاورقی

- 1) Instantaneous Field of View (IFOV)
- 2) Point Spread Function (PSF)
- 3) Townshend
- 4) Justre
- 5) Barrera
- 6) Frank
- 7) Field-Based
- 8) Object-Based