

استخراج نقشه شبکه جاده‌های جنگلی با بهره‌گیری از منطق فازی و مورفولوژی ریاضی

زهرا عزیزی^۱، اکبر نجفی^{۲*}، پرویز فانجی^۳ و مهتاب پیرباوقار^۴

^۱ دانشجوی دوره دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، ایران

^۲ استادیار دانشگاه تربیت مدرس، ایران

^۳ کارشناس ارشد پژوهشی مرکز تحقیقات منابع طبیعی کردستان، ایران

^۴ استادیار دانشگاه کردستان، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۷/۱۰/۲۹، تاریخ تصویب: ۸۸/۱۰/۱۲)

چکیده

جاده‌ها یکی از مهم‌ترین و بارزترین عوارض قابل استخراج از تصاویر ماهواره‌ای بوده و استخراج خودکار (اتوماتیک) آن‌ها از تصاویر ماهواره‌ای دارای مزایایی مانند بهنگام رسانی پایگاه‌های داده در زمان کوتاه و با هزینه کم می‌باشد. هدف از این پژوهش استخراج خودکار نقشه‌ی شبکه جاده‌های جنگلی با بهره‌گیری از تصاویر سنجنده‌ی LISS_IV ماهواره‌ی IRS_P6 است. جاده‌های جنگلی به دلیل وجود عوارض و اشکال نامنظم پیچیدگی ویژه‌ای برای خودکار دارد. بنابراین روش پژوهش به‌شکلی طراحی شد که بتواند با این مسئله به‌خوبی مواجه شود. به‌این منظور در آغاز با بکارگیری یک سامانه فازی منطقه مورد بررسی بر روی تصویر ماهواره‌ای به‌دو طبقه جاده و غیرجاده طبقه‌بندی و سپس با بهره‌گیری از الگوریتم ریخت‌شناسی (مورفولوژی) ریاضی نقشه شبکه جاده‌های جنگلی در بخشی از جنگل‌های استان مازندران منطقه لیره‌سر به صورت خودکار استخراج شد. نتایج نشان‌داد روش بکارگرفته شده با ردیابی مسیرجاده به صورت خودکار می‌تواند نقشه شبکه جاده‌های جنگلی را با صحت کلی ۸۸ درصد تهیه نماید. همچنین در قسمت‌هایی از جنگل که جاده در زیرتاج پوشش درختان پنهان و یا مسیرجاده به صورت منقطع بود، الگوریتم ریخت‌شناسی ریاضی توانست مسیرجاده را به‌شکل مناسبی استخراج نماید.

واژه‌های کلیدی: نقشه شبکه جاده‌های جنگلی، منطق فازی، ریخت‌شناسی ریاضی، LISS_IV، IRS_P6.

مقدمه

روش طبقه‌بندی فازی یکی از روش‌های است که این امکان را فراهم می‌نماید تا بتوان داده‌های مفیدی را در مورد پیکسل‌های مخلوط (پیکسل‌های واقع در مرز بین پدیده‌ها) بدست آورد. به طور معمول از روش‌های قطعی در طبقه‌بندی داده‌ها سنجش از دور برای جداکردن کلاس‌های داده‌هایی بهره‌گیری می‌شود که این به معنی نادیده گرفتن ناخالصی‌ها در طبقه‌بندی است. برای استخراج خودکار شبکه جاده‌ها از تصاویر طبقه‌بندی شده به روش فازی دشواری‌هایی در گزینش مرز و اتصال قطعه‌ها، برای‌یابی و محدودیت هندسی ایجاد می‌شود. با پیچیدگی‌هایی که در تصویر به سبب وجود اجسام همسان پیرامون جاده وجود دارد شرایط برای استخراج جاده‌های جنگلی عادی نیست (Zhang et al., 1999). در این میان، ریخت‌شناسی ریاضی یک شیوه کاربردی برای بارسازی اشیاء و تشخیص عوارض را فراهم می‌نماید. این روش نتایج را به صورت عوارض بدون سطح نشان می‌دهد (Mohammadzadeh et al., 2004).

تاکنون پژوهش‌های زیادی در زمینه سنجش از دور در رابطه با استخراج خودکار جاده‌ها و به روز رسانی نقشه‌های این عوارض از تصاویر رقومی ماهواره‌ای انجام گرفته است از جمله این بررسی‌ها استخراج خودکار و جداسازی جاده از تصاویر MOMS¹-2P (Wiedemann et al., 1998)، استخراج نقشه جاده‌ها از تصاویر چند سنجنده‌ای (اسپات ۵ و آیکنوس) (Pigeon et al., 2001)، استخراج پدیده‌های خطی از جمله جاده‌ها از عکس‌های هوایی و تصاویر اسکن لیزری (Wallace et al., 2001) و استخراج جاده از تصاویر IRS²_1C (سنجنده LISS_III) به صورت خودکار (Bacher & Mayer., 2004) می‌باشد. روش‌های متنوعی برای استخراج عوارض از تصاویر رقومی، بویژه عوارض خطی مانند جاده‌ها تاکنون ارائه شده‌اند از جمله: روش‌های متکی بر منطق فازی^۱ (Agouris et al., 1998)، روش‌های ریخت‌شناسی

مدیریت و برنامه‌ریزی اصولی به عنوان یکی از ارکان مهم در راستای حفظ و حراست منابع طبیعی به شمار می‌آید. از ابزار اصلی برنامه‌ریزی، شناخت دقیق و کافی عرصه تحت مدیریت است و این شناسایی بدون جمع‌آوری داده‌های دقیق میسر نمی‌باشد (Hosseini et al., 2004). در همین راستا شبکه جاده‌های جنگلی، مهم‌ترین عامل تقسیم‌بندی جنگل به واحدهای برنامه‌ریزی و حمل‌ونقل مواد و افراد و همچنین راه دسترسی به جنگل برای بهره‌برداری چوب‌آلات و دیگر فعالیت‌های مدیریتی، اهمیت زیادی دارد. امروزه در راستای توسعه در شمار زیادی از کشورهای جهان نقشه‌های عوارض زمین از داده‌های ماهواره‌ای استخراج می‌شوند (Konecny & Schiewe., 1996). داده‌های ماهواره‌ای منابع زمینی به دلایل برخورداری از مزایایی چون هزینه‌ای به مراتب پایین، سطح پوشش گسترده، قابلیت تکرار، آسانی پردازش و به‌هنگام بودن داده‌ها می‌تواند نقش موثری را در جمع‌آوری و تامین داده‌های مورد نظر ایفا نمایند (Makela & Xian Wen et al., and Pekkarinen., 2004). جاده‌ها از مهم‌ترین و بارزترین پدیده‌های قابل استخراج از تصاویر ماهواره‌ای هستند که به شیوه دستی و خودکار قابل انجام است. استخراج دستی جاده‌ها وقت‌گیر، پرهزینه و شامل خطاهای انسانی است. از طرف دیگر استخراج خودکار جاده‌ها دارای مزایایی مانند بهنگام رسانی پایگاه‌های داده در زمان کوتاه‌تر و با هزینه کمتر در نتیجه دسترسی سریع‌تر به داده‌ها می‌باشد.

استخراج خودکار عوارض، فرایندی است که در آن بخش عمده‌ای از پردازش‌ها و مدل‌های نمایشی، با ایجاد توصیف‌های روشن و با معنی از عوارض و تلفیق آن‌ها با روش‌های مختلفی مانند پردازش رقومی تصاویر، شناسایی الگو، مدلسازی هندسی و پردازش داده‌ها، برای درک بهتر ایجاد می‌شود (Mohammadzadeh et al., 2004). در استخراج خودکار عوارض، مرحله اول یعنی ناحیه‌بندی تصویر و شناسایی عوارض مورد نظر، بخش مهم‌تر کار را تشکیل می‌دهد.

۱- Modular optoelectronic multispectral/ stereo scanner

۲- Indian remote sensing satellite

۳- Fuzzy-based approach

داده‌های مورد بهره‌گیری

در این بررسی داده‌های رقومی سنجنده LISS_IV ماهواره‌ی IRS_P6 مربوط به تاریخ ۲۰ مرداد ۱۳۸۶ (ساعت ۱۰ صبح) در سه باند طیفی سبز (۵۹-۰/۵۲)، میکرومتر، قرمز (۶۸-۰/۶۲) میکرومتر و مادون قرمز نزدیک (۸۶-۰/۷۷) میکرومتر با ابعاد پیکسل ۵ متری و با کاربرد Geotiff پس از اعمال تصحیح‌های هندسی توسط بخش فنی و مهندسی سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور مورد بهره‌گیری قرار گرفت.

روش پژوهش

در این پژوهش در مرحله اول، یک روش فازی که توسط (Melgani et al., 2000) توسعه داده شده بود، بکار گرفته شد. در این روش، تصاویر چند طیفی سنجش از دور به دو طبقه جاده و غیرجاده تقسیم می‌شوند (شکل ۲). بر پایه روش یاد شده با نمونه‌گیری از سطح جاده، میانگین ارزش اعداد رقومی (DN^y) جاده در هر باند محاسبه و پنج تابع عضویت (MFs)^۸ با میانگین‌های ویژه و انحراف معیار در هر باند بر پایه رابطه شماره (۱) تعریف شدند.

(۱)

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_b, \dots, x_B]$$

$$f_{b,c}(x_b) = \exp\left(-\frac{(x_b - \mu_{b,c})^2}{2 \times \sigma_{b,c}^2}\right) \Rightarrow f = [f_{b,c}]$$

$$\forall x_b \in [0/255] \sum_{i=1}^{255} f_{b,c}(x_b) = 1$$

ریاضی^۱ (Zhang et al., 1999)، روش‌های متکی بر مدل^۲ (Buckner., 1998)، تجزیه‌های چند مقیاسه‌ای و ناحیه بندی^۳ (Mayer et al., 1997)، برنامه‌ریزی پویا^۴ (Gruen & Li., 1995)، فیلترینگ کالمن^۵ (Vosselman & Knecht., 1995) و مدل منحنی‌های قابل تغییر شکل^۶ (Gruen & Li., 1997).

در همه روش‌های یاد شده استخراج عوارض از تصویر رقومی در دو مرحله انجام می‌شود:

۱- شناسایی عوارض از روی تصویر، که لازمه آن تفسیر و طبقه‌بندی تصویر است.

۲- ردیابی عارضه با تعیین دقیق مرز یا محور مرکزی آن. در پژوهشی که بر روی جاده‌های درون شهری انجام شد، نقشه جاده را با بکارگیری الگوریتم ریخت شناسی ریاضی از تصاویر آیکنوس به صورت خودکار استخراج نمودند که نتایج آن نشان دهنده قابلیت بالای روش بکار گرفته شده بود (Mohammadzadeh et al., 2004). در این پژوهش نیز هدف استخراج نقشه شبکه جاده‌های جنگلی از تصاویر سنجنده‌ی LISS_IV ماهواره‌ی IRS_P6 بهره‌گیری از ترکیب یک سامانه فازی و ریخت شناسی ریاضی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی بخشی از جنگل‌های لیره‌سر (حوزه آبخیز ۳۵، طرح جنگل‌داری طوبی) به مساحت ۱۲۴۰ هکتار واقع در ۲۵ کیلومتری شهر تنکابن با طول جغرافیایی ۵۰°۵۵'۱۸" تا ۵۰°۵۸'۱۱" شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶°۳۸'۱۲" تا ۳۶°۴۰'۱۵" شمالی می‌باشد (شکل ۱). کمترین ارتفاع از سطح دریا ۵۶۰ و بیشترین آن ۱۲۲۰ متر است.

۱- Mathematical morphology

۲- Model based approach

۳- Multi-scale grouping and context

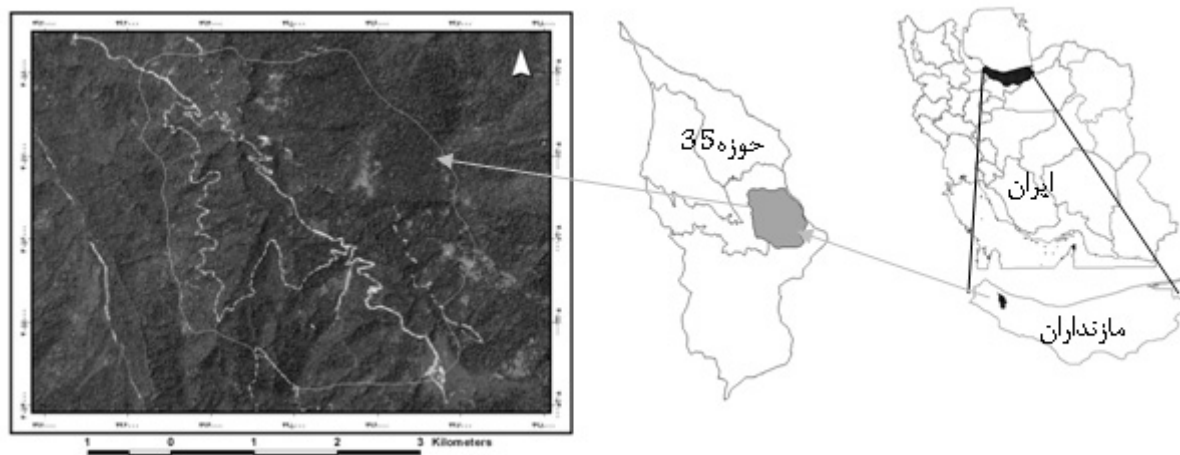
۴- Dynamic programming

۵- Kalman Filtering.

۶- Snakes

۷- Digital Number

۸- Membership function



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

روش *Trivial opening*، روشی که توسط (Vincent., 1993) تعریف شده، بهره‌گیری شده است. این روش که بر پایه خط می‌باشد شناسایی و بازیابی اشیاء را انجام می‌دهد و برای استخراج خودکار شبکه جاده‌ها از تصویر طبقه بندی شده بکار گرفته شد. مراحل کار شامل بازیابی خطوط کناره، گزینش مرزها، گروه‌بندی و اتصال جاده بودند. بر پایه روش یاد شده که روابط ریاضیاتی آن در زیر درج شده است (رابطه شماره ۲)، X مجموعه‌ای شامل پیکسل‌های به هم پیوسته‌ای از اشیاء است که بر پایه یک معیار مانند T از هم متمایز می‌شوند (در این پژوهش پیکسلی دارای معیار T است که مربوط به جاده یا پدیده‌های همانند مانند لکه‌هایی از جنگل که بدون پوشش گیاهی هستند باشد). لذا در صورتی که هر X_i یک شیء در مجموعه X با معیار T باشد $X(i)$ و در غیراین صورت \emptyset (پیکسل مربوط به هر پدیده‌ای غیر از جاده است) یعنی شیء دارای معیار T نباشد.

(۲)

$$Trivial_opening = \begin{cases} X(i), & \text{if } X(i) \text{ satisfies criterion } T \\ \emptyset, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$\sigma_{X_i}^1 = (Y \oplus H) \cap X_i$$

$$recon_{X_i}(Y) = \bigcup_{n \geq 1} \underbrace{\sigma_{X_i}^1 \sigma_{X_i}^1 \sigma_{X_i}^1 \dots \sigma_{X_i}^1}_{n \text{ times}}(Y)$$

در این رابطه X مجموعه است که در آن هر X پیکسلی با ارزشی از ۰ تا ۲۵۵ است. b نام باند می‌باشد و لذا X_b ، هر پیکسل در باند b است. در تابع $f_{b,c}(X_b)$ ، که برای هر باند پنج بار محاسبه می‌شود (پنج تابع عضویت)، c نام کلاسی است که در هر مرتبه با تابع فوق محاسبه می‌شود، $\mu_{b,c}$ میانگین ارزش کلاس c در باند b و $\sigma_{b,c}$ برابر با انحراف معیار کلاس c در باند b می‌باشد. سپس، با فرض توزیع عادی، مرحله فازی سازی برای به دست آوردن برآوردی از سهم هر کلاس برای هر باند انجام شد. پس از آن، در آغاز عملگر کمینه و پس از آن عملگر بیشینه بر هر ستون از ماتریس f برای طبقه‌بندی فازی اعمال شد. با اعمال این عملگرها منطقه به چندین کلاس با ارزش‌های ۰ تا ۱ تقسیم شد. سپس به منظور بدست آوردن یک تصویر طبقه‌بندی شده به دو طبقه جاده و غیر جاده عمل غیرفازی سازی انجام شد. بدین شکل که ارزش هر جزء در طبقه بندی فازی به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شد و طبقه متناظر با آن ارزش (جاده یا غیرجاده) برای هر پیکسل تعیین شد.

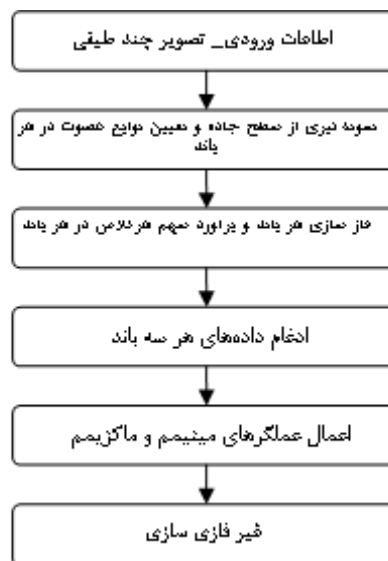
مرحله دوم: روش ریخت شناسی ریاضی

ریخت شناسی ریاضی، یک روش یکنواخت و توانمند برای پردازش تصویر بر پایه نظریه مجموعه‌ها ارائه می‌دهد (Jaafarnezhad Ghomi., 2008). در این پژوهش از

نقشه جاده‌های دستی بدست آمده تصحیح و بازنگری نقشه‌های تهیه شده با کاربرد (فرمت) dgn منطقه (به شماره‌ی ۶۱۶۳ II NE) با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ به سفارش سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور و از روی عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ سال ۱۳۸۰ بودند.

نتایج

بر پایه روش ملگانی و همکاران (۲۰۰۰) که در مرحله اول مواد و روش‌ها بیان شد، هر باند از تصویر مورد بررسی به ۵ طبقه تقسیم شد. طبقه‌های تعریف شده برای هر باند عبارتند از: $\mu + 3/55$ ، μ ، $2/55$ ، μ ، $1/55$ و $3/55 - \mu$ میانگین و σ انحراف معیار ارزش اعداد رقومی جاده در هر باند می‌باشند). بر پایه این روش که یک روش طبقه بندی فازی است، $25 = 5 \times 5$ کلاس برای دو باند و $125 = 5 \times 5 \times 5$ کلاس برای سه باند ایجاد شد. از ۱۲۵ کلاس بدست آمده از طبقه بندی فازی شمار ۳۲ کلاس در طبقه جاده و بقیه در طبقه غیرجاده قرار گرفتند (شکل ۳). پس از غیرفازی سازی، تصویر منطقه به دو طبقه جاده و غیر جاده جداسازی شد. در واقع هر پیکسل از تصویر منطقه دارای ارزشی معادل جاده یا غیر جاده بود (شکل ۴- الف). در این مرحله پیکسل‌هایی از تصویر که سطح آن‌ها بدون پوشش گیاهی بوده و بازتابی از خاک منطقه را داشتند در طبقه جاده قرار گرفتند همچنین برخی از قسمت‌های جاده که در زیر تاج پوشش قرار داشت به اشتباه در طبقه غیر جاده قرار گرفت. مرحله پس با بکارگیری الگوریتم ریخت شناسی ریاضی با روش Trivial opening مسیر جاده‌های منطقه طی مراحل بازبایی خطوط کناره، گزینش مرزها، گروه بندی و اتصال جاده به صورت خط از تصویر غیر فازی سازی شده استخراج شد (شکل ۴- ب). Trivial opening شبکه جاده‌ها را نگه می‌دارد و همه نویزها^{۱۲} را صاف (فیلتر) می‌کند.



شکل ۲- مراحل اجرای عملیاتی روش فازی بکار برده شده برای طبقه بندی

در مرحله پس با اعمال عملگر انبساط (\oplus) بر مجموعه X ، کوتاهترین خط ترسیم شده بین هر دو شیء (X_i) مشخص شد. با اعمال این عملگر اشیاء با ارزش یکسان به هم متصل می‌شوند. در این پژوهش در صورتی که اشیایی با ارزش Y (جاده) یا H (لکه‌های بدون پوشش گیاهی در جنگل) در مجموعه X وجود داشته باشد، برای بازشناسی و اتصال اشیاء با ارزش Y در آغاز Y به عنوان یک شیء در نظر گرفته شد و سپس اشیاء با ارزش برابر با Y با اعمال توابع بکار گرفته شده (تابع reconnaissance) به هم متصل شدند. در روابط بالا σ_{xi}^1 تابعی است که بر پایه آن انبساط Y توسط H برای هر X_i انجام می‌شود. در این روش نتیجه نهایی به صورت خط ارائه می‌شود.

در این پژوهش نرم افزار متلب برای طبقه بندی تصویر و بکارگیری الگوریتم ریخت شناسی ریاضی بکار گرفته شد. برای ارزیابی صحت نقشه‌ی جاده تهیه شده خودکار و مقایسه آن با نقشه‌های تهیه شده دستی (به عنوان واقعیت زمینی) در آغاز بافری به پهنای پنج متر در دو طرف خطوط جاده تهیه شده به روش خودکار و جاده‌های دستی تهیه شد. نقشه‌ها در محیط نرم افزار الویس رستری شد و صحت کلی نقشه تهیه شده به روش خودکار بررسی شد.



شکل ۴- الف- تصویر منطقه پس از غیرفازی سازی و اعمال عملگرهای مینیمم و ماکزیمم



شکل ۳- الف- تصویر RGB بخشی از منطقه مورد مطالعه



شکل ۴- ب- استخراج محور جاده با مورفولوژی ریاضی



شکل ۳- ب- تصویر منطقه حاصل از ادغام باندهای فازی شده

نتایج ارزیابی صحت نقشه جاده‌های تهیه شده به روش خودکار نشان دهنده صحت کلی ۸۸٪ و ضریب کاپای ۷۶٪ بود (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج ارزیابی نقشه جاده

		نقشه تهیه شده به روش خودکار			
		جاده	غیر جاده	جمع	
نقشه تهیه شده به روش دستی	جاده	۴۱	۷	۴۸	۸۸٪= صحت کلی
	غیر جاده	۵	۴۷	۵۲	۷۶٪= ضریب کاپا
	جمع	۴۶	۵۴	۱۰۰	

دشواری‌ها عبارت از آن که جاده‌های منطقه مورد بررسی از نوع جاده‌های خاکی بودند و از طرفی در قسمت‌های دیگر این منطقه جنگلی سطوح بدون پوششی که بازتابی همسان به بازتاب سطح جاده دارند وجود داشت، همچنین در بخش‌هایی از جنگل که جاده در زیر تاج پوشش قرار گرفته و در تصویر بازتاب پوشش گیاهی ثبت شده بود. دشواری

بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که دشواری‌های زیادی در استخراج نقشه جاده‌ها از تصویر ماهواره‌ای در منطقه‌ی جنگلی مورد بررسی وجود داشت نتایج بهره‌گیری عملی از فرایند به کار گرفته شده در این پژوهش برای استخراج خودکار نقشه‌ی شبکه جاده‌های جنگلی کاربرد این روش را تایید نمود. از جمله این

بهره‌گیری از روش فازی و الگوریتم ریخت شناسی ریاضی جاده‌های آسفالتی یک منطقه شهری را از تصاویر آیکنوس استخراج نمودند به نتیجه‌ای همسان دست یافتند (Mohammadzadeh et al., 2004). (Bacher & Mayer., 2004) نیز با بهره‌گیری از روش فازی و منحنی‌های قابل تغییر شکل، جاده‌ها را در یک منطقه بیابانی و همچنین در اراضی کشاورزی از تصاویر ماهواره‌ای IRS_1C با دقت بالایی استخراج نمودند. مزیت ریخت شناسی ریاضی نسبت به روش منحنی‌های قابل تغییر شکل و روش‌های همسان آن در مناطق جنگلی در آن است که با بهره‌گیری از الگوریتم ریخت شناسی ریاضی امکان استخراج خطوط جاده در نقاطی که زیر تاج پوشش قرار گرفته‌اند وجود دارد. روش خودکار بکارگرفته شده در این پژوهش در مقایسه با روش دستی تهیه نقشه جاده‌های جنگلی ضمن داشتن دقت قابل قبول برای استخراج نقشه، نیازمند صرف زمان و هزینه بسیار کمتر بوده و امکان به‌روز رسانی سریع‌تر نقشه‌های مورد نظر را فراهم می‌نماید.

دیگر آن بود که ارزش طیفی ثبت شده توسط یک سنجنده برای هر پیکسل ترکیبی از انعکاس طیفی پدیده‌های موجود در محدوده‌ی آن پیکسل می‌باشد. به‌این ترتیب امکان ایجاد پیکسل‌های مخلوط بیشماری در تصویر وجود دارد. اغلب عوارض و پدیده‌های مختلف سطح زمین در محلی که به یکدیگر می‌رسند، به آرامی در یکدیگر تدریج کرده و مخلوط می‌شوند و این باعث می‌شود که به طور عمده در محل تدریج آن‌ها پیکسل‌های مخلوط زیادی وجود داشته باشد (Sarkargar Ardakani., 1998) که در تصویر مورد بررسی نیز این دشواری وجود داشت. لذا با بکارگیری طبقه‌بندی فازی و ریخت شناسی ریاضی این دشواری‌های تا حد زیادی برطرف شدند. در مرحله فازی سازی، تنها میانگین ارزش و انحراف معیار از جاده برای طبقه بندی تصویر ورودی کافی بود. در الگوریتمی که در مرحله ریخت شناسی ریاضی اعمال شد فرض بر آن بود که شبکه جاده‌ها در سطح یک منطقه به شکل خطی کشیده شده است. این الگوریتم توانست اجزا آن را با معیارهای معین بهم وصل کند. پژوهشگران دیگری نیز که با

منابع

- 1-Agouris, P., S. Gyftakis & A. Stefanidis , 1998. Using a fuzzy supervisor for object extraction within an integrated geospatial environment, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Stuttgart, Germany., 32(3): 191-195.
- 2-Buckner, J., 1998. Model based road extraction for the registration and interpretation of remote sensing data, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Stuttgart, Germany., 32(4): 85-90.
- 3-Bacher, U. & H. Mayer, 2004. Automatic road extraction from IRS satellite images in agricultural and desert areas .Proceedings of ISPRS conference, 12-23 July, Istanbul, Turkey.
- 4-Gruen, A. & H. Li, 1995. Semi-automatic road extraction by dynamic programming, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 50(4): 11-20.
- 5-Gruen, A. & H. Li, 1997. Linear Feature Extraction with 3-D LSB-Snakes. In: Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II), Birkh'auser Verlag, Basel, Switzerland, p: 287-298.
- 6-Hosseini, S.A., Sarikhani, N., Soleimani, K., Jalali, S.Gh., Hosseini, S.H, 2004. An investigation of effective factors in forest road selection using GIS. Iranian journal of natural resources. 57(1): 59-74.
- 7-Jaafarnezhad Ghomi, A., 2008. Digital Image Processing, 1th Ed., Olomrayaneh Inc, Babol, 896 pp.

- 8- Konecny, G. & J. Schiewe, 1996. Mapping from digital image data with specific reference to MOMS_02. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, p: 173- 181.
- 9- Makela, H. & A. Pekkarinen, 2004. Estimation of forest stand volumes by Landsat TM imagery and stand-level field-inventory data, *Forest Ecology and Management*, 196: 245-255.
- 10- Mayer, H., I. Laptev & A. Baumgartner, 1997. Automatic extraction based on Multi-Scale modeling, context and snakes. In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32(3): 106-113.
- 11- Melgani, F., B. Hashemy & S.M.R. Taha, 2000. An explicit fuzzy supervised classification method for multispectral remote sensing images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38(1): 287-295.
- 12- Mohammadzadeh A., A. Tavakoli & M.J. Valadan Zoej, 2004. Automatic linear feature extraction of Iranian roads from high resolution multi spectral satellite imagery, *Proceedings of ISPRS conference* 12-23 July, Istanbul, Turkey.
- 13- Pigeon, L., B. Solaiman & T. Toutin, 2001. Linear planimetric feature domains modelling for multi-sensors fusion in remote sensing. *Proceedings of SPIE AeroSense-International Symposium on Aerospace/Defence Sensing, Simulation, & Controls*, Orlando, 4051: 8p.
- 14- Sarkargar Ardakani, A., 1998. Assessment of fuzzy algorithm classifier for preparing landuse and coverage map by satellite image, MSc thesis, Tarbiat Modares University, 108 p.
- 15- Vincent, L., 1993. Morphological grayscale reconstruction in image analysis: Applications and efficient algorithms. *IEEE Transaction on Image Processing*, 2(2): 176-201.
- 16- Vosselman, G. & J. Knecht, 1995. Road Tracing by Profile Matching and Kalman Filtering. *Proceedings Ascona Workshop on Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images*, Birkhäuser Verlag, P: 255-264.
- 17- Wallace, S., M. Hatcher, G. Priestnall & R. Morton, 2001. Research Into a Framework for Automatic Linear Feature Identification and Extraction. *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (III)*, Balkema Publishers, Lisse, The Netherlands, P: 381-390.
- 18- Wiedemann, C., C. Heipke, H. Mayer & S. Hinz, 1998. Automatic Extraction and Evaluation of Road Networks from MOMS- 2P Imagery. In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 30(3): 285-291.
- 19- Xian Wen Z., L. Chonggui, S. Lin, T. Yonglin & Y. Kaixian, 2002. Important progress on estimation forest resources, Reality. Model and parameter estimation –the forestry scenario, sesimbra-Portugal, 2-5 June.
- 20- Zhang, C., S. Murai & E. Baltsavias, 1999. Road network detection by mathematical morphology. In: *Proceedings of ISPRS Workshop on 3D Geospatial Data Production: Meeting Application Requirements*, Paris, France, P: 185-200.

Extraction of forest roads network map by fuzzy theory and mathematical morphology

Z. Azizi¹, A. Najafi*², P. Fatehi³ and M. Pirbavaghar⁴

¹ Ph.D. Candidate, Tarbiat Modares University, Noor, I.R. Iran

² Assistant Prof., Tarbiat Modares University, Noor, I.R. Iran

³ Senior expert, Natural Resources Research Center of Kordestan, Sanandaj, I.R. Iran

⁴ Assistant Prof., University of Kordestan, Sanandaj, I.R. Iran

(Received: 19 January 2009, Accepted: 02 January 2010)

Abstract

Road is one of the most important and obvious extractable feature in satellite imagery. Automatic road extraction from satellite imagery has many advantages such as updating data bases by spending less time and cost. The aim of present research is the automatic extraction of forest roads map using Liss_IV sensor imagery of IRS_P6 satellite. Because of frequent irregular objects in forest, roads are very complicated for extracting automatically. Therefore, the designed methodology for this research was in a way that can deal with this problem. For this aim, image of the study area was classified into two road and non road areas by a fuzzy logic. Then, morphological mathematic algorithm was used to extract the existed roads. By this method, forest roads map was extracted automatically with 88% overall accuracy. Also, morphological mathematic algorithm showed a great ability for recovering road line that was hidden or was cut off under forest canopy.

Keywords: Forest Road network map, Fuzzy Logic, Mathematic Morphological, LISS_IV, IRS_P6c