Archive of SID

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
جلد پانزدهم، شماره اول، ویژه‌نامه منابع طبیعی
www.jasnr.info
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

مقایسه سنجش از دور و زمین آمار در برآورد تعداد درختان در هکتار (مطالعه موردی جنگل‌های بلوط لوه گرگان)

جهانگیر محمدی[1]، *شعبان شتایی[2]، هاشم حبشی[3] و فرهاد یغمایی[4]

[1]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه جنگلداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [2]دانشیار گروه جنگلداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [3]استادیار گروه جنگلداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [4]استادیار گروه آمار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۶/۶/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱/۲۸

چکیده

آگاهی از وضعیت تعداد درختان در هکتار، یکی از اولویت‌هایی است که مدیران جهت ارزیابی منابع جنگلی، زمان‌بندی تیمارهای جنگل‌شناسی و برنامه‌ریزی، بایستی به آن دست یابند. برآورد تعداد درختان در هکتار از طریق عملیات میدانی مستلزم صرف زمان و هزینه‌های زیادی است. بنابراین تکنیک‌های سنجش از دور و زمین آمار به‌عنوان راه‌حلی مناسب، در برآورد تعداد درختان در هکتار مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مطالعه ۹۹ قطعه نمونه ۰/۳۶ هکتاری به ابعاد ۶۰×۶۰ متر به روش خوشه‌ای به‌طوری‌که هر خوشه دارای ۹ قطعه نمونه پیاده و اطلاعات تعداد درختان در هکتار و موقعیت مراکز قطعات نمونه برداشت شد. در این تحقیق نقشه تعداد درختان در هکتار به روش‌های رگرسیون و کریگینگ معمولی تهیه و سپس این دو روش با هم مقایسه شدند. در روش سنجش از دور ترکیب خطی باندهای ETM4 و ETM5 به‌عنوان متغیرهای مستقل، بهتر از دیگر متغیرها (باندهای اصلی و ساخته شده) تعداد درختان در هکتار را با میانگین مجذور خطای مربعات ۱۷۰/۳ بهتر توانست تعداد درختان در هکتار را برآورد نماید و در روش زمین‌آمار برآورد با استفاده از مدل کروی برازش شده بر واریوگرام به روش کریگینگ معمولی انجام شد. نتایج نشان داد که کریگینگ توانسته برآورد مناسبی از تعداد درختان در هکتار با میانگین مجذور خطای مربعات ۲۰۱/۷۶۸ ارائه دهد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که سنجش از دور نسبت به زمین‌آمار دارای میانگین مجذور خطای مربعات کمتری می‌باشد. نتایج سنجش از دور و زمین‌آمار در برآورد تعداد درختان در هکتار در مقیاس محلی دارای تفاوت خیلی زیادی نمی‌باشند ولی در مقیاس وسیع استفاده از سنجش از دور دارای نتایج بهتری می‌باشد. به‌طورکلی روش سنجش از دور در برآورد تعداد درختان در هکتار به‌دلیل استفاده در سطوح وسیع، دقت قابل قبول، نمونه‌برداری کمتر و به‌صرفه‌تر بودن نسبت به زمین‌آمار برتری دارد.

واژه‌های کلیدی: تعداد درختان در هکتار، سنجش از دور، زمین‌آمار، کریگینگ، جنگل‌های بلوط لوه گرگان

مقدمه

به‌طورکلی تهیه اطلاعات مرتبط با تعداد درختان در هکتار از طریق عملیات میدانی صورت می‌گیرد. اما این روش‌های جمع‌آوری اطلاعات، مستلزم صرف زمان و هزینه‌های زیادی است (سیوانپیلای و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه‌بر این گستردگی سطح جنگل‌ها، کوهستانی‌بودن عرصه‌ها و همچنین تغییرات شدید با فواصل زمانی کوتاه، به‌کارگیری این روش‌ها را با مشکلات اجرایی روبرو

*- مسئول مکاتبه: shataee@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

ساخته است (خرمی، ۲۰۰٤). بنابراین، همواره سعی می‌شود تا با استفاده از دست‌آوردهای حاصل شده در زمینه‌های مختلف علمی از روش‌های جایگزین، با هزینه کمتر و با سطح دقت قابل قبول، استفاده شود (ناصری، ۲۰۰۳؛ سیوانپیلای و همکاران، ۲۰۰٦). داده‌های ماهواره‌ای، به‌دلایل برخورداری از مزایایی چون سطح پوشش وسیع، قابلیت تکرار، سهولت پردازش توأم با داده‌های میدانی می‌تواند به‌عنوان یک گزینه در جمع‌آوری اطلاعات مطرح شوند (خرمی، ۲۰۰٤؛ ناصری، ۲۰۰۳). در زمینه ارتباط بین داده‌های ماهواره‌ای و مشخصه‌های توده نظیر تراکم، حجم، تاج‌پوشش، شاخص سطح‌برگ و سن درختان جنگلی مطالعات زیادی انجام شده است (فایورالا و ریپل، ۱۹۹۳؛ سیوانپیلای و همکاران، ۲۰۰٦؛ هال و همکاران، ۲۰۰٦). بعضی از این مطالعات، اهمیت طول موج مادون قرمز را در برآورد تعداد درختان در هکتارنشان داده‌اند (ناصری، ۲۰۰۳؛ تاکر و همکاران، ۱۹۸۵؛ سیوانپیلای و همکاران، ۲۰۰٦). ناصری (۲۰۰۳) توانایی داده‌های سنجنده ETM^{+} را در برآورد مشخصه‌های تیپ‌های جنگلی در پارک ملی خبر کرمان مورد ارزیابی قرار داد. نتایج این تحقیق نشان داد که تبدیل داده‌ها و استفاده از رگرسیون چند متغیره با استفاده از باندهای مصنوعی و شاخص‌های مختلف، موجب افزایش ضرایب همبستگی و تبیین شده است. سیوانپیلای و همکاران (۲۰۰٦)، امکان برآورد تعداد درختان در هکتار و سن توده‌های مدیریت شده کاج را در تگزاس آمریکا با استفاده از داده‌های سنجنده ETM^{+} مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که با استفاده از باندهای اصلی، ضریب تبیین تعدیل شده و میانگین مجذور خطای مربعات برای تعداد درختان در هکتار به‌ترتیب ٦۰/٤ درصد و ۳۱۲/۵ (تعداد درختان در هکتار) به‌دست آمد و با استفاده از باندهای پردازش شده به‌ترتیب ٦۰/۱ درصد و ۳۱۳/٤ (تعداد درختان در هکتار)حاصل گردید. نیلسون و همکاران (۲۰۰۱)، تغییرات در تعداد درختان در هکتار به‌وسیله تنک کردن را در جنگل‌های بورآل مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بازتاب‌های طیفی در محدوده‌ی مادون قرمز نزدیک در توده‌های تنک شده به‌دلیل افزایش فضای خالی در تاج پوشش و نفوذ انرژی تأبیده شده به داخل جنگل و در نهایت جذب و پخش آن، کاهش می‌یابد.

یکی دیگر از روش‌های دقیق، به‌کارگیری تجزیه و تحلیل‌های مکانی است. شاخه‌ای از علم آمار کاربردی به نام زمین‌آمار قادر به ارائه وسیعی از تخمین‌گرها به‌منظور برآورد خصوصیت موردنظر در مکان‌های نمونه‌برداری نشده با استفاده از اطلاعات نقاط نمونه‌برداری شده است (حسنی پاک، ۱۹۹۸؛ برگس و وبستر، ۱۹۸۰). در زمینه برآورد تعداد درختان در هکتار با استفاده از روش کریگینگ مطالعات زیادی صورت نگرفته اما در زمینه مشخصه‌های موجودی سرپا، ارتفاع، قطر، بایومس و شاخص سطح برگ، مطالعاتی در خارج و داخل کشور صورت گرفته است. در زمینه آماربرداری جنگل، اخوان و همکاران (۲۰۰٦)، ساختار مکانی و برآورد موجودی حجمی جنگل‌های خزری را با استفاده از روش زمین‌آمار مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که کلیه درونیابی‌ها اریب بوده و کریگینگ نتوانسته با توجه به وجود اثر قطعه‌ای زیاد در تغیرنما، برآورد مناسبی از موجودی ارائه دهد. والرمن (۲۰۰۳) پیش‌بینی مکانی حجم درختان جنگلی را به کمک داده‌های ماهواره‌ای مورد بررسی قرار داد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میانگین مجذور خطای مربعات[1] حاصله از سنجش از دور نسبت به کریگینگ معمولی کمتر بود و تلفیق داده‌های ماهواره‌ای با اطلاعات مکانی باعث افزایش دقت می‌شود. نانوس و مونترو (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای، مدل‌های پراکنش قطری در استان سگوویا در مرکز اسپانیا را با استفاده از زمین آمار مورد بررسی قرار داد همچنین نانوس و همکاران (۲۰۰٤) در مطالعه‌ای به بررسی مدل ضریب قدکشیدگی درختان و تعداد درختان در هکتار، در استان سگوویا در مرکز اسپانیا با استفاده از زمین آمار پرداختند.

1- Root Mean Square Error

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کریگینگ معمولی قابلیت پیش‌بینی مکانی فاکتورهای تعداد درختان در هکتار و ضریب قدکشیدگی درختان را دارد. برتیریش و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای تهیه نقشه شاخص سطح برگ جنگل‌های بورآل کانادا را با استفاده از داده‌های سنجنده+ETM و زمین‌آمار مورد مقایسه قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مدل رگرسیونی OLS[1] و کریگینگ نسبت به مدل SGCS[2] دارای میانگین مجذور خطای مربعات کمتری بودند و مدل کریگینگ بیشتر در مقیاس محلی کاربرد دارد ولی مدل SGCS و سنجش از دور برای نشان دادن الگوی جهانی کاربرد دارند. مارشیو و همکاران (۲۰۰۷)، در مطالعه‌ای کاربرد زمین آمار را به‌منظور بهبود دقت برآورد زی‌توده جنگل‌های برزیل بررسی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که روش زمین آمار توانایی برآورد نقشه زی‌توده را در منطقه مورد مطالعه دارد.

با بررسی‌های اولیه مشخص گردید که این گونه تحقیقات در جنگل‌های متفاوت با جنگل‌های شمال کشور و با شرایط مختلف گونه‌ای، ترکیب گونه‌ای و توپوگرافی مختلفی صورت گرفته است که نتایج متفاوتی نیز حاصل شده است. صرف‌نظر از این نتایج، به‌کارگیری و بررسی امکان استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و زمین آمار در برآورد مشخصه‌های مهم کمی جنگل در جنگل‌های شمال کشور می‌تواند امکان سوق دادن استفاده از این نوع داده‌ها و روش‌ها را برای جایگزین نمودن با سایر روش‌های متداول در برآورد مشخصه‌های کمی جنگل فراهم نماید. امروزه تقاضای زیادی برای استفاده از نتایج آماربرداری‌های منطقه‌ای و یا ملی در سطوح محلی وجود دارد که این موضوع در آماربرداری جنگل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (ماندالاز، ۱۹۹۳) تا با تولید نقشه‌های دقیق و به‌هنگام از تعداد درختان در هکتار، بتوان کیفیت برنامه‌ریزی در جنگل را در سطوح مختلف بهبود بخشید. هدف از این تحقیق برآورد تعداد درختان در هکتار به‌منظور ایجاد مدل پیش‌بینی مکانی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ETM^+ و روش زمین آمار و همچنین مقایسه این دو روش در جنگل‌های بلوط لوه گرگان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

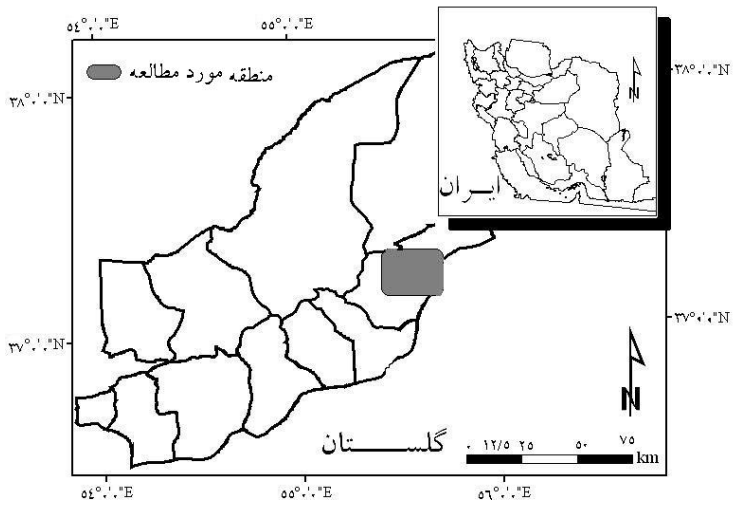
منطقه مورد مطالعه: جنگل‌های بلوط طرح جنگلداری لوه در حوزه اداره کل منابع طبیعی استان گلستان و در ۲٤ کیلومتری شرق شهرستان گالیکش در طول جغرافیایی ۳۳ ˚۵۵ تا ´٤۷ ˚۵۵و عرض جغرافیایی ´۱٤ ˚۳۷تا ۲٤ ˚۳۷ در ارتفاع ۱۹۰۰-۷۰۰ متر از سطح دریا قرار دارند (شکل ۱). جهت کلی این جنگل‌ها شمالی و شمال‌غربی است و مساحت آن ۱۰٦۸۳ هکتار می‌باشد.

داده‌های زمینی: با توجه به این که منطقه مورد مطالعه به سه توده پرورشی (۳۳ قطعه نمونه)، اصلاحی (۳۲ قطعه نمونه) و بهره‌برداری نشده (۳٤ قطعه نمونه) تقسیم شده است، سعی شد تا برداشت داده‌های زمینی نیز در سه توده موردنظر به‌طور مساوی صورت گیرد. در این تحقیق به‌دلیل وسعت زیاد منطقه و همگنی و همسانی ساختار جنگل‌های منطقه از نظر ترکیب و گونه، نمونه‌برداری به روش خوشه‌ای با تعداد اعضای مساوی صورت گرفت (زبیری، ۲۰۰۲). به‌طوری‌که هر خوشه دارای ۹ قطعه نمونه به فواصل ۲۰۰ متر و فاصله مرکز هر خوشه تا مرکز خوشه بعدی یک کیلومتر در نظر گرفته شد (شکل ۲). در این تحقیق با توجه به‌خصوصیات هندسی و قدرت تفکیک مکانی و توان تفکیک زمینی داده‌های سنجنده ETM^+ و همچنین ابعاد عناصر مورد اندازه‌گیری در قطعات نمونه، قطعات نمونه به شکل مربع و مساحت ۳٦۰۰ مترمربع (۲ × ۲ پیکسل) در نظر گرفته شدند.

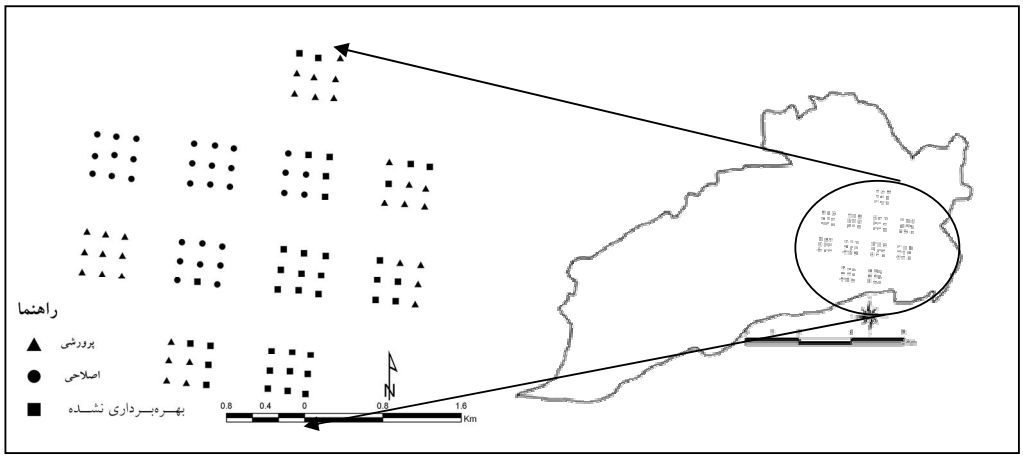
1- Ordinary least square
2- Sequential Gaussian Conditional Simulation

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان گلستان و ایران.



شکل ۲- نقشه مراکز قطعات نمونه برداشت شده.

پس از تعیین نقطه شروع براساس نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه شبکه مورد نظر برروی زمین پیاده شد. سپس با تعیین محل تقاطع شبکه، قطعات نمونه به‌صورت ۶۰ ×۶۰ متر برروی زمین به‌طور دقیق پیاده شدند. پس از ثبت موقعیت مرکز قطعه نمونه در حافظه GPS و اطلاعات تعداد درختان در قطعه نمونه در فرم‌های آماربرداری یادداشت و ثبت شد. در نهایت در کل منطقه ۱۱ خوشه (۹۹ قطعه نمونه) مورد آماربرداری قرار گرفتند.

داده‌های ماهواره‌ای: در این تحقیق از داده‌های سنجنده ETM^+ ماهواره لندست ۷ به شماره گذر ۱۶۲ و ردیف ۳۴ مربوط به تاریخ ۷ ژولای ۲۰۰۲ برابر با ۱۶ تیر ماه ۱۳۸۱ استفاده شده و اندازه تفکیک مکانی در باندهای رنگی این سنجنده معادل ۳۰ متر و در باند سیاه و سفید معادل ۱۵ متر می‌باشد.

پیش‌پردازش و پردازش تصاویر: تصاویر سنجنده ETM^+ مورد استفاده در این تحقیق قبلا توسط سازمان نقشه‌برداری کشور خطای ناشی از پستی و بلندی زمین[1] آن تصحیح شده بود. ولی به‌منظور اطمینان از میزان تطابق تصاویر، از لایه‌برداری جاده‌های جنگلی و همچنین نقاط برداشت شده به‌وسیله GPS استفاده شد و مشخص شد که داده‌ها دارای صحت هندسی قابل قبولی می‌باشند. همچنین برای کاهش اثر اتمسفری از مدل COST

1- Orthorectification

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده گردید (ماهینی و تارنر، ۲۰۰۷). این روش سعی در تصحیح نسبی و کاهش اثر اتمسفری دارد. پارامترهای موردنیاز در روش COST شامل سال، ماه، روز و ساعت تصویربرداری، زاویه دید ماهواره، زاویه ارتفاع خورشید[1]، مرکز یا وسط طول موج هر باند، تیرگی هوا، L_{min}، L_{max} و DN_{max} می‌باشد. تصحیح اتمسفری با استفاده از داده‌های سربارهٔ[2] تصاویر در محیط نرم‌افزار Idrisi Kilimanjaro انجام گرفت. در این تحقیق علاوه‌بر داده‌های اصلی سنجنده پردازش‌های مناسب نظیر نسبت‌گیری[3]، شاخص‌های گیاهی[4]، تجزیه مؤلفه‌های اصلی[5] نیز برروی داده‌های اصلی جهت ایجاد تصاویر مختلف انجام شد. جهت انتخاب بهترین تصاویر برای شرکت در مدل‌سازی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد به‌طوری‌که از بین کل باندهای اصلی و مصنوعی باندهایی انتخاب شدند که ضریب همبستگی بین آنها کمتر بود (ماهینی و تارنر، ۲۰۰۳).

استخراج ارزش‌های رقومی تصاویر در محل قطعات نمونه: در این تحقیق از ۹۹ قطعه نمونه برداشت شده زمینی، تعداد ۸٤ قطعه نمونه (۸۵ درصد) در فرآیند مدل‌سازی به‌کار گرفته شد و تعداد ۱۵ قطعه نمونه (۱۵ درصد) برای ارزیابی مدل مورد استفاده قرار گرفتند. میانگین ارزش‌های رقومی (DN) چهار پیکسل دربرگیرنده هر ۸٤ قطعه نمونه در تصاویر مختلف اعم از باندهای اصلی و باندهای حاصل از پردازش‌های مختلف استخراج شد.

آنالیزهای آماری: پس از برداشت مشخصه تعداد درختان در هکتار در سطح قطعه نمونه، کلیه داده‌های مورد نیاز نیز از قبیل تراکم، موقعیت مرکز قطعه نمونه در نرم‌افزار آماری Minitab 13 ثبت شد و سپس میانگین ارزش‌های طیفی متناظر با قطعات نمونه پس از استخراج نیز ثبت شد. از طریق رگرسیون بهترین زیر مجموعه[6] ارتباط بین تعداد درختان در هکتار و ارزش‌های طیفی، مورد بررسی و اقدام به شناسایی بهترین مدل رگرسیونی شد. در رگرسیون بهترین زیر مجموعه تمامی مدل‌های رگرسیونی ممکنه مربوط به متغیرهای مستقل بررسی و طبق معیارهای ضریب تبیین، ضریب تبیین اصلاح شده، آماره C_p[7] و میانگین مجذور خطا بهترین مدل رگرسیونی انتخاب می‌شود. در نهایت مدلی انتخاب می‌شود که بیشترین ضریب تبیین (ضریب تبیین اصلاح شده) و کمترین C_p و میانگین مجذور خطا را دارا باشد (مصداقی، ۲۰۰٤).

به‌منظور برازش مدل‌های رگرسیونی، تعداد درختان در هکتار به‌عنوان متغیر وابسته و ارزش رقومی پیکسلی باندها، به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. سپس از طریق رگرسیون بهترین زیر مجموعه ارتباط بین تعداد درختان در هکتار و ارزش‌های طیفی، مورد بررسی و بهترین مدل خطی چند گانه رگرسیونی شناسایی شد و با اعمال ضرایب رگرسیونی در نرم‌افزار Idrisi Kilimanjaro نقشه تعداد درختان در هکتار به‌دست آمد.

برآورد تعداد درختان در هکتار با استفاده از کریگینگ: زمین آمار شامل فرآیند واریوگرافی و درون‌یابی کریگینگ می‌باشد. در فرآیند واریوگرافی از واریوگرام یا واریانس وابسته به فاصله که ساختار ارتباط فضایی (مکانی) را در بین نمونه‌ها نشان می‌دهد، برای مدل‌سازی واریانس فضایی (مکانی) داده‌ها استفاده می‌شودتابع واریوگرام به‌صورت زیر تعریف می‌شود (معادله ۱) (نانوس و همکاران، ۲۰۰٤).

$$\hat{\gamma}(h)=\frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^{N(h)}\left[Z(x_i)-Z(x_i+h)\right]^2 \qquad (1)$$

به‌طوری‌که $\hat{\gamma}(h)$ مقدار نیمه تغییرنما[8] برای تعداد N جفت نمونه است که با فاصله (h) (گام یا lag) از

1- Sun elevation
2- Header file
3- Ratioing
4- Vegetation index
5- Principal component analysis

6- Best sub setting
7- Mallows Cp statistic
8- Semivariance

www.SID.ir

Archive of SID

یکدیگر جدا شدند. $Z(x)$ نیز ارزش متغیر x در نقطه i است.

بعد از محاسبه نیمه تغییرنما در گام‌های مختلف تغییرنمای تجربی[1] ترسیم می‌گردد. سپس مدل مناسب با حداقل مجذور خطا به نقاط نیمه تغییرنما برازش داده شد و پارامترهای دامنه تأثیر[2]، سقف[3] و اثر قطعه‌ای[4] جهت آنالیزهای کریگینگ و میان‌یابی محاسبه شدند. یکی از متداول‌ترین مدل‌های رایج که در این تحقیق نیز به پارامتر مورد بررسی برازش داده شد، مدل کروی[5] است که معدله آن به شرح زیر می‌باشد (معادله ۲) (وبستر و اولیور، ۲۰۰۰):

$$E\left[\hat{Z}(X)-Z(X)\right]=0 \Rightarrow \sum_{i=1}^{n}\lambda_i=1 \qquad (2)$$

c_0: اثر قطعه‌ای، c: واریانس فضایی، a: دامنه تأثیر

برای ارزیابی اعتبار مدل و برآوردها، از روش اعتبار دهی مقطعی[6] استفاده شد. این روش شامل حذف به نوبت نمونه‌ها و برآورد مجدد آنها به روش کریگینگ با استفاده از سایر نمونه‌ها و مدل برازش شده بر واریوگرام تجربی است. سپس از تفاضل مقادیر واقعی و برآورد شده برای ارزیابی برآوردها استفاده می‌شود (ون میروین، ۱۹۹۱).

کریگینگ که شیوه برآورد یا تخمین در روش زمین‌آمار است، بهترین تخمین‌گر نااریب خطی است که می‌تواند بدون اریبی و با حداقل واریانس، ارزش متغیرها را در نقاط نمونه برداری نشده، برآورد کند. تابع کریگینگ به‌صورت زیر تعریف می‌شود (معادله‌های ۳، ٤ و ٥) (وبستر و اولیور، ۲۰۰۰):

$$\hat{z}(x)=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i z(x_i) \qquad (3)$$

n: تعداد نمونه‌ها، λ_i: وزن داده شده به هر نمونه به‌طوری‌که:

$$E\left[\hat{Z}(X)-Z(X)\right]=0 \Rightarrow \sum_{i=1}^{n}\lambda_i=1 \qquad (4)$$

1-Experimental variogram
2-Range
3-Sill
4-Nugget effect
5-Spherical
6-cross-validation

$$E\left[\hat{Z}(X)-Z(X)\right]^2=\min \qquad (5)$$

$Z(x)$ نیز ارزش متغیر x

ویژگی دیگر کریگینگ، علاوه‌بر دقت در برآورد، این است که به‌همراه هر برآوردی (نقشه کریگینگ) میزان اشتباه آن (نقشه انحراف معیار کریگینگ) را نیز محاسبه می‌کند. بنابراین با استفاده از این روش می‌توان کیفیت برآوردها را کمی کرد. عمومی‌ترین شکل کریگینگ که بیشترین کاربرد را در مطالعات زیست محیطی دارد، کریگینگ معمولی[7] است که اغلب به‌صورت بلوکی استفاده می‌شود.

ارزیابی برآوردها: به‌منظور ارزیابی و برازش مدل‌های رگرسیونی و نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های آماری، حدود پانزده درصد از داده‌ها (N=۱۵) به‌صورت تصادفی انتخاب و به‌عنوان مجموعه داده‌های معیار از کلیه تجزیه و تحلیل‌ها کنار گذاشته شدند. بدین‌ترتیب با استفاده از دو روش آماری رگرسیون و کریگینگ معمولی تعداد درختان در هکتار در محل‌هایی که دارای داده‌های معیار بود، تخمین زده شد. سپس با در اختیار داشتن مقادیر تخمینی، $(\hat{y}_i)$ از هر دو روش و مقادیر حقیقی، (y_i)، و با استفاده از معیارهای آماری زیر اقدام به مقایسه نتایج حاصل از تخمینگرهای مختلف شد (معادله‌های ٦ و ٧) (محمدی و چیت‌ساز، ۲۰۰۲؛ مک‌لا و پکارینین، ۲۰۰٤):

$$MSE=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(y_i-\hat{y}_i\right)^2 \qquad (6$$

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{y}_i-y_i\right)^2}{N}} \qquad (7$$

که در این معادلات N تعداد نمونه‌های معیار، $\hat{y}_i$ مقدار برآورد شده و y_i مقدار واقعی می‌باشد.

بهترین برآورد در نقاط مشاهده نشده برآوردی است که دارای حداقل میانگین مجذور خطا[8] و حداقل میانگین مجذور خطای مربعات باشد. مقایسه روش‌های سنجش از دور و زمین آمار به‌وسیله محاسبه معیارهای مذکور روی

7-Ordinary kriging
8- Mean square error

www.SID.ir

Archive of SID

داده‌های معیار ۱۵ نمونه) که در محاسبات وارد نشده‌اند، صورت گرفت.

نتایج

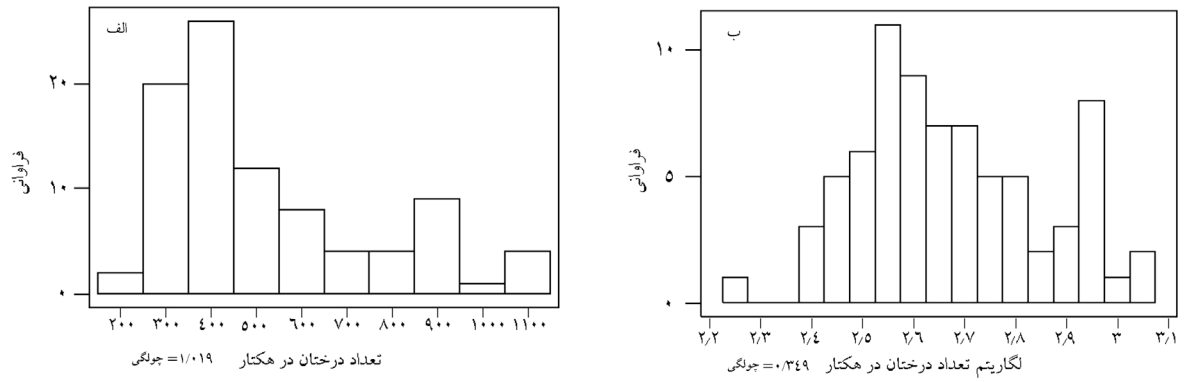
با اجرای نمونه‌برداری، به روش خوشه‌ای، ۹۹ قطعه نمونه در محدوده منطقه مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. بررسی آماره‌های توصیفی مشخصه تعداد درختان در هکتار نشان داد که دامنه تغییرات این مشخصه زیاد بوده و نشان‌دهنده کل دامنه ساختار توده جنگلی می‌باشد (جدول ۱).

شکل ۳ (الف و ب) پراکنش تعداد درختان در هکتار قبل از تبدیل و بعد از تبدیل را نشان می‌دهد. نرمال بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون کولموگروف اسمیرونوف نشان داد که مشخصه تعداد درختان در هکتار از توزیع نرمال برخوردار نیست (P-value<۰/۰۵) بدین‌ترتیب تبدیل لگاریتمی صورت گرفت (P-value>۰/۰۵) منحنی هیستوگرام این متغیر بعد از تبدیل نیز حاکی از نرمال بودن آنها می‌باشد.

برآورد و تهیه نقشه تعداد درختان در هکتار با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای: نتایج حاصل از آنالیز رگرسیون نشان داد که ترکیب خطی ETM4 و ETM5 (جدول ۲) به‌عنوان متغیر مستقل در مقایسه با دیگر باندها و ترکیبات به‌کار گرفته شده با ضریب تبیین ۰/۷۳٤ و میانگین مجذور خطای مربعات ۱۷۰/۳ (تعداد درختان در هکتار) بهتر توانست تعداد درختان در هکتار را برآورد نماید (جدول ۲).

جدول ۱- توصیف آماری متغیر مورد استفاده.

		تعداد	میانگین	انحراف معیار	دامنه	حداقل	حداکثر
تعداد درختان در هکتار	مدل	۸٤	۵۲۸/۸٤	۲۵۰/۱	۱۰۸۰/۵٦	۱٦۹/٤٤	۱۲۵۰
	ارزیابی	۱۵	۵۷۱/۱	۲٦۸/۸۵	۸۱٦/٦۷	۲۸٦/۱۱	۱۱۰۲/۷۸



شکل ۳- الف) پراکنش داده‌های زمینی متغیر مورد استفاده قبل از تبدیل. ب) بعد از تبدیل.

جدول ۲- نتایج آنالیز رگرسیون چندگانه جهت برآورد تعداد درختان در هکتار با استفاده از داده‌های سنجندهٔ ETM^+.

پارامترهای مدل $Y=10^{(B0 + B1X1 + B2X2 + ... BnXn)}$

	B_0	B_1X_1	B_2X_2	سطح معنی‌داری	cv	R^2	R^2 (adj)	MSE	RMSE
تعداد درختان در هکتار	۱/٦٦	۰/۰۱۸۲(ETM4)	-۰/۰۱۵٤(ETM5)	۰/۰۰۰۱	۰/٤۷	۰/۷٤	۰/۷۳٤	۲۸۹٤٤	۱۷۰/۱۳

www.SID.ir

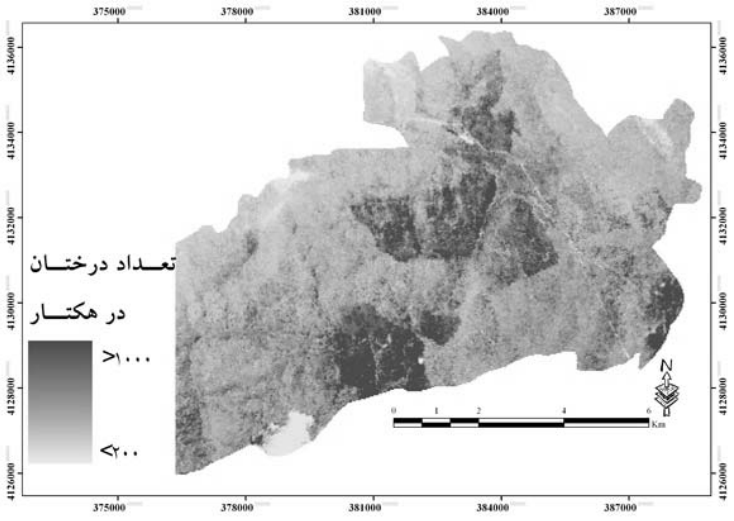
Archive of SID

با اعمال بهترین مدل به‌دست آمده و ضرایب رگرسیونی آن در پارامترهای مستقل نشان داده شده در جدول ۲ و سپس تبدیل آن نقشه تعداد درختان در هکتار تهیه شد (شکل ٤).

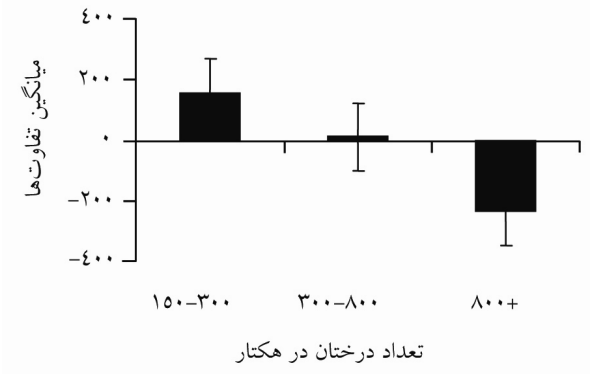
در این نقشه نواحی با تن رنگ سبز تاریک‌تر نشان‌دهنده توده‌های اصلاحی، که بیانگر تعداد در هکتار بالا می‌باشد و نواحی با تن رنگ سبز روشن‌تر نشان‌دهنده توده‌های طبیعی با تعداد در هکتار پایین می‌باشند (شکل ٤).

با توجه به شکل ۳ بیشتر تعداد درختان در هکتار در دامنه ۸۰۰–۳۰۰ است و با توجه به شکل ۵، این مدل تعداد درختان در هکتار کمتر از ۳۰۰ را بیشتر از مقدار واقعی خود برآورد می‌کند و تعداد درختان در هکتار بیشتر از ۸۰۰ را کمتر از مقدار واقعی خود برآورد می‌کند و تعداد درختان در هکتار بین ۸۰۰–۳۰۰ دارای کمترین میانگین تفاوت می‌باشد.

برآورد و تهیه نقشه تعداد درختان در هکتار با استفاده از زمین‌آمار: داده‌های مورد استفاده در مطالعات زمین‌آماری باید دارای توزیع نرمال باشند. بررسی پراکنش نمونه‌ها نشان داد که داده‌های مورد استفاده دارای توزیع نرمال نبوده و بنابراین قبل از مدل‌سازی برروی متغیر تعداد درختان در هکتار تبدیل لگاریتمی صورت گرفت. شکل ٦ واریوگرام تجربی محاسبه شده برای داده‌های مربوط به تعداد درختان در هکتار ۹۹ قطعه نمونه برداشت شده و مدل کروی برازش شده بر آن را که با استفاده از نرم‌افزار GS^+ محاسبه شده است نشان می‌دهد.



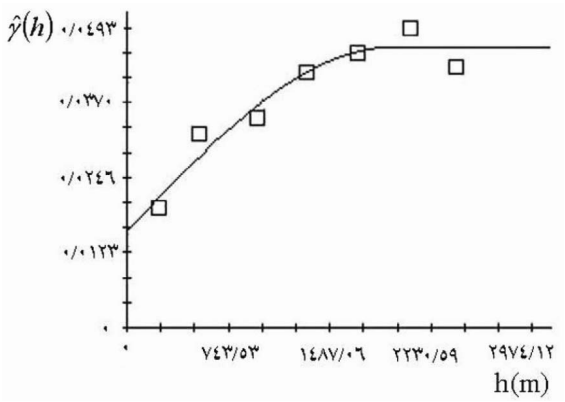
شکل ٤- نقشه تعداد درختان در هکتار تهیه شده به روش سنجش از دور و مدل رگرسیون چند متغیره.



شکل ۵- میانگین تفاوت‌ها بین تعداد درختان در هکتار برآورد شده با استفاده از سنجش ار دور و تعداد درختان در هکتار مشاهده شده.

www.SID.ir

Archive of SID



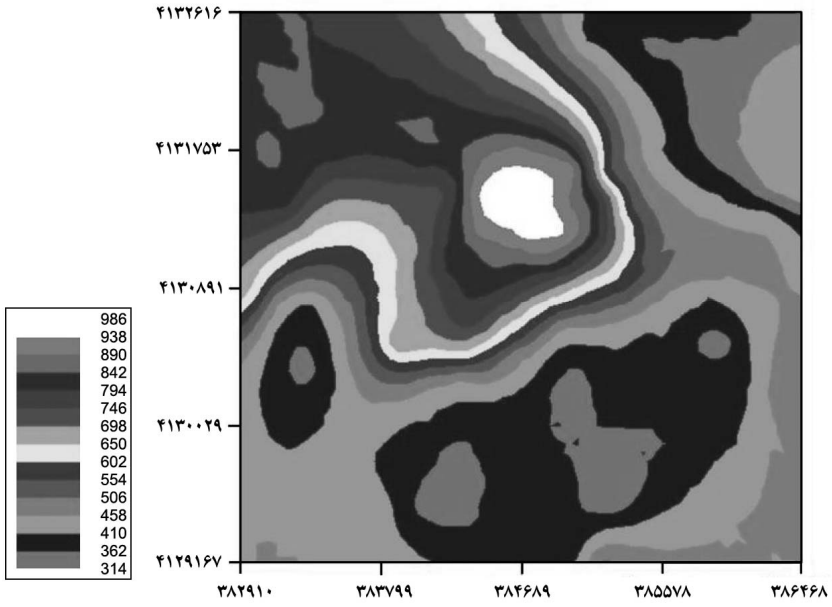
شکل ٦- واریوگرام تجربی و مدل برازش شده برای متغیر تعداد درختان در هکتار در منطقه مورد مطالعه.

محاسبه واریوگرام در جهت‌های مختلف هیچ‌گونه ناهمسانگردی هندسی را نشان نداد. در نتیجه واریوگرام به‌کار رفته همه جهته[1] جهت آنالیزهای بعدی مورد استفاده قرار گرفت. درون‌یابی کریگینگ به روش معمولی با استفاده از مدل کروی برازش شده انجام شد.

جدول ۳ مشخصات مدل برازش شده برروی واریوگرام تجربی و نتایج ارزیابی برآوردها را برای متغیر تراکم نشان می‌دهد. شکل ۷ نقشه کریگینگ را که با نرم افزار GS^+ محاسبه شده، برای مشخصه تعداد درختان در هکتار نشان می‌دهد.

جدول ۳- مشخصات مدل برازش شده برروی واریوگرام تجربی نتایج ارزیابی برآوردها.

مدل	اثر قطعه‌ای	سقف	دامنه تاثیر (متر)	MSE (تعداد درختان در هکتار)	RMSE (تعداد درختان در هکتار)
کروی	۰/۰۱٦	۰/۰٤٦	۲۳۰۷	٤۰۷۱۰/۳۲	۲۰۱/۷٦۸



شکل ۷- نقشه متغیر تعداد درختان در هکتار در منطقه مورد مطالعه با استفاده از کریگینگ.

1- Omni direction variogram

www.SID.ir

Archive of SID

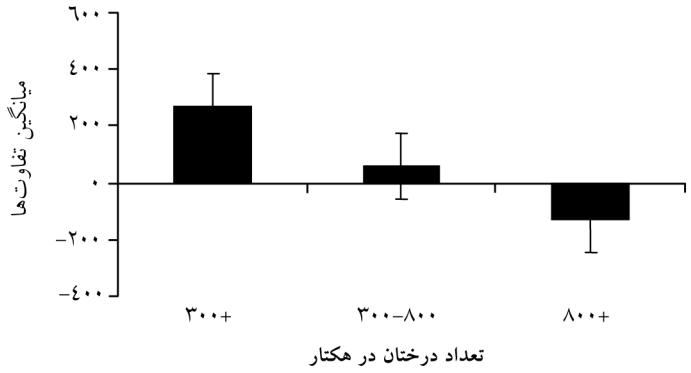
با توجه به شکل ۸ کریگینگ نیز تعداد درختان در هکتار کمتر از ۳۰۰ را بیشتر از مقدار واقعی خود برآورد می‌کند و تعداد درختان در هکتار بیشتر از ۸۰۰ را کمتر از مقدار واقعی خود برآورد می‌کند و تعداد درختان در هکتار بین ۸۰۰-۳۰۰ دارای کمترین میانگین تفاوت می‌باشد.

به‌منظور مقایسه نتایج حاصل از دو روش مختلف از آماره‌های میانگین خطا میانگین مجذور خطای مربعات و میانگین مجذور خطای استفاده شده است و نتایج آن در جدول ٤ ارائه شده است. مقایسه نتایج جدول ٤ نشان می‌دهد که با توجه به حداقل بودن مقادیر میانگین خطا میانگین مجذور خطای مربعات و میانگین مجذور خطای روش سنجش از دور برتری نسبی را نسبت به زمین آمار نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

آگاهی از وضعیت تعداد درختان در هکتار جنگل، یکی از اولویت‌هایی است که مدیران، جهت ارزیابی منابع جنگلی، زمان‌بندی تیمارهای جنگل‌شناسی و برنامه‌ریزی به آن نیازدارند. نتایج حاصل از آنالیز رگرسیون نشان داد که ترکیب خطی باندهای ETM4 و ETM5 به‌عنوان متغیر مستقل در مقایسه با دیگر باندها و ترکیبات به‌کار گرفته شده با ضریب تبیین ۰/۷۳٤ و میانگین مجذور خطای مربعات ۱۷۰/۳ (تعداد درختان در هکتار) بهتر توانست تغییرات تعداد درختان در هکتار را توجیه نماید. وجود رابطه معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ درصد با استفاده از داده‌های سنجنده ETM^{+}، کسب ضریب تبیین اصلاح شده ۰/۷۳٤ و میانگین مجذور خطای مربعات ۱۷۰/۱۳ (تعداد درختان در هکتار) شواهدی هستند که امکان برآورد تعداد درختان در هکتار را با استفاده از این داده‌ها تأیید می‌کند. نتایج حاصل شده در این تحقیق نسبت به نتایج تحقیقات ناصری (۲۰۰۳) و سیوانپیلای و همکاران (۲۰۰٦) دارای ضریب تبیین اصلاح شده بیشتر و میانگین مجذور خطای مربعات کمتر می‌باشد. بالا بودن ضریب تبیین اصلاح شده در این مطالعه در مقایسه با تحقیقات ناصری (۲۰۰۳) به انبوه بودن توده‌های جنگلی و عدم تداخل طیفی پوشش گیاهی و خاک در منطقه مورد مطالعه و همچنین انجام پیش‌پردازش‌های مناسب و دقیق نظیر تصحیح اتمسفری و هندسی برمی‌گردد.

مطابق نتایج سیوانپیلای و همکاران (۲۰۰٦)، با افزایش ارزش‌های طیفی در باندهای *ETM4* و *ETM5* تعداد درختان در هکتار نیز افزایش می‌یابد که توده‌های جوان و متراکم دارای ارزش طیفی بالاتر نسبت به توده‌های مسن و با تعداد درختان در هکتار کمتر می‌باشند.



شکل ۸- میانگین تفاوت‌ها بین تعداد درختان در هکتار برآورد شده با استفاده از زمین آمار و تعداد درختان در هکتار مشاهده شده.

جدول ٤- معیارهای لازم برای مقایسه سنجش از دور و زمین آمار برای برآورد تعداد درختان در هکتار.

معیار آماری	سنجش از دور	زمین آمار
RMSE	۱۷۰/۱۳	۲۰۱/۷٦۸
MSE	۲۸۹٤٤	٤۰۷۱۰/۳۲

www.SID.ir

Archive of SID

در توده‌های مسن‌تر به‌دلیل وجود گپ‌های بیشتر در تاج‌پوشش، تنک کردن و مرگ و میر جذب و پخش صورت می‌گیرد (سیوانپیلای و همکاران، ۲۰۰۶؛ دانسون و کاران، ۱۹۹۳). مطابق با نتایج ناصری (۲۰۰۳)، تاکر و همکاران (۱۹۸۵) و سیوانپیلای و همکاران (۲۰۰۶)، طول موج مادون قرمز اهمیت زیادی در برآورد تعداد درختان در هکتار توده‌های جنگلی دارند. در توده‌های جوان و انبوه، به‌دلیل کم بودن فضای خالی در تاج پوشش بازتاب طیفی در محدوده مادون قرمز زیاد می‌باشد در حالی‌که در توده‌های مسن با تعداد درختان در هکتار پایین، به‌دلیل فضای خالی زیاد در تاج پوشش طول موج مادون قرمز به داخل جنگل نفوذ و باعث پخش و جذب آن و در نهایت کاهش بازتاب طیفی در این طول موج می‌گردد (دانسون و کاران، ۱۹۹۳).

زمین آمار روشی وابسته به مدل است. در نتیجه کلیه خروجی‌های زمین‌آمار در مرحله کریگینگ وابسته به ساختار واریوگرام و اجزاء آن است که در این میان اثر قطعه‌ای نقش مهمی دارد. متغیر مورد مطالعه دارای تغیرات فاصله‌ای بوده است علت این امر می‌تواند فاصله مناسب نمونه‌برداری باشد. انتخاب بهترین الگوی واریوگرام جهت استفاده از آن در کریگینگ به‌روش صحت تخمین و آنالیز خطا صورت گرفت. به‌منظور بررسی الگوی برازش یافته از دو معیار آماری میانگین مجذور خطا و میانگین مجذور خطای مربعات استفاده گردید (جدول ۳). در مقایسه با سایر محققان، نتیجه این تحقیق با نتیجه تحقیق نانوس و همکاران (۲۰۰٤)، در تهیه مدل تعداد درختان در هکتار و ضریب قدکشیدگی درختاندر استان سگوویا در مرکز اسپانیا با استفاده از زمین‌آمار مطابقت دارد. همچنین با نتایج نانوس و مونترو (۲۰۰۲) و مارشیو و همکاران (۲۰۰۷)، که از روش زمین‌آمار در برآورد مشخصه‌های کمی جنگل با موفقیت استفاده کرده‌اند مطابقت دارد. در عین حال با نتایج اخوان و همکاران (۲۰۰٦) مطابقت ندارد. مطابق یک اصل کلی، وقتی سطح برآورد افزایش یابد، دقت برآورد نیز بیشتر می‌شود (تیومینین و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین تفاوت نتایج این تحقیق با اخوان و همکاران (۲۰۰٦) در کاربرد زمین آمار در جنگل به تفاوت سطح قطعه نمونه و همچنین اجرای عملیات جنگل‌شناسی برمی‌گردد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میزان تعداد درختان در هکتار برآوردی از طریق سنجش از دور نسبت به زمین آمار دارای میانگین مجذور خطای مربعات کمتری می‌باشد و بیشتر در مقیاس منطقه‌ای کاربرد دارد. ولی مدل کریگینگ بیشتر در مقیاس محلی کاربرد دارد که با نتایج والرمن (۲۰۰۳) وبرتیریش و همکاران (۲۰۰۵) در مقایسه سنجش از دور و زمین آمار در تهیه نقشه حجم و شاخص سطح برگ به‌ترتیب، مطابقت دارد. نتایج سنجش از دور و زمین‌آمار در برآورد تعداد درختان در هکتار به‌طور معمول در مقیاس محلی دارای تفاوت خیلی زیادی نمی‌باشند ولی در مقیاس وسیع استفاده از سنجش از دور دارای نتایج بهتری می‌باشد. در نهایت در برآورد تعداد درختان در هکتار سنجش از دور به‌دلیل استفاده در سطوح وسیع، دقت قابل قبول، هزینه کمتر و حجم نمونه‌برداری کمتر نسبت به زمین‌آمار برتری دارد و پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی برای افزایش دقت برآوردی از تلفیق داده‌های ماهواره‌ای و زمین آمار استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مهندس مجتبی امیری، نیکنام سلیمانی، علیرضا محامد شبانلو و مهندس تکتم تاج‌گردان که در انجام این تحقیق و جمع‌آوری داده‌های زمینی همکاری همه جانبه مبذول داشته‌اند و همچنین مهندسین ناظر و مجریان طرح جنگلداری لوه به لحاظ در اختیار قرار دادن عرصه تحقیق و امکانات لازم تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

1.Akhavan, R., Zobeiri, M., Zahedi Amiri, GH., Namiranian, M., and Mandalaz, D. 2006. Spatial structure and estimation of forest growing stock using geoststistical approach in the Caspian region of Iran. Iranian J. Natural Res., Vol. 59, No. 1. 89-102.

www.SID.ir

Archive of SID

2.Berterretchea, M., Hudakb, A.T., Cohen, W.B., Maiersperger, Th.K., Gower, S.T., and Dungan, J. 2005. Comparison of regression and geostatistical methods for mapping Leaf Area Index (LAI) with Landsat ETM+ data over a boreal forest. Remote Sensing of Environment 96, 49–61
3.Burgess, T.M., and Webster, R. 1980. Optimal interpolation and Isarithmic mapping of soil properties I-The Semi-Variogram and Punctual Kriging. Soil Science Journal. pp 315-331.
4.Danson, F.M., and Curran, P.J. 1993. Factors affecting the remotely sensed response of coniferous forest plantations. Remote Sensing of Environment. 43: 55–65.
5.Fiorella, M., and Ripple, W.J. 1993. Analysis of conifer forest regeneration using Landsat Thematic Mapper data. Photogrametric Engineering of Remote Sensing. 59, 1383–1388.
6.Hall, R.J., Skakun, R.S., Arsenault, E.J., and Case, B.S. 2006. Modeling forest stand structure attributes using Landsat ETM+ data: Application to mapping of above ground biomass and stand volume. Forest Ecology and Management. 225: 378–390.
7.Hasani, P.E.A. 1998.Geoststistic. Tehran University Press, 306p.
8.Khorrami, K.R. 2004. Investigation of the potential of landsat7 ETM+ data in volume estimating of beech forest stands (case study: Sangedeh area in north of Iran). MSc. thesis, University of Tehran, Faculty of Natural Resources. 80p.
9.Mahiny, A.S., and Turner, B.J. 2003. Modeling Past Change in Vegetation Through Remote Sensing and GIS: A Comparison of Neural Networks and Logistic Regression Methods, Geocomputation2003, Southampton, UK.
10.Mahiny, A.S., and Turner, B.J. 2007. A comparison of four common atmospheric correction methods. Photogrammetric Engineering and Remote sensing, vol. 73, no. 4, pp: 361-368
11.Makela, H., and Pekkarinen, A. 2004. Estimation of forest stands volumes by Landsat TM imagery and stand-level field-inventory data. Forest Ecology and Management. 196, 245–255.
12.Mandalaz, D., 1993. Geostatistical methods for double sampling schemes: application to combined forest inventory. Technical report, ETH Zurich, chair of forest inventory and planning, 133p.
13.Marcio, H.S., Carlos, M.S.J., Phaedon, C.K., Dar, A.R., and Edson, V. 2007. Improving spatial distribution estimation of forest biomass with geostatistics: A case study for Rondonia, Brazil. Ecological modeling. 205, 221–230.
14.Mesdaghi, M. 2004. Regression methods for research in agricultural and natural resources. University emam reza, mashhad, 290p.
15.Minitab Co. 2000. Data analysis and quality tools user's guide 2. Release 13.0 Minitab Inc.
16.Mohammadi, J., and Chitsaz, V. 2002. Comparison of geostatistical predictors and linear regression for estimating some surface soil properties using thematic mapper data. Soil Science and Water Science Journal. Vol. 16, No. 2. 196-205.
17.Nanos, N., and Montero, G. 2002. Spatial prediction of diameter distribution models. Forest Ecology and Management.161, 147–158.
18.Nanos, N., Calama, R., and Montero, G.L. 2004. Geostatistical prediction of height/diameter models. Forest Ecology and Management. 195: 221–235.
19.Naseri, F. 2003. Classification of forest types and estimation of their quantitative parameters in aried and semi-arid regions using satellite data (case study: National Park of khobr-Kerman Province. Ph.D. thesis, University of Tehran, Faculty of Natural Resources, 202p.
20.Nilson, T., Olsson, H., Anniste, J., Lukk, T., and Praks, J. 2001. Thinning-caused changes in reflectances of ground vegetation in boreal forest. International Journal of Remote Sensing. 22: 2763–2776.
21.Sivanpillai, R., Smith, C.T., Srinivasan., R., Messina, M.G., and Ben Wu, X. 2006. Estimation of managed loblolly pine stand age and density with Landsat ETM+ data. Forest Ecology and Management. 223, 247–254.
22.Tucker, C., Townsend, J.R.G., and Goff, T.E. 1985. African land covers classification using satellite data. Science 227, 366–375.
23.Tuominen, S., Fish, S., and Poso, S. 2003. Combining remote sensing, data from earlier inventories, and geostatistical interpolation in multi-source forest inventory. Canadian Journal Forest Resources. 33:624-634.
24.Van Meirvenne, M. 1991. Characterization of soil spatial variation using geostatistics. Ph.D. thesis, University of Gent, Belgium, Academic Press, 168 p.
25.Wallerman, J. 2003. Remote sensing aided spatial prediction of forest stem volume, doctoral thesis Swedish University of agricultural sciences umeå, p42.
26.Webster, R., and Oliver, M.A. 2000. Geostatistics for environmental scientists, Wiley press, 271p.
27.Zobeiri, M. 2002. Forest Biometry. Tehran University Press, 411p.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 15(1), Apr -May 2008 Special issue
www.jasnr.info
www.sid.ir
www.magiran.com/jasnr

Comparison of Remote Sensing and Geostatistics Techniques in forest tree density estimation, Case Study Loveh Forests, Gorgan

J. Mohammadi[1], [1*]Sh. Shataee[2], H. Habashi[3] and F. Yaghmaee[4]
[1]Former M.Sc. Student, Dept. of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, [2]Assistant Prof., Dept. of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resource, Iran, [3]Assistant Prof., Dept. of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resource, Iran, [4]Assistant Prof., Dept of Statistics, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Abstract

Awareness of forest tree density is one of priorities that managers for assessment forest resources, timing treatment silviculture and planning must access to it. This information generally are produced through fieldwork, which in large areas takes much more time and cost. Also, remote sensing and interpolation methods can be suitable ways to estimate forest tree density. In this study, 99 plots with 60m × 60 m were set down with systematic cluster sampling method at the study area. In each plot, information of tree density and geographic coordinates of each plot center were recorded. The regression model with ETM4 and ETM5 as independent variables were better predictor of tree density (RMSE=170.13) than other combinations of ETM^+ bands and vegetation indices. In geostatistics methods estimation was preformed by ordinary kriging using spherical model cross validation results indicated that kriging could make a precise estimation (RMSE=201.768). The results of this research showed that in tree density estimation, the regression model was lower RMSE than ordinary kriging. The difference RMSE between regression model and ordinary kriging in local scale not significant but in large area regression model has good results. Generally, estimation of tree density using satellite data offers advantages such as using in large area, a reasonable cost and decreasing sampling.

Keywords: Tree density; Remote sensing; Geostatistics; Kriging; Loveh Forests

*- Corresponding Author; Email: shataee@yahoo.com

www.SID.ir