



سنجش از دور & GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال چهارم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۱
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.4, No.4, Winter 2013

۱۱۴-۱۰۱

بررسی کارایی شبکه نقطه‌چین در برآورد درصد تراکم تاج‌پوشش در جنگل، با استفاده از تصاویر هوایی UltraCam-D و سامانه اطلاعات مکانی

سید یوسف عرفانی فرد^{۱*}، زهره خدایی^۲

۱. استادیار، بخش مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۳/۲۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱۱/۲۴

چکیده

از آنجایی که درصد تراکم تاج‌پوشش از متغیرهای مهم زیست‌سنجی در مدیریت جنگل به‌شمار می‌آید، یافتن راهکاری مناسب برای برآورد آن اهمیت زیادی دارد. مطالعه این مشخصه در جنگل در داده‌های سنجش از دور، به دلیل فراهم آمدن امکان دید از بالا، با صحت و دقتی بالاتر از اندازه‌گیری‌های میدانی همراه است. یکی از پرکاربردترین روش‌های مورد استفاده بدین منظور روی داده‌های سنجش از دور، شبکه نقطه‌چین است. این پژوهش با هدف ارزیابی صحت و دقت روش یادشده، با استفاده از تصاویر هوایی UltraCam-D انجام گرفته است. منطقه‌ای به مساحت ۳۰ هکتار از جنگل‌های زاگرس در استان کهگیلویه و بویراحمد به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید و آماربرداری کامل شد. سپس شبکه‌های نقطه‌چین مختلف براساس درصد اشتباه آماربرداری (از ۵۵ تا ۲۰ درصد) در سامانه اطلاعات مکانی تهیه و به کار گرفته شدند. مقایسه آماری نتایج به‌دست‌آمده، مشخص ساخت که تغییر در تعداد نقاط شبکه‌ها تأثیری بر صحت آن ندارد و نتایج به‌دست‌آمده از تمام شبکه‌ها (جز ۹ و ۱۴ درصد) فاقد اختلاف معنی‌دار با واقعیت زمینی‌اند؛ گو اینکه با افزایش تعداد نقاط، بر میزان دقت نتایج نیز افزوده می‌شود. به طور کلی می‌توان گفت که شبکه نقطه‌چین کارایی لازم را در برآورد درصد تراکم تاج‌پوشش دارد ولی بین صحت و دقت آن ارتباط مستقیمی به چشم نمی‌خورد.

کلیدواژه‌ها: تصاویر هوایی، تراکم تاج‌پوشش، زاگرس، شبکه نقطه‌چین.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: شیراز، باجگاه، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، بخش مدیریت مناطق بیابانی، تلفن: ۰۹۱۲۷۱۰۰۶۴۹

۱- مقدمه

مشخصه تاج پوشش و درصد تراکم آن از متغیرهای مهم در جنگل داری و جنگل شناسی و همچنین بوم شناسی یا اکولوژی جنگل به شمار می آید (Fatahi, 2005)، و می توان از آن در بررسی تغییرات و پایش زیست بوم های جنگلی بهره گرفت. این موضوع در جنگل های زاگرس اهمیت بیشتری می یابد، زیرا پوشش گیاهی موجود در این جنگل ها چوب مورد استفاده در صنایع را تولید کند (Jazirehi & Rostaghi Ebrahimi, 2003). با توجه به ساختار این جنگل ها، مشخصه تاج پوشش به عنوان عاملی مناسب برای مطالعه آنها انتخاب شد (Negahdar, 2003). از طرف دیگر، برآورد تاج پوشش جنگل در مطالعات اخیر بخش مهمی از آمار برداری جنگل بر شمرده می شود (Korhonen et al., 2006). بهترین راه مطالعه تاج پوشش در جنگل ها و اندازه گیری میزان تراکم آن، استفاده از داده های سنجش از دور است. این داده ها امکان بررسی این مشخصه مهم زیست سنجی را با فراهم آوردن دید از بالا میسر می سازند. همچنین استفاده از داده های سنجش از دور، در قیاس با روش اندازه گیری میدانی، امکان حذف پوشش مشترک بین تاج درختان را برای برآورد دقیق تر و صحیح تر تراکم تاج پوشش فراهم می سازد (Avery et al., 1985)؛ (Korpela, 2004). علاوه بر مزایای مذکور، بررسی محدوده وسیع تر در مدت زمان کوتاه تر، در دسترس بودن داده های سنجش از دور و به ویژه عکس های هوایی در بیشتر مناطق و همچنین امکان تکرار و اندازه گیری مجدد (Avery et al., 1985)؛ Bonan, 1997؛ (Zobeiri & Majd, 2010)؛ Korpela, 2004؛ مزایای دیگر مطالعه تراکم تاج پوشش روی داده های سنجش از دور است.

به منظور برآورد تراکم تاج پوشش روی داده های سنجش از دور چهار روش مختلف وجود دارند که عبارتند از: برآورد چشمی، شبکه نقطه چین، روش خط نمونه و تحلیل رقومی. از بین این چهار روش، شبکه نقطه چین بیش از آن های دیگر کاربرد دارد

(Brassel & Lischke, 2001). شبکه نقطه چین از راه های آسان و صحیح و نسبتاً سریع برای برآورد تاج پوشش و درصد تراکم آن روی داده های سنجش از دور است (Bernhardt & Swiecki, 2001). اگرچه امروزه روش های طبقه بندی خودکار داده های سنجش از دور به سرعت گسترش یافته و در دسترس اند، شبکه نقطه چین هنوز هم روشی کارآمد است (Zimmerman & Liknes, 2010). اهمیت کاربرد این ابزار در داده های سنجش از دور به ویژه عکس های هوایی چنان است که با استفاده از آن می توان به اندازه گیری درصد تراکم تاج پوشش در جنگل در مطالعات مختلف پرداخت. از جمله این پژوهش ها می توان به بررسی روند تغییرات کمی و کیفی جنگل ها (Brassel & Lischke, 2001)؛ Sivrikaya et al., 2002؛ Mahdavi et al., 2009؛ Sohrabi et al., 2007؛ Bayat et al., 2009؛ Zimmerman & Liknes, 2010؛ و تحقیق درباره جنگل های شهری (Panahi et al., 2003)؛ Jahdi et al., 2008) اشاره کرد. اطمینان از صحت نتایج به دست آمده از کاربرد شبکه نقطه چین در عکس های هوایی تا حدی است که از آن در تهیه نقشه واقعیت زمینی در مطالعه تصاویر ماهواره ای نیز استفاده می شود. این موضوع را می توان در بسیاری از تحقیقات مربوط به تهیه نقشه تراکم تاج پوشش با استفاده از تصاویر ماهواره ای گوناگون مشاهده کرد (Ahmadi Sani, 2008)؛ (Moeinazad Tehrani, 2008). با توجه به اهمیت شبکه نقطه چین و کاربردهای متنوع آن، بررسی میزان کارایی این ابزار در برآورد تراکم تاج پوشش عکس های هوایی ضروری به نظر می رسد. تاکنون مطالعه ای در زمینه ارزیابی توانمندی شبکه نقطه چین در تخمین درصد تراکم تاج پوشش انجام نشده است. اگرچه استفاده از شبکه نقطه چین در اندازه گیری ویژگی های زیست سنجی جنگل - از جمله تراکم تاج پوشش - گسترش زیادی یافته ولی تاکنون در کمتر تحقیقی به بررسی صحت و دقت این ابزار در برآورد مشخصه های کمی عکس های هوایی پرداخته شده است. این در

نقطه‌چین در برآورد میزان تراکم تاج‌پوشش با استفاده از تصاویر هوایی UltraCam-D انجام گرفته است. با مطالعه شبکه‌های نقطه‌چین مختلف و دارای تعداد نقطه متفاوت در سامانه اطلاعات مکانی، قابلیت این ابزار پرکاربرد اندازه‌گیری درصد تراکم تاج‌پوشش در داده‌های سنجش از دور ارزیابی گردید. انتظار می‌رود که نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق در کاربرد این وسیله در مطالعات آبی روی تاج‌پوشش جنگل تأثیر نهد و به استفاده بهینه از آن کمک کند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

برای انجام این پژوهش بخشی از جنگل‌های زاگرس در استان کهگیلویه و بویراحمد در نزدیکی شهرستان یاسوج انتخاب شد. منطقه مورد نظر رویشگاهی مناسب از جنگل‌های زاگرس، به مساحت ۳۰ هکتار و ابعاد ۵۰۰ × ۶۰۰ متر است. مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه از $51^{\circ}36'42''$ تا $51^{\circ}37'01''$ طول شرقی و از $30^{\circ}37'31''$ تا $30^{\circ}37'51''$ عرض شمالی است. گونه غالب جنگل‌های منطقه مورد نظر بلوط ایرانی (*Quercus brantii* var. *persica*) است که دارای بیشترین سهم در منطقه مورد بررسی است و به دلیل شرایط اقلیمی موجود، از لحاظ ارتفاع و قطر رشد چندان ندارد (Jazirehi & Ebrahimi Rostaghi, 2003) و گونه‌هایی مانند کیکم (*Acer monspessulanum*) و زالزالک (*Crataegus aronia*) و بنه (*Pistacia atlantica*) نیز به همراه بلوط ایرانی مشاهده شده‌اند.

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

۲-۲-۱- آماربرداری صددرصد

به منظور بررسی صحت و دقت نتایج به‌دست‌آمده از کاربرد شبکه‌های نقطه‌چین مختلف در تصاویر هوایی UltraCam-D، در این پژوهش نقشه واقعیت زمینی که قبلاً تهیه شده است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در

حالی است که کاربرد یادشده برای تعیین درصد تراکم تاج‌پوشش جنگل و تهیه واقعیت زمینی مورد استفاده در ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای رو به افزایش است.

امروزه دورسنجی جدید توانسته است داده‌های کم‌هزینه‌ای با توان تفکیک مکانی و طیفی بالا فراهم آورد (Holopainen, 1998). با این حال نتایج حاکی از آن‌اند که تصاویر یا عکس‌های هوایی امروزه از مناسب‌ترین سامانه این داده‌های مکمل آماربرداری زمینی به شمار می‌آیند (Pitkanen, 2001; Anttila, 2005; Korpela, 2004; Pekkarinen, 2002; Holopainen et al., 2006). دسترسی به تصاویر هوایی به‌دست‌آمده از دوربین UltraCam-D که اندازه تفکیک مکانی آن بسیار بالا (۶ سانتیمتر) است (Masoomi, 2006; Alavipanah, 2009)، امکان مطالعات بسیار دقیق تاج‌پوشش درختان در جنگل را در ایران فراهم ساخته است. در بررسی‌های گذشته به قابلیت داده‌های ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی متوسط پرداخته شده ولی تراکم نسبتاً کم جنگل‌های زاگرس موجب گردیده است تا داده‌های مذکور قابلیت چندان در تهیه نقشه تراکم این جنگل‌ها نداشته باشد؛ و به همین خاطر پیشنهاد شده است که از داده‌های با توان تفکیک بالاتر استفاده شود (Sarooei, Ahmadi Sani et al., 2008; Naseri, 2003, 2008). تحقیقاتی نیز در زمینه مطالعات کمی و کیفی جنگل با استفاده از این تصاویر هوایی UltraCam-D انجام گرفته است (مانند: Rafieiyani et al., 2010; Sohrabi et al., 2009). این در حالی است که کاربرد شبکه نقطه‌چین در عکس‌های هوایی سراسری موجود در کشور با اندازه تفکیک مکانی متوسط (۵۶ سانتی‌متر در بالاترین توان رقومی‌سازی) در رایانه با دشواری همراه است زیرا در بسیاری از موارد امکان تشخیص مرز تاج درختان از سایه وجود ندارد و همین خود بر صحت نتایج شبکه نقطه‌چین تأثیری جدی می‌گذارد.

این پژوهش با هدف مطالعه توانمندی شبکه

اختیار داشتن تجهیزات مذکور اندازه‌گیری می‌شوند و بدون نیاز به نقطه کنترل زمینی، می‌توان عملیات مثلث‌بندی را انجام داد. این دوربین، که به تازگی در ایران نیز برای عکس‌برداری به کار رفته است، دو باند داده تولید می‌کند. در آن یک باند پانکروماتیک طراحی شده است که محدوده مرئی طیف الکترومغناطیس را در بر می‌گیرد و سه باند مرئی آبی و سبز و قرمز، و نیز یک باند مادون قرمز نزدیک (Alavipanah, 2009; Masoomi, 2006). تصاویر حاصل با اندازه تفکیک مکانی بالا (۶ سانتیمتر) امکان مطالعه دقیق تاج‌پوشش درختان در جنگل را با توجه به اهداف پژوهش حاضر فراهم می‌آورد. برای انجام این پژوهش، تصاویر هوایی UltraCam-D که در تاریخ ۱۳۸۷/۱۰/۱ و با مقیاس متوسط ۱:۷۰۰۰ تهیه شده، به کار رفته‌اند. دوربین مورد استفاده برای تهیه این تصاویر دارای فاصله کانونی ۱۰۱/۴ میلی‌متر و زاویه دید ۳۷°، و کیفیت تصویرهای آن ۷۵۰۰ × ۱۱۵۰۰ سلول با ابعاد ۹ میکرون است که داده‌ها را در ۵ باند پانکروماتیک، آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک تولید می‌کند (Sohrabi et al., 2009; Paine & Kiser, 2012). این تصاویر با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و در سیستم مختصات تصویر UTM و با خطای جذر میانگین مربع‌های (RMSE) ۰/۲۸ سلول (RMSE=۰/۰۹؛ Y؛ RMSE=۰/۲۶ X سلول) تصحیح هندسی شدند و سپس محدوده مورد مطالعه از موزاییک آنها استخراج گردید.

۲-۳- روش کار

شبکه نقطه‌چین از ابزارهای مهم و پرکاربرد در اندازه‌گیری و تفسیر داده‌های سنجش از دور به‌ویژه عکس‌های هوایی است (Paine & Kiser, 2012). شبکه نقطه‌چین از فضایی دوبعدی که در آن تعدادی نقاط به طور منظم (یا تصادفی) قرار گرفته و روی طلق شفاف چاپ شده‌اند، شکل می‌گیرد. با قرار دادن طلق بر روی عکس هوایی و شمارش نقاط متناسب با هدف مطالعه

آماربرداری صددرصد انجام شده با اندازه‌گیری فاصله بین درختان و آزمون آنها نسبت به یکدیگر، نقشه موقعیت درختان در صفحه مختصات ترسیم می‌شود و به آن نقشه مکانی درختان می‌گویند. برای اندازه‌گیری سطح تاج‌پوشش هر درخت (جست گروه) دو قطر بزرگ و کوچک تاج هر درخت با متر نواری با دقت دسی‌متر اندازه‌گیری شد؛ و علاوه بر آنها، گونه درختی و مبدأ زادآوری و نیز تعداد جست هر جست گروه در فرم‌های تهیه شده یادداشت گردید. سپس این داده‌ها به سامانه اطلاعات مکانی منتقل شدند و پس از حذف پوشش مشترک تاج درختان با یکدیگر، نقشه تاج‌پوشش منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. در نهایت مقدار مساحت تاج‌پوشش درختان محاسبه شد و با توجه به مساحت منطقه، مقدار درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار آن تعیین گردید. در پژوهش حاضر از این نتیجه به عنوان واقعیت زمینی در ارزیابی صحت نتایج حاصل از شبکه‌های نقطه‌چین مختلف استفاده شده است.

۲-۲-۲- تصاویر هوایی UltraCam-D

به‌طور کلی، تصاویر هوایی علاوه بر آنکه اطلاعات زیادی را درباره پوشش گیاهی و شرایط محیطی و ماهیت پدیده‌ها به دست می‌دهند، همچنین می‌توانند در تفسیر و تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی تصاویر نیز بسیار کمک کنند (Alavipanah, 2009). با توجه به هدف‌های در نظر گرفته شده، در این مطالعه تصاویر هوایی به‌دست‌آمده از دوربین UltraCam-D به کار گرفته می‌شوند. دوربین UltraCam-D از دسته مدل‌های هندسی دوربین‌های سطحی رقومی است. دوربین‌های سطحی هندسه‌ای مشابه دوربین‌های آنالوگ دارند و به همین دلیل مدل هندسی‌شان نیز مشابه است. این دوربین از دسته دوربین‌های رقومی سطحی است و قابلیت زمین مرجع کردن مستقیم تصاویر را با استفاده از GPS و IMU دارد. به‌عبارت دیگر، پارامترهای توجیه خارجی در هنگام پرواز با در

پس از طراحی شبکه‌های نقطه‌چین مختلف با درصد اشتباه آماربرداری از پیش تعیین شده (پیش‌فرض)، در سامانه اطلاعات مکانی این شبکه‌ها روی تصویر هوایی منطقه مورد مطالعه قرار گرفت و شمارش در شرایط یکسان (در مقیاس ۱:۱۰۰ و اندازه نقطه ثابت در شبکه نقطه‌چین) انجام شد. در برخی از مطالعات (مانند: Husch et al., 2003) اشاره شده است که به‌منظور اطمینان از صحت نتایج، شمارش چندین بار باید تکرار شود. در این مطالعه اگر چه شبکه‌های نقطه‌چین طراحی شده نقطه شروع یکسانی دارند و تنها یک‌بار شمارش هر شبکه کفایت می‌کند، ولی به‌منظور اطمینان از صحت کار، هر یک از شبکه‌ها پنج بار شمارش شدند. مقدار درصد تراکم تاج‌پوشش و درصد اشتباه آماربرداری نتایج با استفاده از رابطه‌های (۲) تا (۶) محاسبه گردید.

رابطه (۲)

$$P_{\text{forest}} = \frac{n}{N}$$

رابطه (۳)

$$S_{P_{\text{forest}}} = \sqrt{\frac{P(1-P)}{N}}$$

رابطه (۴)

$$E = S_{P_{\text{forest}}} \times t$$

رابطه (۵)

$$P_{\text{forest}} \pm E$$

رابطه (۶)

$$E\% = \frac{E \times 100}{P_{\text{forest}}}$$

در این رابطه‌ها، P_{forest} تراکم تاج‌پوشش، n تعداد نقاط روی تاج درختان، N تعداد کل نقاط شبکه نقطه‌چین، $S_{P_{\text{forest}}}$ اشتباه معیار درصد تراکم تاج‌پوشش (نسبت انحراف معیار بر مجذور تعداد نقاط شبکه نقطه‌چین)، و E اشتباه آماربرداری است (Zobeiri, 2007).

با توجه به اینکه مقدار واقعی درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار منطقه مورد مطالعه از طریق

می‌توان به بررسی کمی و یا کیفی موضوع مورد نظر پرداخت. مهم‌ترین گام در طراحی شبکه نقطه‌چین تعیین تعداد نقاط آن است، زیرا این موضوع بر کارایی شبکه و صحت و دقت نتایج به‌دست‌آمده، تأثیر می‌گذارد (Zobeiri, 2007; Avery et al., 1985). برای بررسی تأثیر تعداد نقاط بر کارایی شبکه نقطه‌چین، از این روش در برآورد درصد تراکم تاج‌پوشش در محدوده جنگلی استفاده شده است. شبکه‌های نقطه‌چین با تعداد نقاط مختلف روی تصویر هوایی رنگی منطقه مورد مطالعه به کار رفتند تا توانمندی این روش در برآورد درصد تاج‌پوشش ارزیابی شود. برای انجام این کار از قابلیت‌های سامانه اطلاعات مکانی استفاده شد. ابتدا شبکه‌های نقطه‌چین با تعداد نقاط مختلف تهیه شدند، و با استفاده از رابطه (۱) تعداد نقاط مورد نیاز در طراحی شبکه نقطه‌چین محاسبه گردید (Zobeiri, 2007).

$$n = P(1-P) \left(\frac{t}{E\%} \right)^2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، n تعداد نقاط شبکه نقطه‌چین و P مقدار نسبت پدیده مورد نظر است که در این پژوهش ۰/۵ در نظر گرفته شد تا مقدار حاصل ضرب $P(1-P)$ حداکثر ۰/۲۵ شود. مقدار t که آماره آزمون t-student است، از جدول آماری t متناسب با تعداد نقاط به‌دست آمد و مقدار $E\%$ به‌عنوان درصد اشتباه آماربرداری در نظر گرفته شد. از آنجا که مقدار درصد اشتباه آماربرداری ($E\%$) بر تعیین تعداد نقطه مورد استفاده در شبکه نقطه‌چین مؤثر است و یکی از اهداف این تحقیق بررسی تأثیر تغییرات این عامل در برآورد درصد تراکم تاج‌پوشش است، بر این اساس شبکه‌های نقطه‌چین مختلف طراحی گردید. مقدار درصد اشتباه آماربرداری با توجه به حداقل دقت ممکن و مقدار اشتباه آماربرداری مناسب در حوزه جنگل‌های زاگرس بین ۵ تا ۲۰ درصد در نظر گرفته شد. بر همین اساس شبکه‌های نقطه‌چین مختلف طراحی و به‌کار گرفته شد.

(Avery et al., 1985) تا از این طریق نیز شبکه‌های نقطه‌چین دقیقاً بررسی شوند. با توجه به رابطه (۱)، انتظار می‌رود که بین درصد اشتباه آماربرداری و درصد تراکم تاج‌پوشش به‌دست‌آمده از شبکه نقطه‌چین همبستگی وجود داشته باشد. برای بررسی این موضوع همبستگی بین این دو متغیر با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون ارزیابی شد (Bihamta & Zare Chahouki, 2008).

۳- نتایج

با شمارش تعداد نقاط شبکه‌های نقطه‌چین طراحی شده بر روی تصویر هوایی منطقه مورد مطالعه (شکل ۱)، درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار برای هر یک از شبکه‌ها برآورد شد (جدول ۱). همچنین مقدار واقعی درصد اشتباه آماربرداری با استفاده از رابطه (۶) به‌دست آمد (جدول ۱).

آماربرداری صددرصد به‌دست آمده است، معنی‌داری اختلاف مقدار درصد تراکم تاج‌پوشش برآورد شده با شبکه‌های نقطه‌چین مختلف با مقدار واقعی آن با لحاظ آماری با استفاده از آزمون t مطالعه شد (رابطه ۷).

رابطه (۷)

$$\hat{t} = \frac{|\hat{P}_i - P_i|}{\sqrt{\frac{P_i(1-P_i)}{n}}}$$

در این رابطه، P_i درصد تراکم تاج‌پوشش واقعی، \hat{P}_i درصد تراکم تاج‌پوشش برآورد شده با استفاده از شبکه‌های نقطه‌چین مختلف، و n تعداد نقاط شبکه نقطه‌چین است (Zobeiri, 2007).

همچنین به‌منظور ارزیابی عملکرد هر یک از شبکه‌های نقطه‌چین به‌کاررفته، زمان مورد نیاز برای شمارش نقاط در هر یک از شبکه‌ها برحسب دقیقه اندازه‌گیری شد و مقدار حاصل ضرب زمان و مجذور درصد اشتباه آماربرداری ($E\% \times T$) محاسبه گردید

جدول ۱. نتایج حاصل از هریک از شبکه‌های نقطه‌چین و آزمون آماری آنها

وضعیت معنی‌داری (در سطح ۵ درصد)	آماره t	درصد اشتباه آماربرداری (درصد)	درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار (درصد)	درصد اشتباه آماربرداری پیش‌فرض (درصد)
غیرمعنی‌دار	۱/۶۷	۵/۳۵	۴۶/۳۶	۵
غیرمعنی‌دار	۰/۳۰	۶/۲	۴۸/۰۵	۶
غیرمعنی‌دار	۱/۹۶	۷/۹۲	۴۴/۹۳	۷
غیرمعنی‌دار	۱/۳۹	۷/۸۳	۵۱/۳۴	۸
معنی‌دار	۲/۴۵	۱۰/۳۲	۴۲/۹۱	۹
غیرمعنی‌دار	۱/۹۵	۱۱/۳۴	۴۳/۵۶	۱۰
غیرمعنی‌دار	۰/۸۰	۱۱/۸	۴۶/۲۵	۱۱
غیرمعنی‌دار	۱/۳۳	۱۳/۳۴	۴۴/۴۴	۱۲
غیرمعنی‌دار	۱/۲۴	۱۲/۰۸	۵۲/۵۲	۱۳
معنی‌دار	۲/۰۹	۱۶/۸۳	۴۱/۰۲	۱۴
غیرمعنی‌دار	۰/۵۴	۱۶/۲۴	۴۶/۴۲	۱۵
غیرمعنی‌دار	۰/۴۴	۱۶/۲۸	۵۰/۳۴	۱۶
غیرمعنی‌دار	۰/۲۳	۱۷/۲۱	۴۷/۵۵	۱۷
غیرمعنی‌دار	۰/۷۹	۱۹/۷۸	۴۵	۱۸
غیرمعنی‌دار	۱/۲۰	۱۷/۹۸	۵۴/۵۴	۱۹
غیرمعنی‌دار	۰/۴۰	۱۹/۵	۵۰/۵۰	۲۰

بررسی کارایی شبکه نقطه چین در برآورد درصد تراکم تاج پوشش در جنگل، با استفاده از ...

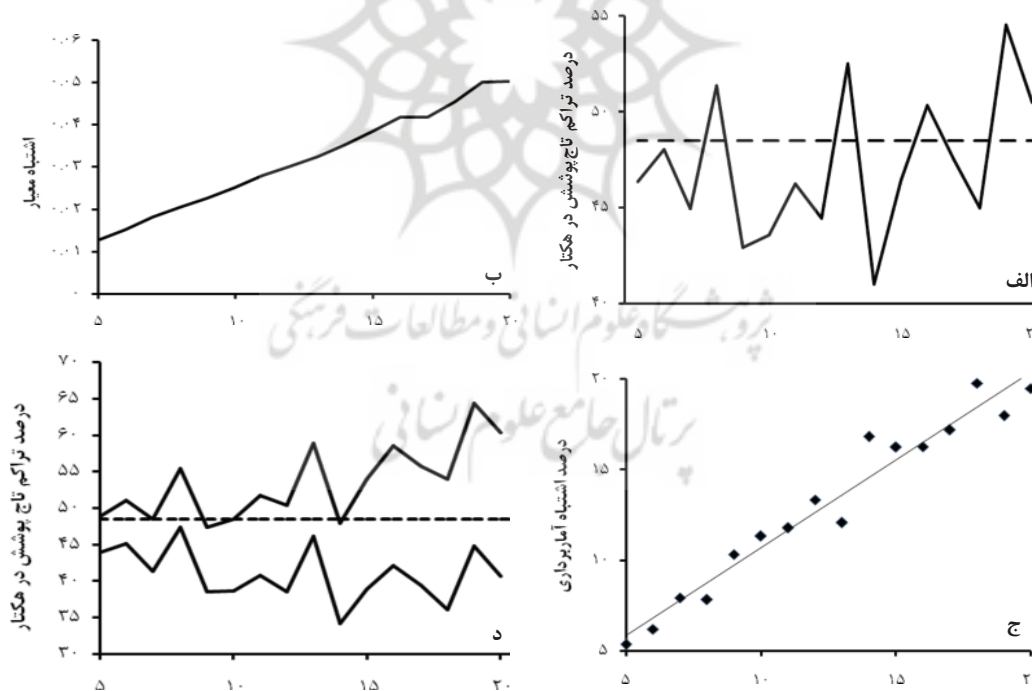
درصد)، نتیجه هر شبکه نقطه چین با مقدار تاج پوشش واقعی با استفاده از آزمون t مقایسه شد. نتایج نشان داد درصد تراکم تاج پوشش در هکتار حاصل از تمام شبکه های نقطه چین با درصد اشتباه آماربرداری های مختلف (جز ۹ و ۱۴ درصد) با مقدار واقعی اختلاف معنی دار به لحاظ آماری (در سطح ۵ درصد) ندارند (جدول ۱).

همچنین برای هر یک از شبکه های نقطه چین طراحی شده با تعداد نقاط مختلف، علاوه بر درصد تراکم تاج پوشش در هکتار و درصد اشتباه آماربرداری (جدول ۱)، اشتباه معیار و حدود اعتماد درصد تراکم تاج پوشش در هکتار برآورد شده نیز جداگانه محاسبه شد (شکل ۲).



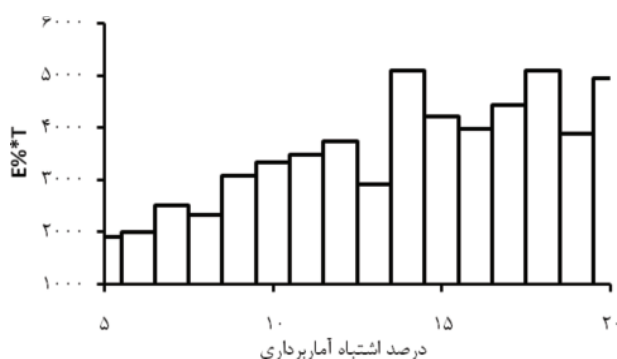
شکل ۱. بخشی از شبکه نقطه چین با $E=12\%$ بر روی تصویر هوایی منطقه مورد مطالعه

از آنجا که مقدار درصد تراکم تاج پوشش در هکتار واقعی منطقه مورد مطالعه در دسترس بود (۴۸/۵)



اشتباه آماربرداری پیش فرض

شکل ۲. درصد تراکم تاج پوشش در هکتار (الف)، اشتباه معیار (ب)، درصد اشتباه آماربرداری (ج)، حدود اعتماد (د) شبکه های نقطه چین مختلف.

شکل ۳. مقدار مشخصه $E\% \times T$ در هر یک از شبکه‌های نقطه‌چین

جدول ۲. همبستگی درصد تراکم تاج پوشش و اشتباه آمار برداری پیش فرض و محاسباتی در هر شبکه نقطه‌چین

درصد اشتباه آمار برداری محاسباتی		درصد اشتباه آمار برداری پیش فرض	
معنی داری (در سطح ۵ درصد)	ضریب همبستگی	معنی داری (در سطح ۵ درصد)	ضریب همبستگی
غیر معنی دار	۰/۱۲۰	غیر معنی دار	۰/۳۲۰

درصد تراکم تاج پوشش در هکتار

(Negahdar Saber, 1993؛ Erfanifard, 2010)، بنابراین یافتن راهکاری مناسب برای برآورد آن اهمیت دارد. این راهکار مناسب، علاوه بر دقت و صحت مطلوب، باید سرعت و هزینه مناسب نیز داشته باشد. این موضوع از آن رو در جنگل‌های زاگرس اولویت دارد که با پوشش گیاهی موجود در این جنگل‌ها نمی‌توان چوب کاربردی در صنایع تولید کرد (Jazirehi & Ebrahimi Rostaghi, 2003) و در نتیجه - بر خلاف جنگل‌های حوزه هیرکانی - صرف هزینه و زمان زیاد برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در مدیریت آنها مقدور نیست.

همان‌گونه که اشاره شد، از طرفی کاربردهای سنجش از دور در مطالعه تاج پوشش درختان و درصد تراکم آن در هکتار در تحقیقات مختلف تأیید شده است. استفاده از داده‌های سنجش از دور در مقایسه با روش اندازه‌گیری میدانی، علاوه بر ارائه دید از بالا، امکان حذف پوشش مشترک بین تاج درختان را برای برآورد دقیق‌تر و صحیح‌تر درصد تراکم تاج پوشش نیز

برای محاسبه یکی از مشخصه‌های مهم مقایسه شبکه‌های نقطه‌چین مختلف ($E\% \times T$)، علاوه بر درصد اشتباه آمار برداری، مدت زمان صرف شده برای هر شبکه نیز اندازه‌گیری شد. سپس مقدار این مشخصه برای هر شبکه تعیین گردید (شکل ۳). همان‌طور که انتظار می‌رود؛ مقدار این مشخصه در شبکه نقطه‌چین با درصد اشتباه آمار برداری ۵ درصد از همه کمتر است. دیگر اینکه با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون، همبستگی درصد تراکم تاج پوشش در هکتار و درصد اشتباه آمار برداری پیش فرض و همچنین درصد اشتباه آمار برداری محاسباتی در هر یک از شبکه‌های نقطه‌چین بررسی گردید و این همبستگی به لحاظ آماری نیز ارزیابی شد (جدول ۲).

۴- بحث

از آنجا که آگاهی از وضعیت تراکم تاج پوشش به عنوان یکی از مشخصه‌های مهم کمی در مدیریت جنگل‌های تنکی مانند ناحیه رویشی زاگرس مطرح است

نمی‌کنند؛ به نحوی که شبکه نقطه‌چین با درصد اشتباه آماربرداری ۶ و ۱۷ درصد نزدیک‌ترین نتایج را به واقعیت زمینی ارائه کرده‌اند (به ترتیب ۴۸/۰۵ و ۴۷/۵۵ درصد) (شکل ۲-الف). این نتیجه‌گیری نیز تأیید می‌کند که در منطقه مورد مطالعه، تعداد نقاط شبکه نقطه‌چین بر صحت آن تأثیری نداشته است.

نتایج به‌دست‌آمده از محاسبه اشتباه معیار و درصد اشتباه آماربرداری درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار برای هر یک از شبکه‌های نقطه‌چین به‌کاررفته نشان می‌دهد که با کاهش تعداد نقاط شبکه نقطه‌چین از دقت نتایج کاسته می‌شود (شکل ۲-ب و ج). این دستاورد با ارزیابی صحت شبکه‌های نقطه‌چین مختلف مطابقت ندارد، زیرا به عنوان مثال شبکه نقطه‌چین با درصد اشتباه آمار برداری ۱۷ درصد که دقت چندانی ندارد، درصد تراکم تاج‌پوششی که برآورد کرده، از شبکه نقطه‌چین با درصد اشتباه آماربرداری ۵ درصد به واقعیت نزدیک‌تر است. همچنین این نتیجه‌گیری با مطالعه Bayat و همکاران (2010) مطابقت ندارد زیرا آنها اشاره کردند به منظور دستیابی به نتایج صحیح، درصد اشتباه آماربرداری را باید کاهش داده و به همین خاطر نتایج به واقعیت نزدیک می‌شود. ممکن است علت این تفاوت مقایسه نکردن نتایج به‌دست‌آمده از شبکه نقطه‌چین با واقعیت زمینی در مطالعه مذکور باشد. البته نوع داده‌های سنجش از دو مورد استفاده نیز در این نتیجه‌گیری تأثیرگذار است. همچنین همبستگی بین درصد اشتباه آماربرداری پیش‌فرض و محاسباتی بیش از ۰/۹۵ ($R=0/954$) است که این موضوع قابلیت اطمینان درصد اشتباه آماربرداری پیش‌فرض و تشابه آن را با مقدار واقعی درصد اشتباه آماربرداری نشان می‌دهد (شکل ۲-ج). همچنین حدود اعتماد درصد تراکم تاج‌پوشش به‌دست‌آمده از شبکه‌های مختلف (شکل ۲-د) نتایج به‌دست‌آمده از آزمون آماری نتایج را تأیید می‌کند (جدول ۱)، زیرا میانگین واقعی درصد تراکم تاج‌پوشش در تمام شبکه‌ها در همان حدود اعتماد به‌دست‌آمده از شبکه‌های نقطه‌چین مختلف‌اند

فراهم می‌کند (Avery et al., 1985؛ Korpela, 2004). از طرف دیگر، از بین چهار روش متداول برآورد درصد تراکم تاج‌پوشش روی داده‌های سنجش از دور، شبکه نقطه‌چین از آن‌های دیگر پرکاربردتر است (Brassel & Lischke, 2001). بدین ترتیب، در این مطالعه کارایی شبکه نقطه‌چین در برآورد درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار روی تصاویر هوایی UltraCam-D به‌عنوان یکی از داده‌های سنجش از دور با توان تفکیک مکانی بالا مورد بررسی قرار گرفت.

با استفاده از امکانات سامانه اطلاعات مکانی، ۱۶ شبکه نقطه‌چین با تعداد نقاط مختلف براساس درصد اشتباه آماربرداری بین ۵ تا ۲۰ درصد تهیه شد. سپس مقدار درصد تراکم تاج‌پوشش منطقه مورد مطالعه با استفاده از هر یک از شبکه‌ها روی تصویر هوایی UltraCam-D برآورد گردید (جدول ۱). با توجه به واقعیت زمینی موجود از منطقه مورد مطالعه، نتایج به‌دست‌آمده از هر شبکه با آن به لحاظ آماری مقایسه شد. محاسبات نشان داد که به غیر از دو شبکه نقطه‌چین ۹ و ۱۴ درصد، نتایج تمام شبکه‌ها اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری با واقعیت زمین ندارند. این احتمال هم هست که با جابه‌جایی دو شبکه مذکور نتایج مشابهی به‌دست آید. بنابراین می‌توان گفت که به طور کلی، شبکه نقطه‌چین بدون توجه به تعداد نقاط آن - که بین ۹۹ و ۱۵۴۸ نقطه متغیر بود - صحت لازم را در برآورد درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار با استفاده از تصاویر هوایی در منطقه مورد مطالعه دارد. این نتیجه‌گیری با مطالعاتی مانند Mahdavi و همکاران (2002)، Ahmadi Sani (2008)، Sohrabi و همکاران (2009)، Sivrikay و همکاران (2007) و Zimmerman و Liknes (2010) که کاربرد شبکه نقطه‌چین را در برآورد درصد تراکم تاج‌پوشش تأیید کردند مطابقت دارد.

بررسی دقیق‌تر درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار شبکه‌های نقطه‌چین مختلف نشان داد که تغییرات آنها نسبت به واقعیت زمینی از نظم و روند خاصی پیروی

ولی این در مورد دو شبکه ۹ و ۱۴ درصد صدق نمی‌کند (شکل ۲-د، جدول ۱).

علاوه بر مقایسه‌های انجام‌شده، برای بررسی شبکه‌های نقطه‌چین از دیدگاه دیگر از مشخصه $E^2 \times T$ استفاده شد. کاربرد این شاخص در ارزیابی روش‌های مختلف در مطالعات جنگل در تحقیقات مختلف (مانند Heidari et al., 2009) تأیید شده است. نتایج نشان داد که شبکه‌های نقطه‌چین با درصد اشتباه آماربرداری ۵ درصد، کمترین مقدار (۱۹۱۷/۷) و درصد اشتباه آماربرداری ۱۴ درصد، بیشترین مقدار (۵۰۹۸/۵) این شاخص را دارا بودند (شکل ۳). با توجه به این شاخص می‌توان توصیه کرد که اگر زمان مطرح نباشد، باید از شبکه نقطه‌چین با درصد اشتباه آماربرداری ۵ درصد استفاده کرد. این در حالی است که با توجه به تعداد نقاط حداکثر در این شبکه (۱۵۴۸) نقطه، شمارش آن دشوارتر از دیگر شبکه‌هاست. اگرچه این مشخصه نشان داد که شبکه نقطه‌چین با درصد اشتباه آماربرداری ۱۴ درصد که نتیجه آن با واقعیت زمینی اختلاف معنی‌داری دارد (جدول ۱) از همه نامناسب‌تر است (شکل ۳)، دو اشکال مهم به آن وارد است. اول اینکه این مشخصه نشان نمی‌دهد شبکه نقطه‌چین با درصد اشتباه آماربرداری ۹ درصد که نتیجه مطلوبی را ارائه نکرده است (جدول ۱)، کارایی لازم را برای هدف این پژوهش ندارد. دوم اینکه روند این مشخصه با توجه به ماهیت اجزای تشکیل‌دهنده آن با افزایش درصد اشتباه آماربرداری، افزایشی است (شکل ۳)؛ در حالی که در شبکه‌های نقطه‌چین با درصد اشتباه آماربرداری بالاتر می‌توان شبکه‌های مناسبی را به لحاظ نتایج مطلوب و زمان صرف‌شده مناسب برگزید (مثلاً ۱۷ درصد). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این مشخصه در انتخاب شبکه نقطه‌چین مناسب، چندان مطمئن نیست و نمی‌توان از آن به عنوان معیاری پذیرفتنی در دیگر مطالعات با هدف مشابه این پژوهش استفاده کرد.

از طرفی، اساس طراحی شبکه نقطه‌چین و انتخاب تعداد نقاط آن، درصد اشتباه آماربرداری است

(رابطه ۱) که تأثیر آن در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفته است؛ و از طرف دیگر، هدف از کاربرد شبکه نقطه‌چین در این تحقیق برآورد درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار روی تصاویر هوایی است. بنابراین باید بین درصد اشتباه آماربرداری و درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار همبستگی قوی و معنی‌داری وجود داشته باشد تا این کاربرد توجیه‌پذیر باشد. این موضوع نیز مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که بین این دو متغیر هیچ همبستگی معنی‌داری به لحاظ آماری در سطح ۵ درصد وجود ندارد (جدول ۲). این دستاورد نشان می‌دهد که اگرچه با افزایش درصد اشتباه آماربرداری - و در نتیجه کاهش تعداد نقاط شبکه نقطه‌چین - از دقت برآورد درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار کاسته می‌شود ولی این هیچ تأثیری بر صحت نتایج به‌دست‌آمده از شبکه‌های نقطه‌چین مختلف ندارد. علت این امر وجود نداشتن همبستگی معنی‌دار بین درصد اشتباه آماربرداری و درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار است.

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت شبکه نقطه‌چین صحت لازم را در برآورد درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار در تصاویر هوایی UltraCam-D دارد. این در حالی است که تعداد نقاط در شبکه نقطه‌چین بر صحت نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش تأثیری نداشته است. دیگر اینکه با افزایش درصد اشتباه آماربرداری و در نتیجه کاهش تعداد نقاط در شبکه نقطه‌چین، از دقت نتایج کاسته می‌شود. دلیل این تطابق نداشتن صحت و دقت در برآورد درصد تراکم تاج‌پوشش با استفاده از شبکه‌های نقطه‌چین مختلف در تصویر هوایی منطقه مورد مطالعه، و فقدان همبستگی معنی‌دار بین درصد اشتباه آماربرداری و نیز درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار است.

بنابراین در مطالعات آتی می‌توان از شبکه‌های نقطه‌چین مختلف با توجه به میزان زمان شمارش نقاط در تصاویر هوایی UltraCam-D استفاده کرد و به برآورد مقدار درصد تراکم تاج‌پوشش در هکتار در جنگل‌های زاگرس پرداخت.

Bernhardt, Elizabeth A., Swiecki, Tedmund J., 2001, **Guidelines for Deleoping and Evaluating Tree Ordinances**, USDA Forest Services, 181p.

Bihamta, MohammadReza, Zare Chahouki, MohammadAli, 2008, **Principles of Statistics for the Natural Resources Science**, University of Tehran Press, Tehran.

Brassel, Peter, Lishke, Heike, 2001, **Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of Second Assessment**, WSL Swiss Federal Research Institute, Birmensdorf.

Erfanifard, Yousef, Fegghi, Jahangir, Zobeiri, Mahmood, Namiranian, Manuchehr, 2010, **Investigation on the Possibility of Obtaining Canopy Cover Density Maps in Forests by Aerial Photographs and GIS**, Geomatics National Conference, 15-18 May 2010.

Fatahi, Mohamad, 2005, **Methods of Zagros Forests Management**, Iranian Journal of Dehati, 53(3), PP. 23-42.

Heidari, RezaHossein, Zobeiri, Mahmood, Namiranian, Manoochehr, Sobhani, Hooshang, 2009, **Comparison of Circular Plot and Transect Sampling Methods in the Zagros Oak Forests (Case Study: Educational and Research Forest of Razi University, Kermanshah Province)**, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 17(3), PP. 359-368.

Holopainen, Markus, 1998, **Forest habitat Mapping by Means of Digitized Aerial Photographs and Multi Spectral Airborne Measurements**, Publications of the Forest Resource Management, University of Helsinki.

۵- سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از سازمان جغرافیایی ارتش به دلیل فراهم ساختن امکان دسترسی به داده‌های به‌کاررفته در این پژوهش قدردانی کنند. همچنین از داوران ارجمندی که در بهبود کیفیت نسخه اولیه مقاله و برطرف کردن اشکالات آن از راهنمایی دریغ نورزیدند، صمیمانه تشکر می‌گردد.

۶- منابع

Ahmadi Sani, Naser, Darvishsefat, AliAsghar, Zobeiri, Mahmood, Farzaneh, Ali, 2008, **Potentiality of ASTER Images for Forest Density Mapping in Zagros (Case Study: Marivan Forests)**, Iranian Journal of Nature Resources, 61(3), PP. 603-614.

Alavipanah, Seyed Kazem, 2009, **Fundamentals of Modern Remote Sensing and Interpretation of Satellite Images and Aerial Photos**, University of Tehran Press, Tehran.

Anttila, Perttu, 2005, **Assessment of Manual and Automated Methods for Updating Stand-level Forest Inventories Based on Aerial Photography**, Ph.D. Thesis, University of Joensuu.

Avery, Thomas Eugene, Berlin, Graydon Lennis, 1985, **Interpretation of Aerial Photographs**, Burgess Publication, USA.

Bayat, Mahmood, Zobeiri, Mahmood, Marive Mohadjer, Mohamad Reza, Yosefi, Yosef, 2010, **Monitoring of Sarsakhti Oak Reserved by Aerial Photographs and Full Callipering**, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 17(4), PP. 637-649.

- Holpainen, Markus, Leino, Olli, Kamari, Hannu, Talivitie, Mervi, 2006, **Drought Damage in the Park Forests of the City Helsinki**, Journal of Urban Forestry and Urban Greening, 4(2), PP. 75-83.
- Husch, Bertram, Beers, Thomas W., Kershaw, John A., 2003, **Forest Mensuration**, John Willy and Sons, USA.
- Jahdi, Roghiyeh, 2008, **Investigation on Urban Green Space Changes in Residential, Recreational and Commercial-industrial Regions of Rasht by Interpretation of Aerial Photographs in Three Durations**, M.Sc. thesis, University of Tehran.
- Jazirehi, Mohamad Hossein, Ebrahimi Rostaghi, Morteza, 2003, **Silviculture in Zagros**, University of Tehran Press, Tehran.
- Korhonen, Lauri, Korhonen, Kari T., Rautiainen, Miina, Stenberg, Pauline, 2006, **Estimation of Forest Canopy Cover: A Comparison of Field Measurement Techniques**, Silva Fennica, 40(4), PP. 577-588.
- Korpela, Ilkka, 2004, **Individual Tree Measurement by Means of Digital Aerial Photogrammetry**, Silvia Fennica, monographs 3: 93p.
- Mahdavi, Ali, Zobeiri, Mahmoud, Namiranian, Manouchehr, 2002, **Trends of Quantitative Alterations of Mangrove Forests in Gheshm Area Using 1967 and 1994 Aerial Photos**, Iranian Journal Natural Resources, 55(3), PP. 377-387.
- Masoomi, Hamid, 2006, **Digital Aerial Camera UltraCamD**, Journal of Sepehr, 15(60), PP. 55-59.
- Moeinazad Tehrani, Seyed Maram, Darvishsefat, AliAsghar, Namiraniyan, Manouchehr, 2008, **Evaluation of FCD Model for Estimation of Forest Density Using Landsat 7 Imagery (Case Study: Chalus Forest)**, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16(1), PP. 124-138.
- Negahdar Saber, MohammadReza, 1993, **Measuring the Suitable Parameters in the Inventory of Southern Zagros Conservative Forests**, M.Sc. thesis, University of Tehran, 72 p.
- Naseri, Farzin, 2003, **Classification of Forest Types and Estimating their Quantitative Parameters by Satellite Data in Arid and Semi-arid Regions**, Ph.D. thesis, University of Tehran, 202 p.
- Panahi, Parisa, Zobeiri, Mahmood, Hoseini, Seyed Mohsen, Makhdoum, Majid, 2003, **Determination of Appropriate Inventory Method in Urban Forestry**, Iranian Journal of Natural Resources, 56(3), PP. 191-200.
- Pekkarinen, Anssi, 2002, **A Method for the Segmentation of Very High Resolution Images of Forested Landscapes**, International Journal of Remote Sensing, 23(14), PP. 2817-2836.
- Pitkanen, Jusho, 2001, **Individual Tree Detection in Digital Aerial Images by Combining Locally Adaptive Binarization and Local Maxima Methods**, Canadian Journal of Forest Research, 31(5), PP. 832-844.
- Rajabpour, Manijeh, Darvishsefat, AliAsghar, Khalilpour, Ali, 2010, **Capability of SPOT-**

- HRG data for forest density mapping (Case study: Deilaman forests in Guilan province)**, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(1), PP. 132-142.
- Rafieyan, Omid, Darvishsefat, AliAsghar, Babaii, Sasan, Mataji, Asadolah, 2011, **Evaluation of Pixel-based and Object-based Classification Methods for Tree Identification Using Aerial Images (Case study: A Forestation on Chamestan-Nur)**, Iranian Journal of Forest, 3(1), PP. 35-47.
- Sarooee, Saeed, 1999, **Investigation on the Possibility of Forest Classification Considering Density in Zagros Forests by Satellite Data**, M.Sc. thesis, University of Tehran, 115 p.
- Sohrabi, Hormoz, Zobeiri, Mahmood, Hosseini, Seyed Mohsen, 2009, **Preparation of Aerial Volume Table using Visual Interpretation of Digital Aerial Images**, Iranian Journal of Forest and Wood Products, 62(3), PP. 261-274.
- Sivrikaya, Fatih, Baskent, Emin Zeki, Kose, Selahattin, 2007, **Comparison of Various Inventory Methods Used in Calculation of Stand Areas in Turkish Forestry**, KSU Journal of Science and Engineering, 10(2), PP. 58-63.
- Zimmerman, Patrirk L., Liknes, Greg C., 2010, **The roles of Misclassification in Estimating Proportions and an Estimator of Misclassification Probability**, International Journal of Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resource Sciences, 2(2), PP. 78-85.
- Zobeiri, Mahmood, 2007, **Forest Biometry**, University of Tehran Press, Tehran.
- Zobeiri, Mahmood and Majd, AliReza, 2010, **An Introduction to Remote Sensing Technology and Its Application in Natural Resources**, University of Tehran Press, Tehran.

