

نقش رژیم سایه دامنه در تراکم تاج پوشش و ارزیابی توان اکولوژیک جنگل های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل های کبیر کوه شهرستان بدره، استان ایلام)

علی نجفی فر^{۱*}، محمدهادی معیری^۲، شعبان شتایی جویباری^۲ و عبدالرسول سلمان ماهینی^۳

*^۱ - نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری جنگل شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

پست الکترونیک: alinajafifar@yahoo.com

۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳- دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۱/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۰۳

چکیده

هدف پژوهش پیش‌رو، بررسی نقش رژیم سایه دامنه در میزان تراکم تاج پوشش و امکان جایگزینی آن با معیار جهت دامنه در مطالعات اکولوژیکی و ارزیابی توان اکولوژی جنگل های کبیرکوه ایلام در حوزه رویشی زاگرس بود. برای انجام این پژوهش، ابتدا نقشه مدل رقومی ارتفاع تهیه شد و نقشه رژیم سایه دامنه از آن استخراج شد. با توجه به ارتباط مستقیم تاج پوشش جنگل با توان اکولوژیک رویشگاه، نقشه های رستری سایه دامنه و تاج پوشش در هم ضرب شدند و مساحت اشغال شده به وسیله تاج پوشش در مقادیر مختلف رژیم سایه دامنه محاسبه شد. همچنین، نقشه جهت های اصلی دامنه تهیه شد و در نقشه تاج پوشش جنگل ضرب شد. مساحت اشغال شده به وسیله تاج پوشش در جهت های مختلف دامنه نیز محاسبه شد و هیستوگرام آن ترسیم شد. در نهایت، هیستوگرام و مدل های رگرسیونی رابطه مقادیر مختلف رژیم سایه دامنه و درصد تاج پوشش جنگل تهیه شد. هیستوگرام مذکور بیانگر روند افزایش تاج پوشش در قبال کاهش شدت نور (افزایش سایه) بود. ضریب تبیین (R^2) مدل رگرسیونی درجه دو و مدل خطی رابطه مذکور برای مقادیر با ارزش سایه بیشتر از ۱۰۰، به ترتیب برابر با ۰/۵۸ و ۰/۵۶ به دست آمد. با توجه به سهولت تهیه نقشه سایه دامنه و نقش آن در پیش بینی تاج پوشش جنگل و مزیت های دیگری که بر نقشه جهت دامنه دارد، توصیه می شود که این معیار در جنگل های زاگرس و در جنگل های خشک و نیمه خشک دیگر، به عنوان یکی از عامل های کلیدی توان اکولوژیکی سرزمین مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: تراکم تاج پوشش، توان اکولوژیک، جنگل های زاگرس، جهت دامنه، سایه دامنه.

مقدمه

شرایط طبیعی خود را از دست داده اند و به جنگل های مخروطی یا اراضی جنگلی فاقد درخت تبدیل شده اند (Najafifar et al., 2012). متأسفانه در سال های اخیر وقوع خشکسالی های مکرر در نتیجه حمله آفات و امراض نیز مزید بر علت شده است و باعث نابودی بی رویه درختان

حوزه رویشی زاگرس به عنوان پهناورترین عرصه جنگلی و دومین منبع سلولزی تجدیدپذیر کشور، در شرایط آب و هوایی خشک حاکم بر ایران، اهمیت محیط زیستی زیادی دارد. در طول چند دهه اخیر سطح وسیعی از این جنگل ها

با ارتقای توانایی سامانه‌های اطلاعات مکانی، امکان استخراج نقشه سایه دامنه با دقت مناسب در فرمت‌های پیوسته عددی امکان‌پذیر است، استفاده از این معیار در حال گسترش است. نقشه سایه دامنه برای اولین بار توسط گاس تهیه شد (Guth, 1999) و به وسیله وایز معرفی شد (Wise, 2001). در سال‌های اخیر با توسعه فن‌آوری‌های جدید و امکان تهیه نقشه سایه دامنه در مکان‌ها و زمان‌های مختلف، استفاده از این فن‌آوری در پژوهش‌های اکولوژی گیاهی بیشتر به چشم می‌خورد.

بررسی‌های به عمل آمده بر این حقیقت تأکید دارد که تشعشعات خورشیدی و نقش جهت دامنه در کنترل آن، یکی از مهم‌ترین عامل‌های مؤثر در رشد و نمو گیاهان است (Rich *et al.*, 1994). توسعه تحلیل‌های فضایی در محیط نرم‌افزارهایی مانند ArcGIS، امکان تجزیه و تحلیل اثرات نور خورشید را بر یک منطقه جغرافیایی طی یک دوره زمانی خاص فراهم می‌کند (Fu & Rich, 1999). ابزار تحلیل نور (Solar Analyst)، یکی از ابزارهای مهم و مناسب با کاربردهای متنوع در کشاورزی و جنگلداری است (Fu & Rich, 2000). در مجموع، مزایای معیار پیوسته سایه دامنه نسبت به معیار گسسته جهت دامنه به شرح زیر است:

۱- امکان رصد کردن تغییرات زمانی سالانه و روزانه تابش خورشید در قالب نقشه سایه دامنه به آسانی امکان‌پذیر است. این امکان در استفاده از نقشه‌های جهت دامنه میسر نیست. به عبارت دیگر، با این‌که رژیم سایه دامنه و در نتیجه رژیم درجه حرارت یا رطوبت خاک در یک شکل یا جهت خاص از زمین، همواره بسته به تغییرات روزانه و سالانه آزیموت و زاویه ارتفاع تابش خورشید متغیر است، اما رصد کردن این تغییرات در قالب نقشه‌های مذکور امکان‌پذیر نیست.

۲- امکان بررسی رژیم سایه دامنه در قالب مجموعه‌های پیوسته فازی در مطالعات اکولوژیکی و به‌ویژه در ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین میسر است. این مزیت به دلیل ارزش‌گذاری پیکسل‌های نقشه مذکور در یک طیف پیوسته هشت بیتی (Byte)، یعنی در محدوده صفر تا ۲۵۵ میسر

جنگلی شده است. در این راستا، شناخت عامل‌های اکولوژیکی مؤثر در رشد و نمو این جنگل‌ها در راستای مدیریت بهینه آنها از اهمیت زیادی برخوردار است (Najafifar *et al.*, 2015). مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و نمو جنگل (توان اکولوژیک رویشگاه) در شرایط نیمه‌خشک زاگرس، کمبود رطوبت خاک است. از آنجایی‌که اندازه‌گیری و نقشه‌سازی این عامل در سطوح وسیع مشکل و پرهزینه است، بنابراین از دیرباز اختلاف رطوبت خاک در دامنه‌های سایه‌گیر (که در نیمکره شمالی، جهت شمالی است) نسبت به دامنه‌های آفتاب‌گیر (که در نیمکره شمالی، جهت جنوبی است)، براساس نقشه جهت‌های دامنه تفسیر و مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مدل‌سازی شاخص‌های مختلف تشعشعات خورشیدی، کاربرد زیادی در درک تغییرات مکانی و زمانی تابشی خورشید در سطح زمین‌سیما (Landscape) دارد (Alina *et al.*, 2013). تابش خورشید یکی از مهم‌ترین عامل‌های مؤثر در ترکیب گونه‌ها و الگوهای توزیع مکانی اکوسیستم‌های گیاهی است. به دلیل اثراتی که جهت پستی و بلندی بر تبخیر آب و درجه حرارت محلی دارد، اغلب به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی شدت تابش نسبی خورشید به‌کار می‌رود. روش‌های مرسوم در تهیه این اطلاعات مانند اندازه‌گیری جهت و شیب در رویشگاه، قادر به تحلیل تغییرات روزانه و سالانه جهت تابش و اثرات ناشی از سایه‌اندازی پستی و بلندی‌های محلی نیستند. از این‌رو، استفاده از این‌گونه عامل‌های ایستا، امکان پردازش تغییرات ناهمگونی فضایی و زمانی مورد نیاز برای مطالعه الگوهای گیاهی در سطح زمین‌منظر را فراهم نمی‌کند، بنابراین به‌منظور مقایسه دو رویشگاه از نظر میزان در معرض بودن نور خورشید، پردازش تغییرات روزانه و سالانه مسیر حرکت فرضی خورشید ضروری است (Pierce *et al.*, 2005).

از گذشته‌های دور تأثیر رژیم‌های مختلف نور خورشید در مطالعات اکولوژیکی به‌طور معمول در قالب نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده جهت دامنه (چهار جهت اصلی یا هشت جهت اصلی و فرعی) مورد بررسی قرار گرفته است، اما امروزه که

می‌شود.

۳- جهت دامنه اثرات متقابل شدیدی با شیب دامنه دارد. به عبارت دیگر اثرات نور خورشید بر یک دامنه شمالی با شیب به نسبت کم، متفاوت از دامنه‌ای شمالی با شیب زیاد است. رصد کردن این تفاوت در قالب نقشه جهت دامنه امکان‌پذیر نیست. استفاده از نقشه سایه دامنه می‌تواند این مشکل را برطرف کند.

۴- در مطالعات اکولوژیکی برمبنای نقشه جهت دامنه، محاسبه و تجزیه و تحلیل هم‌زمان اثر جهت غالب دامنه بر جهت‌های فرعی و اثر سایه‌اندازی مناطق مرتفع بر دامنه‌های همجوار و نقشی که جهت‌های فرعی در ایجاد سایه ایفا می‌کنند، امکان‌پذیر نیست. در نقشه سایه دامنه، این قابلیت به‌طور کامل فراهم است.

بررسی مطالعات انجام‌شده درخصوص تأثیر رژیم‌های مختلف نور خورشید در زنده‌مانی یا رشد نهال‌های درختان جنگلی، حاکی از آن بود که اغلب این پژوهش‌ها تحت شرایط تاج‌پوشش طبیعی (اثر سایه تاج یا اثر روشن) و یا سایه‌بان مصنوعی انجام شده بودند و اغلب به نقش معنی‌دار رژیم‌های مختلف نور خورشید یا مقادیر مختلف سایه در میزان رشد و نمو و زنده‌مانی نهال‌های جنگلی اشاره داشتند (Gardiner & Hodges, 1998; Farque *et al.*, 2001; Gorchibeigi, 2001; Weinreich, 2002; Espahbodi & Tabari, 2004; Teimoorzadeh *et al.*, 2004; Sagheb Talebi *et al.*, 2005; Jahanpour *et al.*, 2008; Najafifar *et al.*, 2012). براساس یک پژوهش، اثر نقشه سایه دامنه همراه با عامل‌های توپوگرافی و پوشش گیاهی در تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل‌های آناتولی میانی ترکیه مورد تأیید قرار گرفت (Akpınar & Usul, 2003). همچنین مطالعات انجام‌شده با استفاده از نقشه سایه دامنه در جنگل‌های سوزنی‌برگ پارک ملی یوسمیتی آمریکا نشان داد که در عرصه‌هایی که از نظر سایه‌گیری با هم اختلاف داشتند، نوع ترکیب گونه‌های جنگلی نیز متفاوت بود (Barth, 2010). در پژوهشی دیگر، میزان تشعشعات خورشیدی در سطح کشور فرانسه با استفاده از GIS و

برمبنای پارامترهای توپوگرافی محاسبه شد و براساس آن مدل پراکنش چندین گونه جنگلی ارایه شد. پارامترهای به‌کاررفته در تهیه این مدل شامل شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا، میزان سایه، عامل‌های اقلیمی کلان (Global)، ابرناکی و عرض جغرافیایی بودند (Christian & Jean, 2007). مطالعات انجام‌شده درخصوص پوشش گیاهی در مقیاس زمین‌منظر، منجر به ارایه راهکاری ساده برای تخمین پتانسیل تابش نسبی (PRR) شد. در این روش با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، مجموع ارزش سایه دامنه (Hillshade) مربوط به زمین‌منظر در ساعت‌های مختلف یک روز خاص از هر ماه محاسبه شد و براساس آن میانگین روزانه و ماهانه رژیم تابش نوری و سپس میانگین رژیم نوری در طی فصل به‌عنوان شاخص برآورد تولید و ترکیب پوشش گیاهی معرفی شد. درنهایت کارایی این مدل با سه شاخص دیگر موجود در این‌خصوص مقایسه شد و مشخص شد که شاخص مذکور نسبت به سه شاخص دیگر از کارایی بسیار بیشتری برخوردار بود (Pierce *et al.*, 2005). همچنین در اجرای پژوهشی در جنگل‌های اوهایو آمریکا درخصوص تهیه شاخص ذخیره رطوبت (IMI) خاک با استفاده از پارامترهای مختلف، بیشترین وزن ممکن (۴۰ درصد) به لایه مربوط به نقشه سایه دامنه اختصاص داده شد و با استفاده از آن، شاخص رویشگاه (Site index) و ترکیب درختان جنگلی پیش‌بینی شد و این راهکار به‌منظور مدیریت بهینه جنگل‌های خشک و نیمه‌خشک که عامل رطوبت در آنها محدودکننده است، معرفی شد (Iverson *et al.*, 1997).

در ایران نیز در تهیه نقشه زیرمعیارهای خاک، برای ارزیابی توان اکولوژیک مناطق جنگلی زاگرس شمالی از نقشه سایه دامنه استفاده شد (Ahmadi Sani *et al.*, 2011). همچنین نتایج به‌دست‌آمده از یک پژوهش در سطح بلوک رویشی زاگرس جنوبی واقع در استان ایلام نشان داد که رژیم سایه دامنه برخلاف دو عامل جهت دامنه و شکل زمین، تأثیر مشهودی (به‌عنوان عامل تشدیدکننده) بر خشکیدگی درختان بلوط ایرانی استان ایلام داشت.

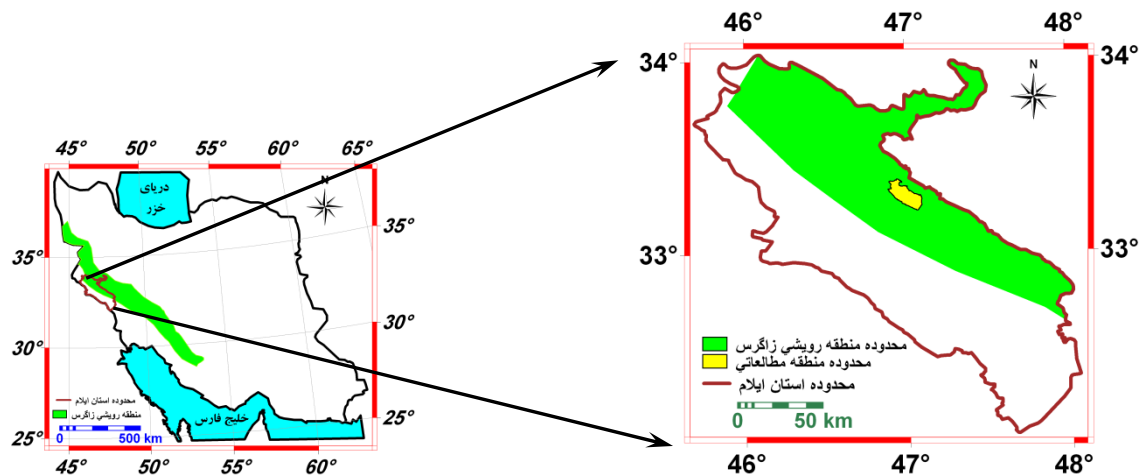
راستای احیا و بازسازی اراضی تخریب یافته جنگلی ارزیابی کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل بخشی از جنگل‌های منطقه رویشی زاگرس جنوبی واقع در کبیرکوه شهرستان بدره در استان ایلام است. مساحت این منطقه ۱۶۴۱۳ هکتار است که در محدوده جغرافیایی آن از $33^{\circ} 12' 12''$ تا $33^{\circ} 11' 23''$ عرض شمالی و از $46^{\circ} 27' 27''$ تا $47^{\circ} 52' 41''$ طول شرقی گسترش دارد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را در کشور، حوزه رویشی زاگرس و محدوده استان ایلام نشان می‌دهد. کمینه و بیشینه ارتفاع این منطقه به ترتیب برابر با ۸۳۷ و ۲۳۴۴ متر از سطح دریا است.

در نهایت، پیشنهاد شد که استفاده از رژیم سایه دامنه در کلیه مطالعات بوم‌شناسی که در آن درجه حرارت و در نتیجه رطوبت خاک عامل اصلی محدودکننده اکولوژیک محسوب می‌شود، مورد بررسی قرار گیرد (Najafifar et al., 2015). با توجه به این‌که توان اکولوژیک رویشگاه برای رشد جنگل، رابطه مستقیمی با معیار درصد تاج پوشش دارد و در اغلب مطالعات انجام شده، وزن قابل توجهی به آن تخصیص یافته است (Babaie Kafaky et al., 2009; Amiri et al., 2014; Borzoei et al., 2013)، بنابراین هدف پژوهش پیش‌رو، بررسی رابطه رژیم سایه دامنه با تغییرات درصد تاج پوشش جنگل و امکان استفاده از آن به عنوان یکی از معیارهای مهم در تهیه مدل ارزیابی پتانسیل قابلیت رشد جنگل، در مقایسه با عامل جهت دامنه بود. در این صورت می‌توان با استفاده از نقشه سایه دامنه و همراه با معیارهای مؤثر دیگر در رشد جنگل، توان اکولوژیک رویشگاه را در



شکل ۱- نقشه موقعیت استان ایلام و منطقه رویشی زاگرس در کشور

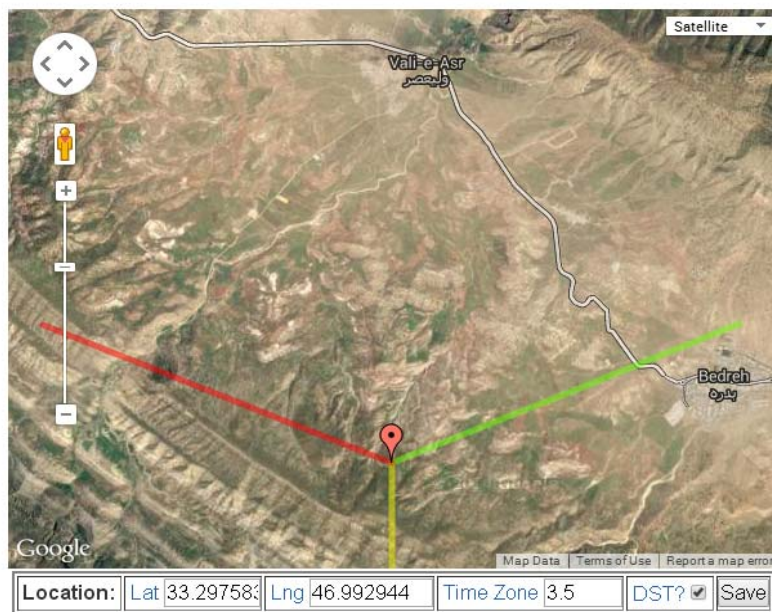
استفاده از نقشه DEM در سه زمان مختلف در طول روز اول آگوست سال ۲۰۱۴ میلادی (در زمان اوج شدت گرمای تابستان)، در نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. انتخاب اوج شدت گرمای تابستان برای تهیه نقشه مذکور به این دلیل بود که عامل سایه دامنه یا میزان آفتاب‌گیری سرزمین، در این

روش پژوهش

ابتدا نقشه مدل رقمی ارتفاع (DEM: Digital Elevation Model) منطقه براساس نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و خطوط میزان با اختلاف ارتفاع ۱۰ متر در نرم‌افزار ILWIS تهیه شد. سپس نقشه سایه دامنه با

و "۳۴/۶' ۵۹° ۴۶ طول شرقی (مرکز محدوده مطالعاتی) و با استفاده از نرم افزار NOAA Solar Calculator (http://www.esrl.noaa.gov) انجام شد (شکل ۲). بر این اساس خورشید در اول آگوست ۲۰۱۴ در ساعت ۶:۳۵ در آزیموت $۶۷/۶۹^{\circ}$ طلوع کرد و در ساعت ۲۰:۲۲ در آزیموت $۲۹۲/۲۳^{\circ}$ غروب کرد. در این مسیر، سه نقطه با فواصل زاویه‌ای مساوی شامل آزیموت‌های $۱۲۳/۸۲^{\circ}$ ، $۱۷۹/۹۶^{\circ}$ و $۲۳۶/۰۹^{\circ}$ انتخاب شدند. سپس زاویه ارتفاعی خورشید و زمان عبور خورشید از این سه آزیموت انتخابی با استفاده از نرم‌افزار مذکور محاسبه شد. این اطلاعات در جدول ۱ ارائه شده است.

مقطع زمانی بیشترین تأثیر خود را به‌عنوان یک عامل مؤثر در توان اکولوژی رویشگاه ایفا می‌کند. در تهیه نقشه مذکور، نیاز به محاسبه وضعیت خورشید در سه مقطع زمانی مختلف در طول روز بود. وضعیت خورشید را در هر منطقه و در هر زمان می‌توان به‌وسیله زاویه ارتفاع تابش (Altitude) و زاویه جهت تابش (Azimuth) مشخص کرد. زاویه ارتفاع تابش، زاویه‌ای است که بین امتداد پرتو خورشید و سطح افق تشکیل می‌شود. جهت تابش نیز زاویه‌ای است که بین تصویر امتداد پرتو خورشید بر صفحه افق و شمال واقعی پدید می‌آید. تغییرات روزانه و سالانه این دو زاویه به عرض جغرافیایی محل بستگی دارد. محاسبه پارامترهای مذکور برای موقعیت جغرافیایی از $۳۳^{\circ} ۱۷' ۵۱/۳"$ عرض شمالی



Date: Day 1 Mon Aug Yr 2014 Local Time: 13 : 28 : 23 PM

Equation of Time (minutes):	Solar Declination (in $^{\circ}$):	Apparent Sunrise:	Solar Noon:	Apparent Sunset:	Az/EI (in $^{\circ}$) at Local Time:	
-6.35	17.99	06:35	13:28:23	20:22	180.01	74.7
Show on map:		Sunrise <input checked="" type="checkbox"/>		Sunset <input checked="" type="checkbox"/>	Azimuth <input checked="" type="checkbox"/>	

شکل ۲- محیط Solar Calculator با محاسبه زاویه‌های تابشی و پارامترهای دیگر مورد نیاز در ساعت ۱۳:۲۸:۲۳

جدول ۱- مشخصات زاویه ارتفاع و زاویه آزیموت تابش خورشید در سه وضعیت مورد بررسی

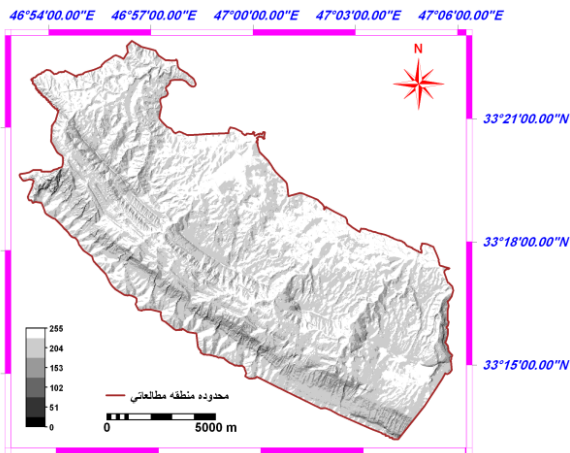
ردیف	ساعت رسمی	زاویه آزیموت خورشید	جهت جغرافیایی	زاویه ارتفاع تابش
۱	۱۲:۰۴:۱۰	۱۲۳/۸۲	جنوب شرقی	۶۵/۷۲
۲	۱۳:۲۸:۲۰	۱۷۹/۹۶	جنوبی	۷۴/۷
۳	۱۴:۵۲:۳۰	۲۳۶/۰۹	جنوب غربی	۶۵/۷۲

مقادیر سایه دامنه بیشتر از ۱۰۰) با استفاده از نرم افزار Excel برازش شد. همچنین نقشه جهت های اصلی دامنه از نقشه DEM استخراج شد و در نقشه تاج پوشش جنگل ضرب شد. درصد تاج پوشش در جهت های مختلف دامنه محاسبه شد و هیستوگرام آن نیز ترسیم شد. در نهایت، به منظور بررسی انحراف معیار روند تغییرات تاج پوشش نسبت به رژیم سایه دامنه در شرایط اکولوژیکی مختلف منطقه مورد مطالعه و امکان برآورد تاج پوشش جنگل در رویشگاه های مختلف با استفاده از داده های رژیم سایه دامنه، مدل رگرسیونی همبستگی مذکور با استفاده از ۱۷ تکرار (۱۷ بلوک)، براساس یک شبکه مربعی آماربرداری صددردصد به ابعاد ۴۰۰۰ × ۴۰۰۰ متر بررسی شد.

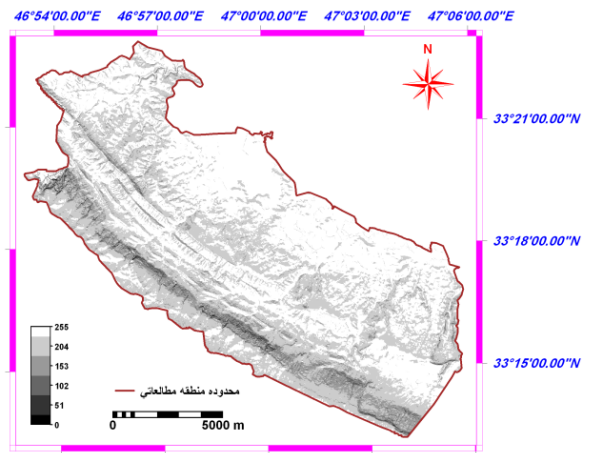
نتایج

سطح جهت های جغرافیایی شمالی، شرقی، جنوبی، غربی و مناطق فاقد جهت (مسطح) به ترتیب برابر با ۳۴/۹، ۲۸/۶، ۱۳/۳، ۱۸/۲ و پنج درصد بود. اولین نقشه سایه دامنه مربوط به زاویه آزیموتی تابش ۱۲۳/۸۲ درجه، دومین نقشه سایه دامنه مربوط به زاویه آزیموتی تابش ۱۷۹/۹۶ درجه و سومین نقشه سایه دامنه مربوط به زاویه آزیموتی تابش ۲۳۶/۰۹ درجه به ترتیب در شکل های ۳، ۴ و ۵ آورده شده اند و نقشه میانگین رژیم سایه دامنه نیز در شکل ۶ مشاهده می شود. همچنین شکل ۷ نقشه تاج پوشش جنگل های منطقه را نشان می دهد.

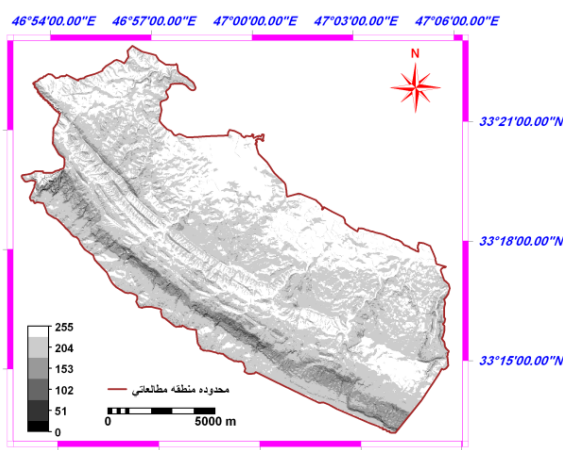
در گام بعد، نقشه های سایه دامنه برای سه زمان مختلف ذکر شده در جدول ۱ آماده شدند و نقشه میانگین ارزش سه نقشه مذکور در نرم افزار ArcGIS 9.2 تهیه شد. لایه اطلاعاتی اخیر، ملاک تجزیه و تحلیل پژوهش پیش رو قرار گرفت. در ادامه، نقشه تاج پوشش جنگل با استفاده از تصاویر ماهواره ای اسپات شس (SPOT6_Pleiades (Satellite Image)، با درستی کل ۹۶ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۴ استخراج شد. به منظور بررسی رابطه بین درصد تاج پوشش جنگل (به عنوان شاخص قابلیت رشد جنگل در اکوسیستم های طبیعی) با رژیم های مختلف سایه دامنه و مقایسه آن با رابطه درصد تاج پوشش جنگل در جهت های مختلف جغرافیایی، نقشه های رستری رژیم سایه دامنه و تاج پوشش جنگل در نرم افزار ILWIS در یکدیگر ضرب (Cross) شدند و میانگین درصد تاج پوشش در سطح هریک از مجموعه پیکسل های با ارزش سایه دامنه یکسان، در سطح کل منطقه مورد مطالعه (جامعه آماری) محاسبه شد. به عبارت دیگر، در راستای محاسبه درصد تاج پوشش در سطح پیکسل هایی با یک سایه دامنه معین (به عنوان مثال با ارزش ۲۰۰)، نسبتی از این پیکسل ها که دارای پوشش درختی بودند، در مقابل پیکسل هایی که فاقد پوشش درختی بودند، بیانر درصد تاج پوشش در سطح مناطقی با ارزش سایه دامنه ۲۰۰ بود. در ادامه، هیستوگرام رابطه مذکور در سطح کل جامعه آماری ترسیم شد و مدل رگرسیونی مناسب آن در سطح ۹۹ درصد از منطقه مطالعاتی (پیکسل هایی با



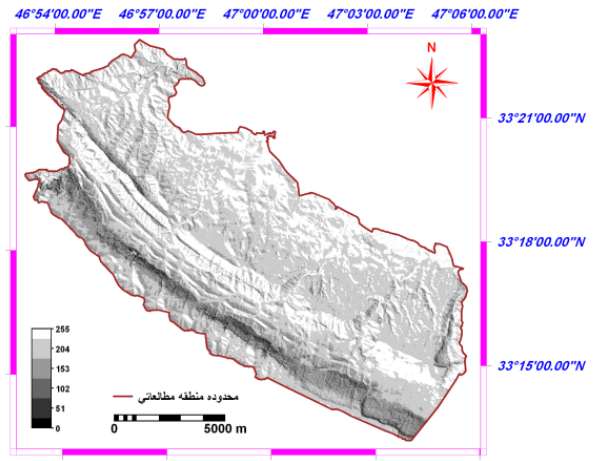
شکل ۴- نقشه سایه دامنه دوم



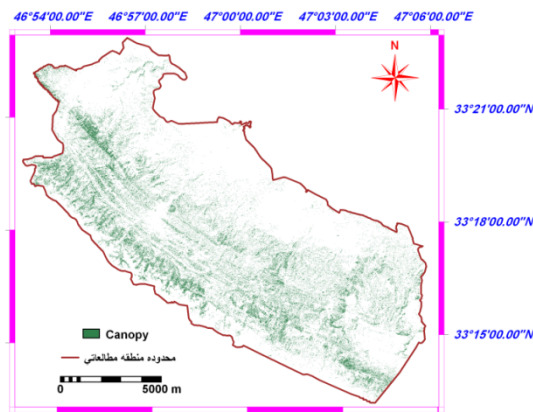
شکل ۳- نقشه سایه دامنه اول



شکل ۶- نقشه میانگین سایه دامنه



شکل ۵- نقشه سایه دامنه سوم

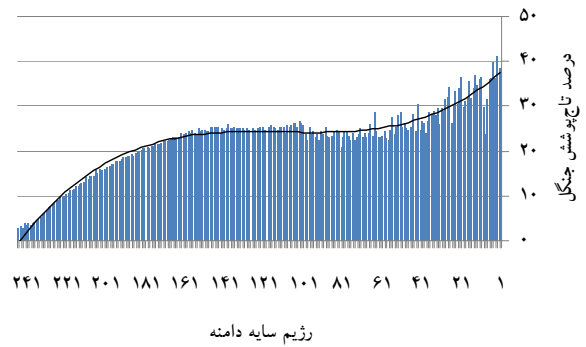
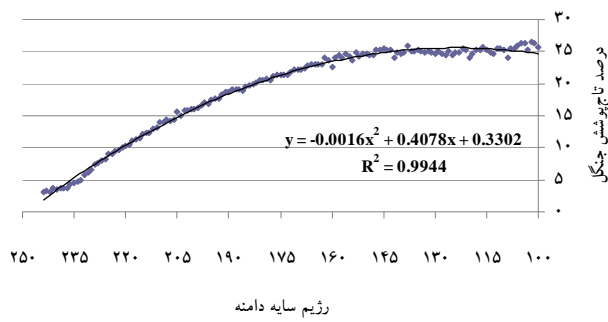


شکل ۷- نقشه تاج پوشش جنگل در منطقه مورد مطالعه

دامنه بیشتر از ۱۰۰ (بیشتر از ۹۹ درصد از سطح منطقه)، در شکل ۹ مشاهده می شود.

هیستوگرام و منحنی درصد تاج پوشش جنگل و رژیم سایه دامنه در شکل ۸ و نمودار همبستگی مقادیر مختلف تاج پوشش و رژیم سایه دامنه در محدوده با ارزش سایه

نقش رژیم سایه دامنه در تراکم تاج پوشش و ارزیابی توان ...

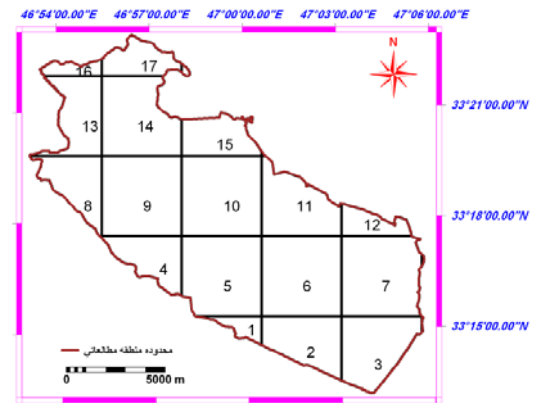
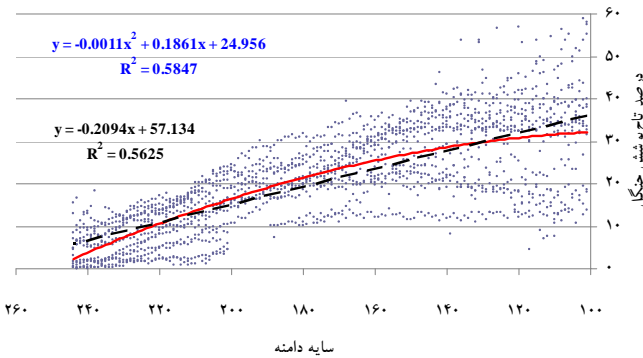


شکل ۹- مدل رابطه درصد تاج پوشش و رژیم سایه دامنه بیشتر از ۱۰۰

شکل ۸- هیستوگرام و منحنی رابطه تاج پوشش و رژیم سایه دامنه

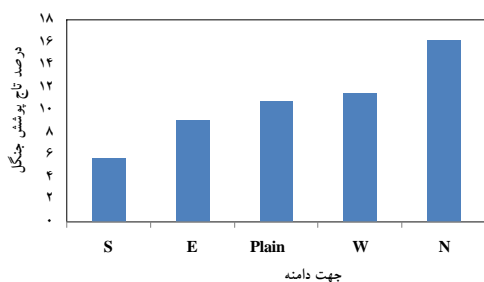
کل انحراف معیار و میانگین کل درصد انحراف معیارهای درصد تاج پوشش مربوط به دسته‌های با رژیم سایه دامنه یکسان در سطح بلوک‌های مورد بررسی، به ترتیب برابر با ۱۰/۷ و ۴۷/۳ درصد به دست آمد. لازم به ذکر است به دلیل استفاده از آماربرداری صد درصد، نتایج مدل رگرسیونی مذکور با اطمینان کامل قابل تعمیم در سطح منطقه مورد مطالعه است.

نقشه شبکه مربعی آماربرداری صد درصد منطقه مورد مطالعه به ابعاد ۴۰۰۰ × ۴۰۰۰ متر، به منظور بررسی مدل رگرسیونی رابطه تاج پوشش و رژیم سایه دامنه در شکل ۱۰ و مدل رابطه همبستگی ارزش رژیم سایه دامنه با نسبت تاج پوشش جنگل در شکل ۱۱ ارایه شده است. چنان‌که دیده می‌شود ضریب تبیین مدل‌های درجه دوم و مدل خطی این رابطه به ترتیب ۰/۵۸ و ۰/۵۶ بودند. همچنین میانگین



شکل ۱۱- مدل رگرسیون رابطه تاج پوشش و سایه در سطح بلوک‌های نمونه

شکل ۱۰- شبکه آماربرداری رابطه تاج پوشش و سایه



شکل ۱۲- درصد تاج پوشش جنگل در جهت‌های مختلف دامنه

در هیستوگرام نسبت تاج پوشش جنگل در جهت‌های مختلف دامنه (شکل ۱۲) مشاهده می‌شود که با این‌که اختلاف شدیدی در نسبت تاج پوشش جنگل در جهت‌های شمالی نسبت به جهت‌های جنوبی وجود داشت، اما اختلاف جهت‌های غربی و شرقی و مناطق فاقد جهت (شیب کمتر از ۱۰ درصد) نسبت به هم قابل توجه نبود.

بحث

هیستوگرام و مدل منحنی رابطه تاج پوشش و مقادیر سایه دامنه با ارزش بیشتر از ۱۰۰ (بیشتر از ۹۹ درصد منطقه مطالعاتی)، نشان دهنده تأثیر معکوس رژیم سایه دامنه بر درصد تاج پوشش جنگل بود (شکل های ۸ و ۹). به عبارت دیگر، با افزایش رژیم سایه دامنه (کاهش سایه اندازی دامنه)، درصد تاج پوشش جنگل بر مبنای یک منحنی درجه دو ($R^2=0/994$) سیر نزولی داشت، بنابراین می توان بیان کرد که رژیم سایه دامنه نقش بسیار تعیین کننده ای در تغییرات تاج پوشش جنگل های زاگرس دارد و می تواند به عنوان یکی از معیارهای اصلی مؤثر بر توان اکولوژیک سرزمین برای رشد جنگل مورد توجه قرار گیرد. به طور قطع استفاده از چنین معیار کلیدی در ارزیابی توان اکولوژیک جنگل که رابطه مشخصی با نسبت تاج پوشش جنگل دارد و به سهولت و با هزینه اندک نیز قابل دسترسی است، بسیار مهم و قابل توجه است. در این صورت با ارزیابی دقیق تر قابلیت جنگل کاری در اراضی جنگلی تخریب یافته و اولویت بندی مناسب مناطق از نظر احیای جنگل، زمینه مناسبی برای برنامه ریزی و مدیریت بهتر منابع جنگلی فراهم می شود.

بدیهی است که به دلیل ماهیت کیفی متغیر جهت دامنه، امکان تخمین درصد تاج پوشش بر اساس آن غیر ممکن است. در راستای بررسی امکان برآورد درصد تاج پوشش با استفاده از داده های رژیم سایه دامنه (شکل ۱۱)، ضریب تبیین ۰/۵۸ برای مدل رگرسیونی درجه دوم و ۰/۵۶ برای مدل خطی، بیانگر رابطه نه چندان قوی بین دو عامل مذکور بود. همچنین میانگین کل انحراف معیار و میانگین کل درصد انحراف معیارهای درصد تاج پوشش مربوط به دسته های با رژیم سایه دامنه یکسان در سطح بلوک های مورد بررسی، به ترتیب برابر با ۱۰/۷ و ۴۷/۳ درصد به دست آمد که ناشی از اختلافات به نسبت شدید مقادیر درصد تاج پوشش در شرایط مشابه از نظر رژیم سایه دامنه و در شرایط اکولوژیک مختلف بلوک های مورد نظر بود. بنابراین قوی نبودن همبستگی مذکور را می توان ناشی از وجود اثرات متقابل

شدید بین عامل های مختلف اکولوژیک و تخریب های شدید انجام شده در سطح این جنگل ها دانست که باعث ایجاد ناهمگنی شدید در ظهور پدیده های گیاهی شده است. در این شرایط، به طور معمول ظهور و افول پدیده های گیاهی، همبستگی رگرسیونی ضعیفی را با عامل های اکولوژیک از خود نشان می دهند، بنابراین امکان ارایه یک مدل رگرسیونی فراگیر در خصوص همبستگی تاج پوشش و رژیم سایه دامنه در سطح کل جنگل های حوزه رویشی زاگرس در عمل غیر ممکن است. در عین حال، به نظر می رسد که برآزش مدل های رگرسیونی عامل های مذکور در سطح واحدهای همگن اکولوژیک امکان پذیر است و بررسی این مسأله به عنوان یک موضوع تحقیقاتی جدید پیشنهاد می شود. لازم به ذکر است که تعداد تکرار در مدل رگرسیونی مورد نظر (۱۷ تکرار) که به دلیل وسیع بودن جنگل های زاگرس، زیاد در نظر گرفته شد نیز از عامل های مؤثر در کاهش ضریب تبیین رابطه مذکور به شمار می آید. بدیهی است تهیه مدل های رگرسیونی در سطح واحدهای همگن و کلان اکولوژیک، با تکرار بسیار کمتری قابل انجام خواهد بود.

چنان که ذکر شد، به دلیل استفاده از آماربرداری صد درصد، نتایج مدل رگرسیونی مذکور با اطمینان کامل قابل تعمیم در سطح منطقه مورد مطالعه است و به دلیل وسعت قابل توجه منطقه مذکور که رویشگاه های مختلفی را دربرمی گیرد، بنابراین می توان انتظار داشت که نتایج مذکور کم و بیش با عرصه های جنگلی دیگر واقع در حوزه رویشی زاگرس مشابه باشد که این مهم نیز با تکرار پژوهش در مناطق دیگری از این حوزه رویشی قابل بررسی است.

در پژوهش پیش رو برای اولین بار به نقش رژیم سایه دامنه در تراکم تاج پوشش و ارزیابی توان اکولوژیک جنگل و مقایسه آن با معیار جهت دامنه پرداخته شد. در عین حال، نتایج پژوهش پیش رو با نتایج پژوهش های اندکی که در ارتباط با کاربرد نقشه سایه دامنه در زمینه های مختلف اکولوژی جنگل هستند و در اغلب آنها به دقت زیاد، سهولت دسترسی و مزیت تهیه نقشه سایه دامنه در زمان ها و مکان های مختلف اشاره شده است، همخوانی کامل دارد

- Amiri, M.J., Mahini, A.S., Hosseini, S.M. and Jalali, S.Gh., 2013. OWA analysis for ecological capability assessment in watersheds. *International Journal of Environmental Research*, 7(1): 241-254.
- Babaie-Kafaky, S., Mataji, A. and Sani, N.A., 2009. Ecological capability assessment for multiple-use in forest areas using GIS-based multiple criteria decision making approach. *American Journal of Environmental Sciences*, 5(6): 714-721.
- Barth, M., 2010. Environmental correlates of tree species distribution in old-growth forests. B.Sc. thesis, Faculty of Forest Resources, University of Washington, Washington, 41p.
- Borzoei, N., Maleknia, R. and Zeinivand, H., 2014. Ecological capability evaluation of Taf traditional-property for intensive recreation based on MCDM. *Agriculture Science Developments*, 3(2): 175-182.
- Christian, P. and Jean-Claude, G., 2007. Multiscale computation of solar radiation for predictive vegetation modeling. *Annals of Forest Science*, 64: 899-909.
- Espahbodi, K. and Tabari, M., 2004. Determining the most suitable shade rate for producing Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) seedlings in a mountain nursery. *Iranian Journal of Natural Resources*, 57(3): 439-446 (In Persian).
- Farque, L., Sinoquet, H. and Colin, F., 2001. Canopy structure and light interception in *Quercus petraea* seedlings in relation to light regime and plant density. *Tree Physiology*, 21: 1257-1267.
- Fu, P. and Rich, P.M., 1999. Design and implementation of the Solar Analyst: an ArcView extension for modeling solar radiation at landscape scales. *Proceedings of the 19th Annual ESRI User Conference*, San Diego, USA.
- Fu, P. and Rich, P.M., 2000. A geometric solar radiation model and its applications in agriculture and forestry. *Proceedings of the Second International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry*, 10-12 Jan. 2000: 357-364.
- Gardiner, E.S. and Hodges, J., 1998. Growth and biomass distribution of cherrybark oak seedling as influenced by light availability. *Forest Ecology and Management*, 108: 127-134.
- Gorchibeigi, K., 2001. Studying the qualitative

Iverson *et al.*, 1997; Fu & Rich, 1999; Pierce *et al.*, 2005; Akpınar & Usul, 2003; Christian & Jean-Claude, 2007; Barth, 2010; Alina *et al.*, 2013 نتایج پژوهشی مشابه که در سال‌های اخیر در بلوک رویشی زاگرس جنوبی در خصوص رابطه مقادیر مختلف رژیم سایه دامنه و نسبت خشکیدگی درختان بلوط در سطح استان ایلام انجام شد (Najafifar *et al.*, 2015) نیز نشان داد که نسبت خشکیدگی جنگل‌های بلوط از عرصه‌های سایه‌گیر به سمت عرصه‌های آفتاب‌گیر سیر صعودی دارد. همچنین در پژوهش مذکور به مزیت و دقت زیاد نقشه‌های سایه دامنه در مطالعات اکولوژیک نسبت به لایه‌های اطلاعاتی جهت دامنه و شکل زمین تأکید شد.

لازم به ذکر است که در برنامه‌ریزی فعالیت‌های جنگل و به‌منظور سهولت اجرای برنامه‌های احیایی در شرایط مختلف سایه دامنه، می‌توان اقدام به طبقه‌بندی این نقشه کرد و پیشنهادهای مدیریتی را متناسب با هر طبقه خاص ارائه کرد. در مجموع، با توجه به همبستگی قوی معیار رژیم سایه دامنه با معیار تاج‌پوشش جنگل، سهولت و کم‌هزینه بودن تهیه نقشه آن و همچنین مزیت‌هایی که بر معیار جهت دامنه دارد، توصیه می‌شود که معیار سایه دامنه در جنگل‌های زاگرس و در جنگل‌های خشک و نیمه‌خشک دیگر به‌عنوان یکی از عامل‌های کلیدی ارزیابی توان اکولوژی سرزمین برای رشد جنگل، بیشتر از پیش مورد توجه قرار گیرد.

References

- Ahmadi Sani, N., Babai Kafaki, S. and Mataji, A., 2011. Evaluation of ecological capability of northern Zagros forests for ecotourism activities using Multi-Criteria Decision Making. *Geographic Information System and Remote Sensing*, 3(4): 45-64 (In Persian).
- Akpınar, E. and Usul, N., 2003. GIS in forest fires. *City and Regional Planner Project Coordinator in INTA SpaceTurk, Turkey*, 11p.
- Alina, C., Horia, C., Florica, M., Ioana P. and Anuța, R., 2013. Aspects of solar radiation analysis using ArcGis. *Bulletin UASVM Horticulture*, 70(2): 437-440.

- Products, 64(4): 1-14 (In Persian).
- Pierce, K., Lookingbill, T. and Urban, D., 2005. A simple method for estimating potential relative radiation (PRR) for landscape-scale vegetation analysis. *Landscape Ecology*, 20(2): 137-147.
 - Rich, P.M., Dubayah, R., Hetrick, W.A. and Saving, S.C., 1994. Using viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology. Technical Paper, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, pp: 524-529
 - Sagheb Talebi, Kh., Delfan Abazari, B. and Namiranian, M., 2005. Regeneration process in natural uneven-aged Caspian beech forest of Iran. *Swiss Forestry Journal*, 156(12): 477-480.
 - Teimoorzadeh, A., Akbarini, M., Hoseini, S. and Tabari, M., 2004. The effect of shades on survival and growth seedlings of Persian oak (*Quercus macranthera* F. et. M.). *Pajouhesh & Sazandegi*, 16(4): 12-17 (In Persian).
 - Weinreich, A., 2002. Regeneration of oak in gaps: comparative studies of quality and stem-development of young oaks Libel, grown under different light condition. *Journal of Ecology*, 82(2): 227-237.
 - Wise, S.M., 2001. Error assessment for digital terrain models. Available at: http://www.shef.ac.uk/geography/staff/wise_stephen/dtm/dtm.htm
 - and quantitative of the properties of beech seedlings with cavity gap surface. Ph.D. thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, 180p (In Persian).
 - Guth, P.L., 1999. Contour line "ghosts" in USGS level 2 DEMs, photogrammetric. *Engineering & Remote Sensing*, 65(3): 289-296.
 - Iverson, L., Dale, M., Scott, Ch. and Prasad, A., 1997. A GIS-derived integrated moisture index to predict forest composition and productivity of Ohio forests (USA). *Landscape Ecology*, 12: 331-348.
 - Jahanpour, F., Fatahi, M., Khademi, K., Sohrabi, S.R., Karamian, R. and Biranvand, R., 2008. Studying the influence of light on surviving of pistachio saplings in Lorestan province. Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 66p (In Persian).
 - Najafifar, A., Hoseinzadeh, J. and Pourhashemi, M., 2015. The effect of topography and habitat ecological capability in forest dieback in Ilam province. Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, 74p (In Persian).
 - Najafifar, A., Sagheb Talebi, K. and Saeb, K., 2012. The role of light intensity on survival of *Quercus branti* saplings in relation to slope aspect and distance from seed trees in Ilam province forests. *Journal of Forest and Wood*

The role of hillshade regime on canopy density and evaluation of ecological capability in the Zagros forests (Case study: Kabirkooch forest of Badreh city, Ilam province)

A. Najafifar^{1*}, M.H. Moayeri², Sh. Shatai-Joybari² and A. Salman-Mahini³

1* - Corresponding author, Ph.D. Student Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: alinajafifar@yahoo.com

2- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3- Associate Prof., Department of Environment, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 24.11.2015

Accepted: 12.04.2016

Abstract

The purpose of this research was to investigate the role of hillshade values, in comparison with terrain aspect, in the canopy changes and evaluation of ecological capability in vegetation domain of Zagros forests. In conducting the research, digital elevation model (DEM) was prepared and soil map was extracted from that. Due to the direct relationship of forest canopy with the site ecological capability, the raster map of hillshade was multiplied by forest canopy; and canopy area was calculated at different values of the hillshade map. Also, the map of the main slop aspects extracted by the DEM map and that was multiplied to the map of forest canopy. Then canopy area was calculated for different aspect; and that was presented as a histogram. Thereupon, the histogram and quadratic model equation of relationship between forest canopy percent and hillshade regime was prepared, in the entire study area. The histogram and the model, show that reducing the intensity of sunlight (Rising Shadow), strong influence on the increase in canopy. Also, the quadratic regression model ($R^2 = 0.58$) and linear regression model ($R^2 = 0.56$) of the correlation, with 17 repetitions, obtained in the form of a square block network. Because of the easiness and the low cost of hillshade mapping, and also, its superiority over the terrain aspect map; we recommend that hillshade maps be used as one of the key factors for of land ecological capability, in the Zagros forest and other arid and semi-arid forests.

Keywords: Aspect, canopy density, ecological capability, hillshade, Zagros forests.