

## بررسی تغییرات مکانی و پهنه‌بندی آلودگی جنگل به گونه نیمه‌انگلی موخور (*Loranthus europaeus*) در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: ایلام)

بهاره سهرابی سراج<sup>۱\*</sup>، هادی کیادلیری<sup>۲</sup>، رضا اخوان<sup>۳</sup> و ساسان بابایی کفاکی<sup>۲</sup>

\*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه جنگل‌داری، تهران، ایران

پست الکترونیک: bahar.saraj@gmail.com

۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه جنگل‌داری، تهران، ایران

۳- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۵/۲۰

### چکیده

یکی از عوامل تهدیدکننده جنگل‌های زاگرس وجود گونه نیمه‌انگلی موخور (*Loranthus europaeus*) است که پهنه‌بندی و بررسی تغییرات مکانی آن به منظور مدیریت آن در این عرصه مهم است. بدین منظور منطقه حفاظت شده کوه منجل به دلیل حضور چشم‌گیر موخور با شدت‌های متفاوت و عدم انجام پاک‌سازی با مساحت ۳۷ هکتار، در استان ایلام انتخاب و مختصات تمامی گونه‌های موجود به همراه نوع گونه و شدت آلودگی و سایر مشخصات در ۲۷ ترانسکت ۳۲۰ متری ثبت گردید. در مجموع مشخصات ۵۴۱ پایه درختی و درختچه‌ای بررسی گردید. نتایج حاصل از نمونه‌برداری حکایت از آلودگی ۷۸ درصدی منطقه جنگلی به گونه موخور داشت. نتایج بررسی ساختار مکانی گسترش موخور با استفاده از روش واریوگرافی در زمین آمار حکایت از وجود ساختار مکانی قوی (۸۹٪) بوده و بدین معناست که در منطقه مورد مطالعه نحوه پراکنش موخور وابسته به مکان و دارای کانون آلودگی است. شعاع کانون آلودگی در این بررسی ۲۰۶ متر تعیین شد. به منظور پهنه‌بندی گسترش موخور در منطقه مورد مطالعه از روش‌های کریجینگ و IDW (وزن‌دهی بر اساس عکس فاصله) استفاده شد. با توجه به پایین بودن مقدار خطای میانگین هر دو روش، نتیجه گرفته شد که روش ترانسکت به منظور نمونه‌برداری با فاصله ۱۳۷ متر (دو سوم دامنه تأثیر ۲۰۶ متری به منظور اطمینان بیشتر) و روش کریجینگ به دلیل دقت مناسب و قابل قبول و تعیین فاصله کانون آلودگی در عرصه‌های مشابه واقع در رویشگاه زاگرس می‌تواند با صرف زمان و هزینه کمتر در کنترل و پایش این تهدید مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، کریجینگ، IDW، موخور، رویشگاه زاگرس

### مقدمه

ساله جنگل‌ها و انسان‌ها و برخی عوامل مخرب زیست‌محیطی سبب برهم خوردن اکوسیستم جنگل‌ها شده و استفاده روزافزون از این منابع به همراه تغییر اقلیم دلیل نابودی کمی و کیفی سطوح جنگلی دنیا در دهه‌های اخیر بوده است. ایران با داشتن تنها ۷/۴ درصد جنگل، جزء

جنگل‌ها از مهمترین ذخائر ثروت جهان محسوب می‌شوند. عوامل زیستی و غیرزیستی رویشگاه‌های جنگلی با تأثیرات متقابلی که بر هم می‌گذارند، سبب برقراری و تداوم چرخه حیاتی در جنگل می‌شوند. تعامل چندین هزار

گسترده‌گی سطح جنگل‌ها، کوهستانی بودن عرصه‌ها و همچنین تغییرات شدید فصلی، جمع‌آوری اطلاعات حاصل از عملیات میدانی را با مشکل مواجه می‌کند (Khorami, 2004). بنابراین، همواره لازم و ضروری است که با استفاده از دستاوردهای حاصل شده در زمینه‌های مختلف علمی از روش‌های جایگزین، با هزینه‌ی کمتر و با دقت قابل قبول، برای آماربرداری و تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شود.

از روش‌های دقیق پهنه‌بندی، تولید نقشه و درون‌یابی، می‌توان به تکنیک کریجینگ<sup>۱</sup> زمین‌آمار<sup>۲</sup> و روش IDW (وزن‌دهی بر اساس عکس فاصله)<sup>۳</sup> اشاره کرد که علاوه بر استفاده از مشخصه نمونه‌برداری شده، از محل و موقعیت نمونه‌ها نیز در درون‌یابی و برآوردها استفاده می‌کنند.

ازجمله پژوهشگران ایرانی که بر روی اکولوژی و فنولوژی گونه نیمه‌انگلی موخور بررسی و مطالعه انجام دادند، می‌توان به Azizi و Kavosi (2009)، Hosseini (2009)، Naseri و همکاران (2011) و Moradi (2012) اشاره داشت و از پژوهش‌های خارج از ایران می‌توان به Barbu (2010)، Kumbasli و همکاران (2011) و Gebauer و همکاران (2012) و Urban و همکاران (2012) اشاره کرد. همه این تحقیقات حکایت از آسیب‌رسانی این گیاه به میزبان خود داشته است.

از طرفی پژوهش‌های دیگری نیز در زمینه استفاده از زمین‌آمار در پهنه‌بندی‌ها در ایران انجام شده که می‌توان به تحقیقات Akhavan و همکاران (2010)، Akhavan و همکاران (2012)، Ghanbari و همکاران (2013) اشاره کرد. Madanipour Kermanshahi (2010) و Akhavan و همکاران (2012)، علاوه بر کریجینگ از روش IDW نیز در پژوهش‌های خود استفاده کردند. از تحقیقاتی که خارج از ایران با استفاده از روش‌های برآورد مکانی انجام شده است، می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره کرد: Gunnarson و همکاران (1998)، Tuominen و همکاران (2003)،

کشورهای فقیر از نظر جنگل محسوب می‌شود (FAO, 2012). بنابراین، حمایت از این مناطق بسیار ضروریست. شرایط خاص جنگل‌های زاگرس و نقش این منطقه در تعدیل آب و هوا و تولید آب در غرب و مرکز کشور، محققان را بر این می‌دارد که با مطالعه بیشتر در زمینه شناسایی آسیب‌های به وجودآمده تدابیر ویژه‌ای برای مقابله با اثرات سوء این تهدیدها بیندیشند.

ازجمله موارد آسیب‌رسان به این جنگل‌ها که سالانه سبب تضعیف و در مواردی سبب خشکیدگی درختان منطقه می‌گردد، حضور گونه نیمه‌انگلی موخور می‌باشد. گیاه نیمه‌انگلی موخور با نام علمی *Loranthus europaeus* Jacq. از سلسله گیاهی راسته Santalales، خانواده Loranthaceae، جنس *Loranthus sp.* و با نام انگلیسی Yellow Mistletoe است. در ایران چهار گونه دارواش (*Viscum album L.*)، ارس‌واش (*Arceuthobium oxycedri*)، چشم بلبلی (*Loranthus grewinkii*) و موخور (*Loranthus europaeus*) به صورت اپی‌فیت با درختان جنگلی زیست می‌کنند (Mozafarian, 2008). جنس موخور در سراسر دنیا پراکنش داشته و گونه *Loranthus europaeus* در جنوب شرق و مرکز اروپا و بخش‌هایی از آسیا گسترش دارد (Watson et al., 1992). موخور به علت داشتن سبزینه، نیمه‌انگلی محسوب می‌شود و یک گیاه همیشه سبز، گاهی خزان‌کننده، نیمه پارازیت و اپی‌فیت بوده که می‌تواند فتوسنتز نماید. این گونه فاقد ریشه و دارای برگ‌های چرمی، گوشتی و به شکل قاشق می‌باشد، میوه آن گرد، زرد رنگ و درشت است و در داخل آن بذره‌های بسیار چسبناکی قرار گرفته است (Mozafarian, 2008). این گونه طی دهه‌های اخیر در جنگل‌های زاگرس حضور داشته و اکثراً با درختان برودار (*Quercus brantii* Lindl.) و سایر درختان پهن‌برگ همانند بادام (*Amigdalus sp.*)، بنه (*Pistacia sp.*) و افرا (*Acer sp.*) همزیستی دارد. در سال‌های اخیر حمله این گیاه به باغ‌های زراعی قسمت‌های مرکزی ایران همانند استان‌های فارس، اصفهان و کرمان نیز گزارش شده است.

1- Kriging

2- Geostatistics

3- Inverse Distance Weighting

وسیع‌تر با هزینه و زمان کمتر دارد. بنابراین از این طریق می‌توان با ارائه روشی مناسب برای شناسایی کانون‌های آلودگی به اقدامات حمایتی در جنگل‌های مبتلا دست زد.

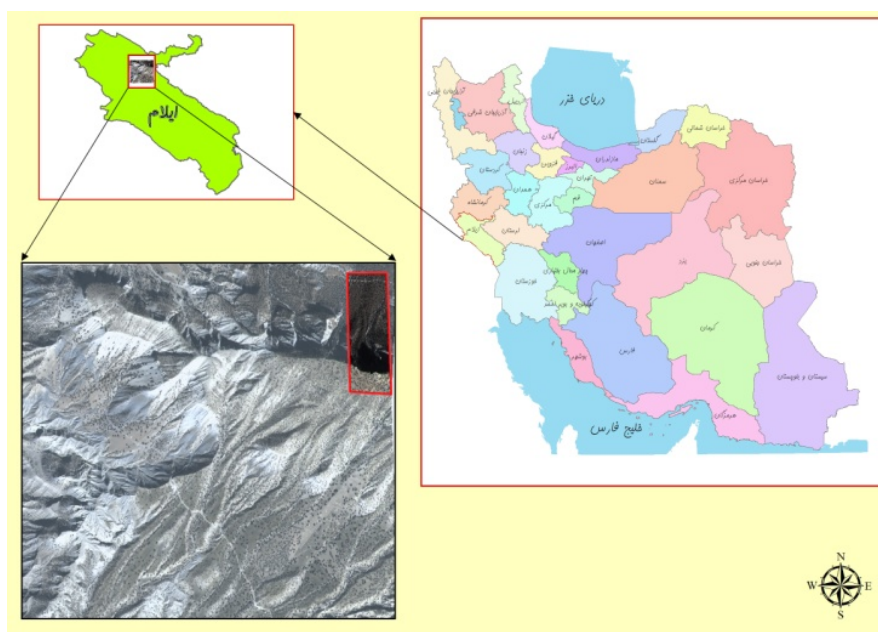
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه در رویشگاه زاگرس، شمال شهرستان ایلام و در دامنه شرقی منطقه حفاظت شده کوه منجل واقع شده است (شکل ۱). از نظر شرایط اقلیمی استان ایلام جزء مناطق گرمسیری طبقه‌بندی می‌شود، ولی به علت وجود ارتفاعات، مناطق کوهستانی شمال و شمال‌غربی استان سردسیر، دارای زمستان طولانی، بارندگی بیش از ۵۰۰ میلیمتر و دمای متوسط ۱۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

Freeman و Moisen (2007)، Zaz و همکاران (2007)، Carmen و همکاران (2011)، Aertsen و همکاران (2012). به طور کلی این تحقیقات به منظور برآورد میزان تاج پوشش، رویه‌زمینی، حجم سرپا، موجودی، زی‌توده، آتش‌سوزی، شاخص رویشگاه، برآورد پوشش علفی کف جنگل و پهنه‌بندی و شناسایی کانون آلودگی قارچ عسلی بوده است، اما تاکنون هیچ تحقیقی در مورد شناسایی و پهنه‌بندی آلودگی موخور در ایران و یا سایر نقاط دنیا انجام نشده است.

این مقاله با بررسی شرایط گونه نیمه‌انگلی موخور، انتشار و میزان آلودگی آن در سطح جنگل و مدل‌سازی نحوه آلودگی و انتشار آن و شناسایی کانون آلودگی با استفاده از روش زمین آمار و سایر روش‌های درون‌یابی، سعی در کنترل و پایش این گونه نیمه‌انگلی در سطوح



شکل ۱- منطقه مورد بررسی

ترکیب گونه‌ای و گونه‌های همراه آن عبارتند از: بنه (*Pistacia atlantica*) با ۶٪ و ۴٪ بقیه را بادام (*Amygdalus elaeagnifolia* Spach)، تا (*Celtis caucasica*)، زالزالک (*Crataegus aronia*)، افرا (*Acer monspessulanum*) و

بر اساس نقشه پوشش گیاهی، جنگل‌های استان ایلام حدود ۶۴۲ هزار هکتار از کل استان را دربر می‌گیرد که جزء جوامع جنگلی مناطق خشک و نیمه‌خشک رشته‌کوه‌های زاگرس است. تیپ غالب آن گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) با ۹۰٪

۳۹۸۸ هکتار دست کاشت می‌باشد (Piri, 2011). بیشتر مناطق جنگلی این استان آلوده به گیاه نیمه‌انگلی موخور هستند (شکل‌های ۲ و ۳).



۳- برگ‌های موخور و هاستوریوم روی پایه میزبان

غیره تشکیل می‌دهد (Piri, 2011). جنگل‌های استان ایلام شامل ۲۵۹۴ هکتار جنگل انبوه، ۲۱۱۰۸۴ هکتار جنگل نیمه انبوه، ۴۱۶۷۹۵ هکتار جنگل تنک، ۷۲۰۶ هکتار بیشه‌زار و



شکل ۲- نحوه استقرار موخور روی پایه میزبان شکل

#### روش تحقیق

استفاده از روش تئوری احتمالات انجام شد. محققان این روش را برای جنگل‌های تنک با پراکنش نامنظم درختان مناسب دانستند (Charles et al., 1992, Bahrami et al., 2013). در این روش برای برآورد تعداد درختان از رابطه ۱ استفاده می‌شود (Bahrami et al. 2013):

$$\hat{N}_{ij} = 10^4 \times \frac{\sum_{i=1}^{n_{ij}} \left( \frac{1}{CD_{ij}} \right)}{L}$$

$\hat{N}_{ij}$ : برآورد تعداد درختان در هکتار در خط نمونه  $i$ ،  $n_{ij}$ : تعداد درختانی که تصویر تاج آنها با خط نمونه برخورد داشته‌اند در خط نمونه  $i$ ،  $L$ : طول خط نمونه به متر،  $\overline{CD}_{ij}$ : قطر متوسط تاج درخت  $i$  در خط نمونه  $i$  به متر.

اما دو روش معمول تعیین شدت آلودگی جنگل به موخور روش ۶ کلاس یا  $DMR^1$  و  $BVR^2$  می‌باشد، هر دوی این روش‌ها بر اساس میزان آلودگی تاج درخت در سه طبقه تحتانی، میانی و فوقانی، از ۰ تا ۲ (بدون آلودگی تا آلودگی شدید) رتبه‌بندی می‌شوند (Tinnin, 1998)، اما این دو روش

در این تحقیق پس از بررسی مناطق آلوده به موخور، منطقه حفاظت شده کوه منجل به دلیل حضور چشم‌گیر موخور با شدت‌های متفاوت، عدم انجام پاک‌سازی و عدم حضور دام انتخاب گردید. یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای تعیین نسبت ابتلای درختان به آفات و بیماری‌های گیاهی روش ترانسکت است (Engeman & Sugihara, 1998). بنابراین روش مورد استفاده در آماربرداری به صورت ترانسکت با خطوط نمونه‌برداری با طول ثابت در نظر گرفته شد. پس از مشخص کردن نقطه شروع به صورت تصادفی، یک مسیر با استفاده از قطب‌نما در جهت خطوط تراز تعیین شده و مشخصات هر درختی که بخشی از تنه یا تاج آن با خط ترانسکت مماس بود در فرم آماربرداری به‌عنوان درخت نمونه ثبت شد. مشخصات درختان در ۲۷ ترانسکت ۳۲۰ متری با فاصله ۳۶ متر از هم در یک عرصه ۳۷ هکتاری ثبت شد. سایر اطلاعات مانند نوع گونه، فرم رویشی، فرم پرورشی، درصد آلودگی و همچنین مختصات X و Y تمامی درختان در سیستم مختصات UTM با استفاده از دستگاه GPS ثبت گردید.

در این تحقیق برآورد تراکم جنگل و فراوانی موخور با

1- Dwarf Mistletoe Rating  
2- Broom Volume rating

افزایش فاصله به سرعت کاهش می‌یابد، در نتیجه درون‌یابی در این روش کاملاً محلی است و چون وزن‌های به‌کار رفته هیچ‌گاه صفر نمی‌شوند، بنابراین هیچ‌گونه انقطاع و عدم پیوستگی<sup>۵</sup> در برآوردها رخ نمی‌دهد. از معایب این روش این است که نقشه خطای برآورد ارائه نمی‌کند، ولی بر خلاف روش کریجینگ، حداقل و حداکثر متغیر برآورد شده در محل نمونه‌های اولیه قابل مشاهده است. این روش نیازی به واریوگرام و مدل‌سازی آن نداشته و وابسته به مدل نیست. در این روش معمولاً توانی بین ۱ تا ۵ برای عکس فاصله در نظر گرفته می‌شود (Akhavan et al., 2012).

#### روش ارزیابی

در این مطالعه دو روش کریجینگ و IDW به روش ارزیابی متقابل<sup>۶</sup> و با استفاده از سه آماره میانگین خطا<sup>۷</sup>، میانگین قدر مطلق خطا<sup>۸</sup> و جذر میانگین مربعات خطا<sup>۹</sup> ارزیابی شدند. در حالتی که برآوردها صحیح و بدون اشتباه باشند، مقدار این سه آماره باید صفر باشد که به صورت رابطه‌های ۲، ۳ و ۴ محاسبه می‌شوند (Webster & Oliver, 2000, Ashraf & Abbaspour, 2011). روابط ۵، ۶ و ۷ نیز مقادیر نسبی میانگین خطا، میانگین قدر مطلق خطا و جذر میانگین مربعات خطا را نشان می‌دهند.

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n (Z(X_i) - Z'(X_i))}{n} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z(X_i) - Z'(X_i)|}{n} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z(X_i) - Z'(X_i))^2}{n}} \quad \text{رابطه ۴}$$

بیشتر برای سوزنی‌برگان که تاج بلندی دارند مناسب تشخیص داده شده است (Shaw et al., 2000). بنابراین با توجه به شرایط گونه‌های مستقر در زاگرس، میزان آلودگی درختان در کل تاج و بر اساس درصد حجم اشغال شده توسط موخور و شدت درگیر شدن شاخه‌ها و سرشاخه‌ها در نظر گرفته شد و بعد درختان در چهار طبقه سالم، دارای آلودگی بین ۱ تا ۲۵ درصد (کم)، دارای آلودگی بین ۲۶ تا ۵۰ درصد (متوسط) و دارای آلودگی بیشتر از ۵۱ درصد (زیاد) قرار گرفتند.

#### درون‌یابی کریجینگ زمین‌آمار

اولین قدم در درون‌یابی به روش کریجینگ برازش مدل بر واریوگرام تجربی است. از واریوگرام به‌منظور تعیین و تشریح ساختار مکانی داده‌ها استفاده می‌شود. مقدار واریوگرام به فاصله بین مقادیر یک متغیر ناحیه‌ای در دو نقطه وابسته است. اگر این مقدار به جهت نیز وابسته باشد، واریوگرام ناهمسانگرد<sup>۱</sup> و در غیر این صورت همسانگرد<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. ویژگی دیگر کریجینگ علاوه بر دقت در برآورد این است که به همراه هر برآوردی (نقشه کریجینگ) میزان خطای آن (نقشه انحراف معیار کریجینگ) را نیز محاسبه می‌کند.

در پژوهش حاضر، با توجه به مشخصه نیکویی برازش<sup>۳</sup> برای واریوگرام محاسبه شده، مدل کروی<sup>۴</sup> انتخاب و در آن مقدار اثر قطعه‌ای در نظر گرفته شد. همچنین از کریجینگ معمولی به شکل نقطه‌ای (هر درخت نمونه اندازه‌گیری شده به‌عنوان یک نقطه در نظر گرفته شد) استفاده گردید.

#### درون‌یابی به روش IDW

در روش IDW فرض اساسی بر این است که میزان همبستگی و تشابه بین همسایه‌ها با فاصله بین آنها متناسب است که می‌توان آن را به صورت تابعی با عکس فاصله هر نقطه از نقاط همسایه تعریف کرد.

مشخصه جالب این روش این است که وزن به‌کار رفته با

5- Discontinuity  
6- Cross validation  
7- Mean Error; ME  
8- Mean Absolute Error; MAE  
9- Root Mean Square Error; RMSE

1- Anisotropic  
2- Isotropic  
3- Goodness of Fit  
4- Spherical

که در آن  $Z(X_i)$  مقدار حقیقی متغیر ناحیه‌ای  $x$  در نقطه  
 $i$ ،  $Z'(X_i)$  برآورد مقدار متغیر ناحیه‌ای  $x$  در نقطه  $i$ ،  $n$   
 تعداد نمونه‌ها و  $\bar{Z}(X_i)$  میانگین نمونه‌های اندازه‌گیری شده  
 متغیر مورد بررسی است. در این بررسی برای تجزیه و  
 تحلیل‌های مکانی از نرم‌افزار GS+ و برای کارتوگرافی و  
 کلاسه‌بندی نقشه‌ها از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد.

$$MEr = \frac{ME}{\bar{Z}(X_i)} * 100 \quad \text{رابطه ۵}$$

$$MAEr = \frac{MAE}{\bar{Z}(X_i)} * 100 \quad \text{رابطه ۶}$$

$$RMSEr = \frac{RMSE}{\bar{Z}(X_i)} * 100 \quad \text{رابطه ۷}$$

جدول ۱- نتایج کمی توده مورد مطالعه

متغیر	فرم رویشی		فرم پرورشی		وضعیت سلامت درختان	
	درختی	درختچه‌ای	دانه‌زاد	شاخه‌زاد	بیمار	سالم
تعداد	۵۱۹	۲۲	۴۳۸	۱۰۳	۴۲۱	۱۲۰
درصد	۹۶	۴	۸۱	۱۹	۷۸	۲۲

جدول ۲- فراوانی و درصد گونه‌های سالم و آلوده

گونه	کل	سالم				آلوده	
		فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	بین ۱-۲۵٪	بیشتر از ۲۵٪
بلوط	۴۸۳	۱۰۲	۱۹٪	۱۲۰	۲۲٪	۱۳۶	۲۵٪
کیکم	۳۴	۱۰	۲٪	۱۴	۲/۵٪	۰	۰٪
بنه	۲۴	۸	۱٪	۲	۰/۵٪	۰	۰٪
کل	۵۴۱	۱۲۰	۲۲٪	۱۳۶	۲۵٪	۱۳۶	۲۵٪

جدول ۳- نتایج کمی برآورد تراکم به روش ترانسکت و تئوری احتمالات

تعداد در هکتار	میانگین	انحراف معیار	اشتباه معیار	درصد ضریب تغییرات	اشتباه آماربرداری	درصد اشتباه نمونه‌برداری
کل پایه‌ها	۱۱۴	۵۹	۱۱/۴	۵۲٪	۲۲/۳	۱۹/۵٪
سالم	۲۵	۱۴	۲/۴	۵۶٪	۴/۷	۱۸/۸٪
بین ۱-۲۵٪ آلوده	۲۹	۱۲	۲/۷	۴۱٪	۵/۳	۱۸/۲٪
بین ۲۶-۵۰٪ آلوده	۳۱	۱۵	۲/۸	۴۸٪	۵/۵	۱۷/۷٪
بیشتر از ۵۱٪ آلوده	۲۹	۱۷	۲/۶	۵۹٪	۵	۱۷/۲٪

درصد ضریب تغییرات:  $(100 \times \text{میانگین} / \text{انحراف معیار})$

درصد اشتباه نمونه‌برداری:  $E\% = \frac{S_{\bar{x}} \times t \times 100}{\bar{x}}$ ،  $S_{\bar{x}}$ : اشتباه معیار،  $\bar{x}$ : میانگین،  $t$ : مقدار جدول تی استیودنت

## نتایج

مشخصات ۵۴۱ درخت در محاسبات منظور گردید. اطلاعات کمی مربوط به پارامترهای اندازه‌گیری شده در جدول ۱ ارائه شده است. مطابق جدول ۱ توده مورد بررسی عموماً دانه‌زاد با فرم رویشی درختی است و کمتر از یک چهارم کل پایه‌ها سالم هستند.

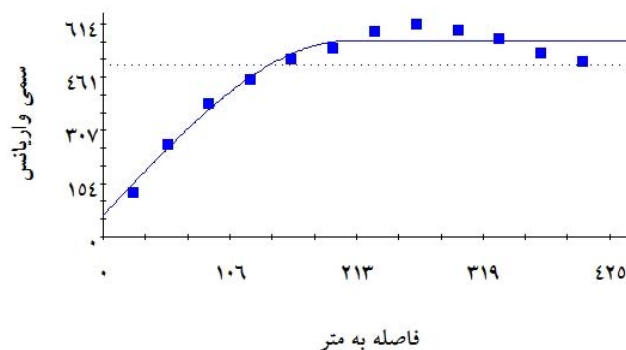
توده جنگلی مورد مطالعه یک توده آمیخته بلوط، با بیشترین حد آلودگی ۸۰ درصد بوده است که حدود ۲۸ درصد از پایه‌ها بین ۲۶ تا ۵۰ درصد آلوده به موخور هستند (جدول ۲). نتایج این پژوهش نشان داد که تنها پایه‌های بلوط، آلودگی بسیار زیاد (بالای ۵۱ درصد) دارند و سایر گونه‌ها از میزان آلودگی کمتری برخوردارند (جدول ۲).

بر اساس نتایج حاصل از جدول ۳ به‌طور متوسط در منطقه مورد مطالعه ۸۹ پایه در هکتار آلوده به موخور است و درصد اشتباه نمونه‌برداری کمتر از ۲۰ درصد به‌دست آمده است.

## واریوگرافی و کریجینگ

در محاسبه واریوگرام متغیر مورد بررسی هیچ‌گونه علائمی از ناهمسانگردی مشاهده نشد. در نتیجه واریوگرام به صورت چند جهت در نظر گرفته شده و با استفاده از مدل کروی به دلیل تناسب بیشتر برازش شد.

شکل ۴ مدل کروی برازش شده برای درصد آلودگی و جدول ۴ مشخصات واریوگرام و مدل کروی بکار رفته را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۴ مشخص است، درصد ساختار مکانی ۸۹٪ بدست آمد که نشان‌دهنده وجود ساختار مکانی قوی است. معمولاً دو سوم طول دامنه تأثیر به‌عنوان فاصله مناسب نمونه‌برداری در نظر گرفته می‌شود (Hassani Pak 1998). بنابراین در این پژوهش فاصله مناسب نمونه‌برداری ۱۳۷ متر و شعاع کانون آلودگی معادل طول دامنه تأثیر (۲۰۶ متر) تعیین شد (جدول ۴).



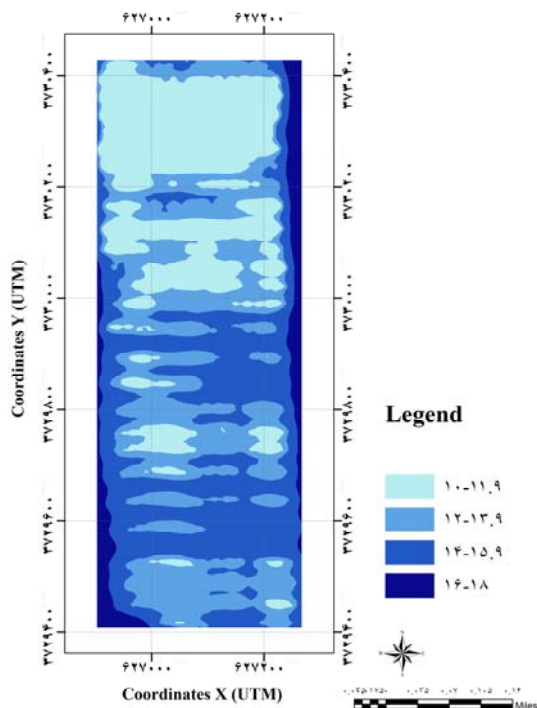
شکل ۴- واریوگرام تجربی و مدل کروی برازش شده

جدول ۴- مشخصات واریوگرام و مدل کروی

متغیر	فاصله بررسی (متر)	طول گام (متر)	اثر قطعه‌ای	حد آستانه	دامنه تأثیر (متر)	ساختار مکانی (%)
درصد آلودگی	۴۲۵	۳۵	۶۲	۵۶۵/۷	۲۰۶	۸۹

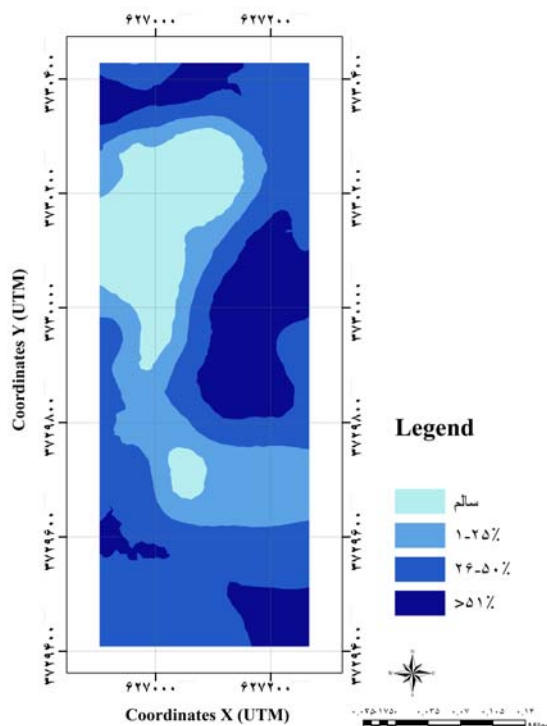
اثر قطعه‌ای: عرض از مبدأ مدل بر روی محور عمودی؛ حد آستانه: زمانی که واریوگرام به مقدار ثابت می‌رسد، ارتفاع واریوگرام برابر حد آستانه یا سقف واریوگرام، یعنی برابر مجموع واریانس تصادفی و ساختاردار؛ دامنه تأثیر: نقطه متناظر حد آستانه بر روی محور افقی واریوگرام؛ ۱۰۰٪\* (حد آستانه/ اثر قطعه‌ای - حد آستانه) = درصد ساختار مکانی

معیار کریجینگ ارائه شده است. همان‌طور که در نقشه خطا مشخص است در حاشیه مناطق نمونه‌برداری شده به دلیل عدم وجود داده، میزان خطا بیشتر است.



شکل ۶- نقشه خطای پهنه‌بندی مناطق به روش کریجینگ

در شکل ۵ نقشه پهنه‌بندی جنگل به روش کریجینگ، در ۴ طبقه سالم، دارای آلودگی به موخور بین ۱ تا ۲۵٪، ۲۶ تا ۵۰٪ و بیشتر از ۵۱٪ و در شکل ۶ نقشه خطای انحراف



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی مناطق سالم و آلوده به روش کریجینگ

نسبت به روش کریجینگ عدم ارائه نقشه خطاست.

#### روش IDW

ارزیابی  
به‌منظور ارزیابی و مقایسه دو روش IDW و کریجینگ، نمودار ارزیابی متقابل (شکل ۸) به همراه جدول مربوطه (جدول ۶) و مقادیر مطلق و نسبی میانگین خطا، میانگین قدر مطلق خطا و جذر میانگین مربعات خطا برای هر دو روش محاسبه شدند (جدول ۷).

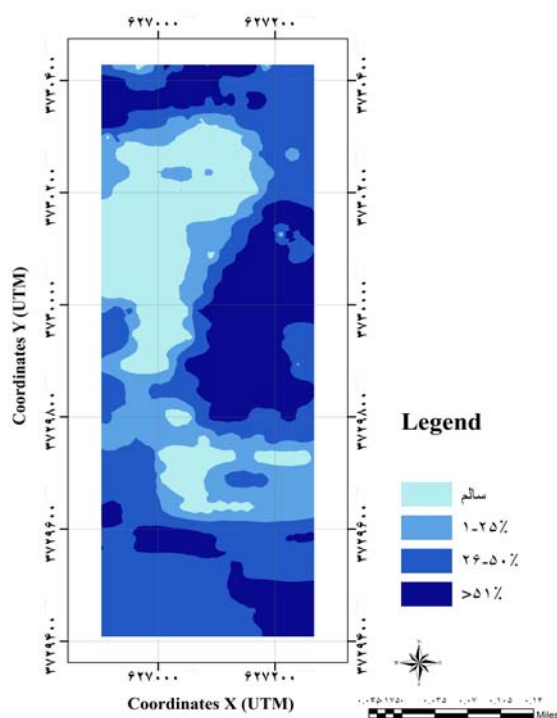
در این روش پارامتر درصد آلودگی با توان‌های ۱ تا ۵ مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین مناسب‌ترین توان از مقادیر مطلق و نسبی میانگین خطا، میانگین قدر مطلق خطا و جذر میانگین مربعات خطا استفاده شد. مطابق جدول ۵ به دلیل پایین بودن میانگین خطا و مجذور مربعات میانگین خطا نسبت به سایر توان‌ها از توان ۲ برای ارائه نتایج درونیابی استفاده شد.

شکل ۷ نقشه پهنه‌بندی مناطق سالم و آلوده به موخور را به روش IDW نشان می‌دهد. یکی از معایب IDW

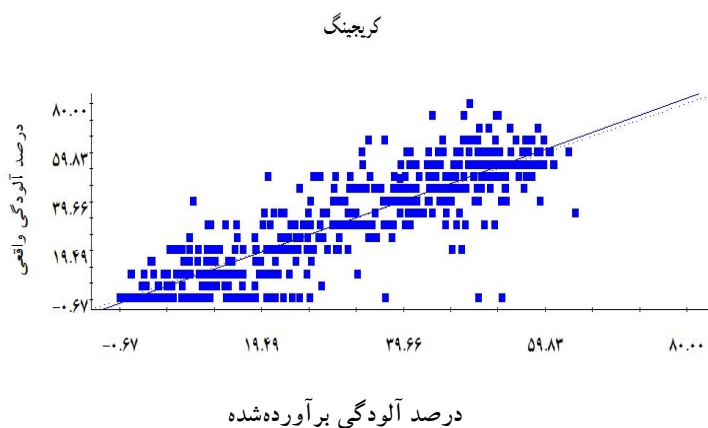


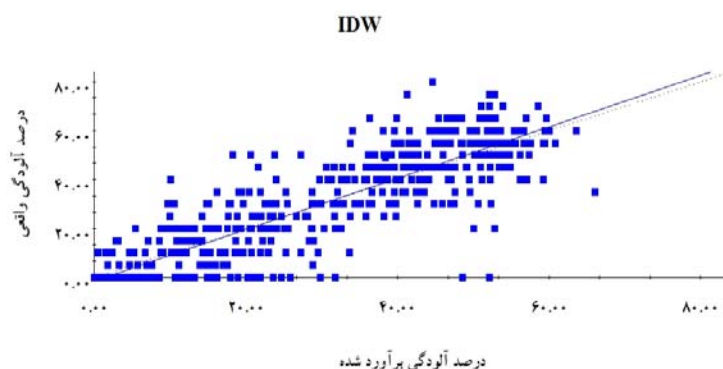
جدول ۵- مقادیر مطلق و نسبی خطای میانگین برای توان‌های مختلف به روش IDW

توان	ME	MEr(%)	MAE	MAEr(%)	RMSE	RMSEr(%)
۱	۰/۲۲	۰/۹	۸/۷۷	۳۱	۱۱/۶۰	۴۰/۵
۲	۰/۰۱	۰/۰۴	۷/۸۶	۲۷/۵	۱۰/۵۰	۳۶/۶
۳	-۰/۰۸	-۰/۳	۷/۳۴	۲۶	۱۰/۵۲	۳۷
۴	-۰/۰۸	-۰/۳	۷/۰۹	۲۵	۱۰/۶	۳۷
۵	-۰/۰۵	-۰/۲	۷/۰۶	۲۵	۱۰/۹	۳۸



شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی مناطق سالم و آلوده به روش IDW





شکل ۸- نمودار ارزیابی متقابل به دو روش کریجینگ و IDW

جدول ۶- مشخصات نمودار ارزیابی متقابل

روش درون‌یابی	ضریب رگرسیون	همبستگی ( $R^2$ )	اشتباه معیار برآورد شده
کریجینگ	۱/۰۴۵	۰/۸۰۱	۹/۹۳۳
IDW	۱/۰۵۱	۰/۷۷۲	۱۰/۶۴۴

جدول ۷- نتایج ارزیابی صحت درون‌یابی‌ها برای متغیر مورد بررسی

روش درون‌یابی	ME	MEr (%)	MAE	MAEr (%)	RMSE	RMSEr (%)
کریجینگ	-۰/۱۱	-۰/۴	۷/۰۲	۲۰	۱۰/۲	۳۵/۸
IDW	۰/۰۱	۰/۰۴	۷/۸۶	۲۷/۵	۱۰/۵۰	۳۶/۶

با توجه به نتایج جدول‌های ۶ و ۷ درصد میانگین خطا در هر دو روش بسیار پایین و قابل قبول بوده، اما نتایج حاصل از درصد میانگین قدر مطلق خطا، درصد جذر میانگین مربعات خطا، ضریب رگرسیون، همبستگی و اشتباه معیار برآورد شده در کریجینگ نسبت به IDW کمتر است.

### بحث

جنگل‌های زاگرس یکی از مهمترین اکوسیستم‌های ایران است. حضور گونه نیمه انگلی موخورد طی دهه اخیر سبب خشکیدگی سرشاخه‌ها و یا در پاره‌ای از مواقع خشکیدگی کل درخت شده است. بنابراین شناسایی کانون آلودگی و روند پیشروی آن در امر مدیریت و حمایت جنگل‌ها می‌تواند به حفظ اکوسیستم جنگلی زاگرس و جلوگیری از

زوال جنگل‌های بلوط کمک کند. در بررسی‌های انجام شده توسط Hosseini (2009)، نسبت ابتلای درختان بلوط به گونه نیمه‌انگلی موخور در جنگل‌های زاگرس ۲۵ درصد به‌دست آمد و بر اساس این پژوهش نتیجه گرفته شد که فعالیت موخور در خشکیدگی شاخه و تاج درختان بلوط در منطقه مطالعه شده نقشی اساسی دارد. در همین راستا، Naseri و همکاران (2011) میزان آلودگی جنگل‌های ایلام به موخور را ۵۶ درصد عنوان کردند. در این تحقیق گونه بلوط بیشترین و گونه زالزالک کمترین آلودگی را داشته است. نتایج حاصل از این پژوهش با تحقیق حاضر مطابقت داشته و حضور ۷۸ درصدی موخور در توده مورد بررسی (جدول ۱) حکایت از آلودگی بیش از انتظار و افزایش سالانه موخور در جنگل‌های زاگرس به‌ویژه بر روی

بیش از ۴۰ درصد از کل پایه‌ها باشد (Hoffman, 2004)، باید مورد حمایت قرار گیرند (جدول ۱ و ۳). به منظور رفع آلودگی پیشنهاد می‌شود از مدیریت تلفیقی آفات (IPM) استفاده شود. به عنوان نمونه می‌توان تیمار هرس کردن را در منطقه آلوده با شدت کم (آلودگی بین ۱ تا ۲۵ درصد) پیشنهاد داد. در این میزان از آلودگی به دلیل اینکه هنوز قسمت اعظم تاج درخت میزبان درگیر آلودگی نشده می‌توان شاخه آلوده را از ۲۰ سانتی‌متری پایین‌تر جوانه موخورد قطع کرد. عمل هرس کردن باید در زمان مناسبی قبل از بذرافشانی یعنی در شهریور ماه انجام شود. برای عرصه‌هایی با شدت آلودگی متوسط (بین ۲۶ تا ۵۰ درصد) می‌توان علاوه بر روش‌های مکانیکی از روش‌های مبارزه بیولوژیکی مانند برخی باکتری‌ها همانند *Brenneria quercina*، *Dickeya* و *Pectobacterium atrosepticum* *chrysanthemi* با تیمارهای مناسب استفاده کرد (Mohammadi et al., 2012). از طرفی با توجه به اینکه موخورد یک گیاه همیشه سبز یا نیمه خزان کننده بوده، ولی میزبان‌های آن عمدتاً خزان کننده هستند، استفاده از این مواد در خارج از فصل رویش که گیاه میزبان عاری از برگ است، جایز است. البته چنین تیماری در مورد موخورد زاگرس می‌تواند در آذرماه انجام شود. در شدت آلودگی زیاد (بیشتر از ۵۱ درصد) علاوه بر کنترل مکانیکی و بیولوژیکی می‌توان از روش‌های شیمیایی نیز استفاده نمود، زیرا موخورد نیز همانند یک گیاه علفی بوده و حساسیت‌های این گروه از گیاهان را در برابر علف‌کش‌های شیمیایی دارد. با استفاده از برخی مواد آفت‌کش همانند رانداپ<sup>۱</sup> (۱/۳۵)، ۱/۹۳، ۲/۷ گرم در ۱۰۰۰ میلی لیتر آب)، با ساگران<sup>۲</sup> (۰/۶۷۵، ۰/۹۶۴، ۱/۳۵ گرم در ۱۰۰۰ میلی لیتر) و گراماکسون<sup>۳</sup> (۰/۹، ۱/۲۸ و ۱/۸ گرم در ۱۰۰۰ میلی لیتر) می‌توان با آلودگی بیش از حد موخورد مقابله کرد (Kavosi, 2012). بنابراین، توصیه شده است استفاده از علف‌کش‌ها نیز

پایه‌های بلوط منطقه دارد. با توجه به دستورالعمل تهیه طرح‌های جنگلداری خارج از شمال، حداکثر خطای قابل قبول در آماربرداری این مناطق ۲۰ درصد عنوان شده است (Naghavi et al., 2009). با توجه به این موضوع، نتایج حاصل از نمونه‌برداری از منطقه مورد مطالعه قابل قبول است (جدول ۳). بنابراین از روش ترانسکت به منظور بررسی میزان آلودگی جنگل به موخورد می‌توان استفاده نمود.

اگرچه تحقیقات زیادی در ارتباط با موخورد و یا روش‌های مختلف درون‌یابی برای مشخصه‌های جنگل در ایران و سایر نقاط دنیا انجام شده، اما تحقیق مشابهی در زمینه این پژوهش انجام نشده است. بنابراین نتایج واریوگرافی و درون‌یابی این تحقیق قابل مقایسه با نتایج دیگران نمی‌باشد.

با توجه به پایین بودن مقدار خطای میانگین هر دو روش یاد شده (جدول ۷) می‌توان نتیجه گرفت که روش ترانسکت به منظور نمونه‌برداری با فاصله ۱۳۷ متر (دو سوم دامنه تأثیر ۲۰۶ متری به منظور اطمینان بیشتر) و استفاده از روش کریجینگ به دلیل دقت مناسب و قابل قبول، تعیین فاصله کانون آلودگی و تولید نقشه خطا برای پهنه‌بندی موخورد و تشخیص کانون آلودگی آن در عرصه‌های مشابه واقع در رویشگاه زاگرس می‌تواند با صرف زمان و هزینه کمتر در کنترل و پایش این تهدید مفید باشد. پس از پهنه‌بندی توصیه می‌شود ابتدا نسبت به رفع آلودگی اقدام شود. سپس با توجه به اصول جنگل‌شناسی نزدیک به طبیعت و روش‌های مناسب پرورش جنگل، همانند تغییر فرم و تبدیل روش جنگل‌شناسی، از حفظ اکوسیستم جنگل‌های زاگرس اطمینان حاصل شود. در ارتباط با رفع آلودگی با توجه به فنولوژی گونه موخورد، اقدامات حمایتی و حفاظتی برای مناطقی با درجات آلودگی کم تا زیاد انجام گردد. در بحث آلودگی جنگل به موخورد دو پارامتر شدت و فراوانی آلودگی بسیار مهم است. در زمینه شدت، نقشه پهنه‌بندی به عنوان الگو در نظر گرفته می‌شود (شکل ۵) اما در مورد فراوانی چنانچه در منطقه تعداد متوسط پایه آلوده در هکتار

1- Integrate Pest Management  
2- Roundup  
3- Basagran  
4- Gramoxone

- of Variable area Transect Sampling Using Monte Carlo Simulation. *Ecology*, 79 (4): 1425-1434.
- FAO. 2012. State of the world's forests 2009. Rome, Italy (also available at [www.fao.org/docrep/011/i0350e/i0350e00.HTM](http://www.fao.org/docrep/011/i0350e/i0350e00.HTM)).
  - Freeman, E. A. and Moisen, G. G., 2007. Evaluating kriging as a tool to improve moderate resolution maps of forest biomass. *Environmental Monitoring and Assessment*, 128: 395-410.
  - Gebauer, R., Volařík D., Urban, J., 2012. *Quercus pubescens* and its hemipara site *Loranthus europaeus*: nutrient dynamics of leaves and twigs. *Acta Physiologiae Plantarum Journal*, 34 (5): 1801-1809.
  - Ghanbari, F., Shataee, Sh., Habashi, H., Ayoubi, Sh., 2013. Possibility Investigation on Spatial Estimation of Density and Mean Diameter of Forest Trees Using Terrain Analysis (Case Study: Dr. Bahramnia Forestry Plan, District I, Gorgan, Iran). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, Vol. 19 (4): 45-56.
  - Gunnarsson, F., Holm, S., Holmgren, p., Thuresson, T., 1998. On the potential of kriging for forest management planning. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13: 237- 245.
  - Hassani Pak A., 1998. *Geostatistics*. Tehran: University of Tehran, 314p. (In Persian)
  - Hoffman, J., 2004. *Management Guide for Dwarf Mistletoe*. Forest Health Protection and State Forestry Organizations, 14p.
  - Hosseini A., 2009. Investigation the affection rate of oak trees to Mistletoe, *Loranthus europaeus*, in forests of Zagross area: (a case study of southern slope of Manesht Mountain in Ilam province). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 7 (1): 26-35. (In Persian)
  - Kavosi, M., Faridi, F., Hajizadeh, G., 2012. Effects of foliar application herbicides to control semi-parasitic plant, *Bioscience*, 4 (2): 76-80.
  - 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.
  - Kumbasli, M., Beskardes, V., Makineci, E., Özdemir, E., Yilmaz E., Zengin, H., Sevgi, O., 2011. Hosts and distribution of yellow mistletoe (*Loranthus europaeus* Jacq. (Loranthaceae)) on Northern Strandjas Oak Forests-Turkey. *Scientific Research and Essays*, 6 (14): 2970-2975.
  - Madanipour Kermanshahi, M., 2010. Determine the spatial structure of vegetation and forest ecosystems edafic parameters using multivariate statistics and

در آذرماه که گیاه میزبان عاری از برگ است، انجام شود. البته هر سه تیمار مکانیکی، بیولوژیکی و شیمیایی دارای محدودیت‌هایی هستند، بنابراین تلفیق هر سه روش برای رفع آلودگی در منطقه توصیه می‌شود.

### منابع مورد استفاده

- Aertsen, W., Kint, V., Von Wilpert, K., Zirlwagen, D., Muys, B., Van Orshoven, J., 2012. Comparison of location-based, attribute-based and hybrid regionalization techniques for mapping forest site productivity. *Forestry an International Journal of Forest Research*, 85 (4): 539-550.
- Akhavan R, Karami Khorramabadi M, Soosani J., 2012. Application of Kriging and IDW methods in mapping of crown cover and density of coppice oak forests (case study: Kakareza region, Khorramabad). *Iranian Journal of Forest*, 3 (4): 305-316.
- Akhavan, R., Zahedi Amiri, Gh., Zobeiri, m., 2010. Spatial variability of forest growing stock using geostatistics in the Caspian region of Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8 (1): 43-53.
- Ashraf, S., Abbaspour, H., 2011. Study of soil properties, using kriging and in inverse distance weighting methods. *Advances in Environmental Biology*, 5 (9): 2870-2875
- Azizi A, Kavosi MR., 2009. The effect of Geographical Side in Density of infected forest with *Loranthus europaeus* in Ilam. Third National Congress of Forest. Faculty of Natural Resources. Tehran University
- Bahrami V, Zobeiri M, Ebrahimi M, Bayani R., 2013. Estimating the Accuracy of Transect Sampling Method in Preparing the Forest Type and Dense Forest Map of Lorestan Province, Iran. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3 (6): 451-456.
- Barbu, C., 2010. The incidence and distribution of white mistletoe (*Viscum album*) on Silver fir (*Abies alba* Mill.) stands from Eastern Carpathians. *Annals of Forest Research*, 53 (1): 27-36.
- Carmen, D., Kanevski, M., Tonini, M., Conedera, M., 2011. Geostatistics for Forest Fires: from variography to geosimulations. *Geophysical Research Abstracts*, 13: 2011-1494.
- Charles C., Deborah, K., McCullough, G., 1992. Biomass distribution and productivity of *Pinus edulis*, *Juniperus monosperma* woodlands of North-central. *Arizona Forest Ecology and Management*. 50 (3-4): 331-350.
- Engeman R. M., Sugihara R. T., 1998. Optimization

- Shaw, D. C.; Freeman, E. A.; Mathiasen, R. L., 2000. Evaluating the accuracy of ground-based hemlock dwarf mistletoe rating: a case study using the Wind River canopy crane. *Western Journal of Applied Forestry*, 15 (1): 8-14.
- Tinnin, R. O., 1998. An alternative to the 6-class dwarf mistletoe rating system. *Western Journal of Applied Forestry*, 13: 64-65.
- Tuominen, S., Fish, S., Poso, S., 2003. Combining remote sensing, data from earlier inventories, and geostatistical interpolation in multi-source forest inventory. *Canadian Journal of Forest Research*, 33: 624- 634.
- Urban, J., Gebauer, R., Nadezhdina, N., Čermák, J., 2012. Transpiration and stomatal conductance of mistletoe (*Loranthus europaeus*) and its host plant, downy oak (*Quercus pubescens*). *Biologia Journal*, 67 (5): 917-926.
- Watson, L., and Dallwitz, M.J., 1992. *The Families of Flowering Plants: Descriptions, Illustrations, Identification, and Information Retrieval*. 564p.
- Webster, R., Oliver, M.A., 2000. *Geostatistics for Environmental Scientists*. Wiley press, 271p.
- Zas, R., Solla A., Sampedro L., 2007. Variography and kriging allow screening *Pinus pinaster* resistant to *Armillaria rioastoyae* in field conditions, *Farestry*, 80 (2): 201-210.
- geostatistics. 2010. PhD thesis. Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran, 128p. (In Persian)
- Mohammadi, V. M., Kavosi, M. R., Taghinasab, M., 2012. Biological control of the semi-parasitic plant *Loranthus grewinkii* using bacterial agents *Brenneria quercina*, *Pectobacterium atrosepticum* and *Dickeya chrysanthemi* in various geographical directions of forests of Ilam (Gachanarea). *Minerva Biotechnologica*, 24 (1):17-21.
- Moradi M., 2012. Investigation of density of infected with *Loranthus europaeus* and some modularly factor in west forest of Iran. MSc thesis. Islamic Azad University Science and Research Branch. Tehran, 92p. (In Persian)
- Mozafarian V., 2008. *Flora of Ilam*. Ilam Natural resources press, Iran, 936p. (In Persian)
- Naghavi H., Fallah A., Jalilvand H., Soosani J., 2009. Determinations of the most appropriate transect length for estimation of quantitative characteristics in Zagros forests. *Iranian Journal of Forest*, 1 (3): 229-238. (In Persian)
- Naseri B, Karami F, Naderi F, Salamat E., 2011. An evaluation of showy Mistletoe (*Loranthus europaeus*) infection of oak forests in Meyan tang, Ilam province. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 8 (2): 178-182.
- Piri A., 2011. *Landscape of Ilam natural resources*. Office of Ilam Province natural resources. Iran, 49p. (In Persian)