

## تأثیر عوامل اقلیمی مختلف بر گسترش تیپ‌های جنگلی استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

لیلا یغمایی<sup>۱\*</sup>، مرتضی خداقلی<sup>۲</sup>، سعید سلطانی کوپایی<sup>۳</sup> و راضیه صبوحی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری دانشکده طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

<sup>۲</sup> استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

<sup>۳</sup> دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

<sup>۴</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی دانشکده طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۸۷ / ۱۱ / ۷، تاریخ تصویب: ۸۸ / ۷ / ۷)

### چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر عوامل اقلیمی بر گسترش تیپ‌های جنگلی استان چهارمحال و بختیاری، ۷۱ متغیر اقلیمی که از نظر شرایط اکولوژیک گونه‌های جنگلی، اهمیت بیشتری داشتند، انتخاب و با روش تحلیل عاملی، عوامل مؤثر بر پراکنش این گونه‌ها شناسایی شد. این عوامل که ۹۱/۸۲ درصد از واریانس متغیرها را بازگو می‌کنند، عبارتند از: دمای گرمایشی، بارش و تابش. تأثیر هر یک از این عوامل و نیز متغیرهای اولیه اقلیمی بر پراکنش تیپ‌های شاخص جنگلی استان، بررسی شد. همچنین متوسط ارتفاع پراکنش هر یک از تیپ‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که عامل دمای گرمایشی و بارش، از مهم‌ترین عوامل اقلیمی مؤثر بر پراکنش تیپ‌های جنگلی در استان چهارمحال و بختیاری هستند. نتایج حاصل از تحلیل عاملی و بررسی امتیازهای عاملی نشان داد که مکان مناسب برای پراکنش تیپ *Quercus brantii* (برودار) و گونه‌های همراه آن که تیپ غالب در استان چهارمحال و بختیاری است، رویشگاه‌های معتدل و نیمه‌مرطوب است. همچنین نتایج این بررسی نشان داد عاملی که سبب محدودیت پراکنش این تیپ و حضور تیپ‌هایی مانند *Lonicera nummularrifolia* (شن) و *Amygdalus sp.* (بادام) شده، افزایش ارتفاع و در پی آن کاهش دما است به‌نحوی که این دو تیپ را می‌توان در نواحی خشک سرد و کوهستانی مشاهده کرد. نتایج همچنین نشان می‌دهد استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره و انتخاب متغیرهای اقلیمی متناسب با شرایط و ویژگی‌های اکولوژیک گونه‌های گیاهی استان، نقش بسیار مهمی در شناسایی اثر عوامل اقلیمی مهم بر پراکنش تیپ‌ها و گونه‌های جنگلی استان داشته است.

**واژه‌های کلیدی:** اقلیم رویشی، تیپ‌های جنگلی، روش‌های آماری چندمتغیره، تحلیل عاملی.

## مقدمه و هدف

در مقیاس جهانی، اقلیم به‌طور معمول، مهم‌ترین کنترل‌کننده توزیع جغرافیایی گونه‌های گیاهی در نظر گرفته می‌شود. بقیه عوامل ها مانند خاک، توپوگرافی، عامل‌های تاریخی و انسانی که مقیاس کوچک‌تری دارند، بدون شک مهم‌اند، ولی در درجه اهمیت بعدی قرار می‌گیرند. بر خلاف اهمیت اقلیم به‌عنوان عاملی شاخص در توزیع پوشش گیاهی، تحقیقات اکولوژیکی زیادی در این زمینه انجام نشده است. دلیل این موضوع، مشکل بودن تعیین اقلیم مناطقی است که پوشش گیاهی دارند. همچنین باید تعداد زیادی ایستگاه اقلیمی در منطقه‌ای که پوشش گیاهی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد، وجود داشته باشد (Retuerto & Carballeira, 1992).

گیاهان در ارتباط با تعدادی محرک مختلف شامل اقلیم، عوامل مربوط به خاک و شرایط طبیعی توسعه پیدا می‌کنند و درجه‌ای که در آن توزیع پوشش گیاهی می‌تواند بر پایه شرایط اقلیمی توضیح داده شود، به این بستگی دارد که حد اهمیت عامل‌های اقلیمی تشخیص داده شده و انتخاب شود (Woodward & Williams, 1987).

در پژوهش‌های انجام‌گرفته طی سی سال گذشته، پوشش گیاهی به‌عنوان مؤلفه مهم مرتبط با سیستم اقلیمی شناخته شده است (سیدان و محمدی، ۱۳۷۶؛ Crucifix et al., 2005; Morison & Morecroft, 2006).

زارع چاهوکی (۱۳۸۰) در بررسی عوامل محیطی تأثیرگذار بر پراکنش تیپ‌های رویشی مراتع پشتکوه استان یزد دریافت که پراکنش تیپ‌های *Artemisia sieberi* و *Artemisia aucheri* تحت تأثیر عوامل ارتفاع از سطح دریا، شیب و بافت خاک قرار می‌گیرد. نتایج تحقیق نشان داد که گونه *Artemisia aucheri* از ارتفاع ۲۴۰۰ متر به بالا بر روی اراضی به‌نسبت شیب‌دار و در خاک‌هایی با بافت سبک و سنگریزه‌دار گسترش دارد. این در حالی است که گونه *Artemisia sieberi* در محدوده ارتفاع ۲۱۰۰ تا ۲۴۰۰ متری بر روی اراضی به‌نسبت مسطح با بافت متوسط و خاک‌هایی با املاح زیادتر از رویشگاه *Artemisia aucheri* مشاهده می‌شود (زارع چاهوکی، ۱۳۸۰).

خان حسنی و همکاران (۱۳۷۶) ویژگی‌های بوم‌شناختی و جنگل‌شناسی مناطق جنگلی استان کرمانشاه را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق با استفاده از نقشه اقلیم تهیه‌شده به روش دمارتن اصلاح‌شده، محل پراکنش جنگل‌های استان در اقلیم‌های مختلف از راه تطبیق این نقشه با نقشه‌های توپوگرافی و دیگر نقشه‌ها تعیین و در نهایت ۱۳ منطقه جنگلی در ۶ اقلیم استان مشخص شد.

(Nakawatase & Peterson, 2006) تغییرات مکانی در ارتباط بین اقلیم و رشد پوشش جنگلی را در منطقه کوهستانی المپیک<sup>۱</sup> بررسی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که اطلاعات به‌دست‌آمده از ارتباط بین اقلیم و پوشش جنگلی، ممکن است برای توسعه راهکارهای مدیریتی در مورد انطباق گونه‌ها و پیش‌بینی تأثیر اقلیم آینده بر روی این جنگل‌ها، مفید و مؤثر باشد.

(Yaghmaei et al., 2008) به بررسی زیست اقلیم استان اصفهان با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که سه عامل بارش، دما و تابش مهم‌ترین عوامل در پراکنش پوشش گیاهی استان اصفهان هستند. در این تحقیق با استفاده از تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای، ۷ اقلیم زیستی در استان اصفهان شناسایی و نامگذاری و تیپ گیاهی شاخص در هر یک از این اقلیم‌ها معرفی شد.

پیشرفت علم آمار و ورود فناوری نوین، امکان محاسبات پیچیده و تلفیق اطلاعات خام اقلیمی را با استفاده از نرم‌افزارهای آماری فراهم کرده است. چنین نتایج ارزشمندی می‌تواند در تعامل با عناصر زیست‌محیطی، ابزارهای مناسب مدیریت پایدار اکوسیستم را ارائه کند (خدقلی و همکاران، ۱۳۸۵).

هدف اصلی این طرح بررسی و تعیین تأثیر عوامل و متغیرهای مختلف اقلیمی بر پراکنش گونه‌های غالب جنگلی در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از روش‌های پیشرفته آماری است.

1- Olympic mountain

## مواد و روش‌ها

- منطقه مورد بررسی

استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ۱۶۵۳۲ کیلومتر مربع بین ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این استان در مجموع منطقه‌ای کوهستانی در امتداد رشته کوه زاگرس است که از شمال غربی به جنوب شرقی امتداد دارد. بلندترین نقطه استان در زردکوه بختیاری به ارتفاع ۴۲۰۰ متر و پست‌ترین نقطه آن در ناحیه شرقی استان به ارتفاع ۶۹۰ متر واقع شده است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی استان (پرسیایی، ۱۳۸۷)، این استان به پنج منطقه اقلیمی سرد و مرطوب، خیلی مرطوب و سرد کوهستانی، نیمه‌مرطوب گرم، نیمه‌مرطوب سرد و نیمه‌خشک سرد تقسیم می‌شود. در استان چهارمحال و بختیاری عوامل آب و هوا، نوع خاک و توپوگرافی، پوشش گیاهی متنوعی را به وجود آورده است و تراکم پوشش گیاهی از شرق به غرب افزایش می‌یابد.

- مهم‌ترین تیپ‌های جنگلی استان

۱. برودار (*Quercus brantii* Lindl.) ۲. برودار-بادام (*Quercus brantii* Lindl.- *Amygdalus* spp.) ۳. برودار-زبان گنجشک (*Quercus brantii* Lindl.)
۴. برودار-بنه (*Fraxinus rotundifolia* Miller) ۵. بادام (*branti Lindl-Pistacia atlantica* Desf)
۶. شن (*Amygdalus* spp.) ۷. نقشه (*nummularifolia*) (مهندسین مشاور یکم، ۱۳۷۳، نقشه پوشش گیاهی استان چهارمحال و بختیاری)

- روش‌ها

در تحقیق حاضر با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از سازمان هواشناسی کشور، ۱۲ عنصر اقلیمی شامل بارش، روزهای بارانی، تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر، تعداد روزهای با بارش بیش از ۵ میلی‌متر، تعداد روزهای یخبندان، درجه حرارت متوسط، درجه حرارت حداقل، درجه حرارت حداکثر، رطوبت نسبی، روزهای برفی، سرعت باد و تعداد ساعت‌های آفتابی، پس از کنترل صحت داده‌ها، برای ایجاد پایگاه اطلاعاتی انتخاب شد. ایستگاه‌های مورد استفاده شامل همه ایستگاه‌های سینوپتیک و

کلیماتولوژی داخل استان و مناطق مجاور است. طول سال‌های آماری در ایستگاه‌های مختلف از ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰ است. با توجه به اینکه همه عناصر اقلیمی به‌صورت ماهانه و سالانه مورد استفاده قرار گرفت، برای هر عنصر، ۱۲ متغیر ماهانه و یک متغیر سالانه و در مجموع  $12 \times 13 = 156$  متغیر اقلیمی استخراج و سپس با توجه به رژیم اقلیمی حاکم بر منطقه و فراز و فرودهای همه متغیرها در طول سال، ماه‌های ژانویه و جون به ترتیب به‌عنوان نماینده نیمه‌سرد و نیمه‌گرم سال انتخاب شد. میانگین سالانه ۱۲ عنصر ذکرشده نیز در نظر گرفته شد. همچنین با بررسی شرایط اکولوژیک منطقه و توزیع فصلی بارش، برخی متغیرهای مؤثر بر رشد و پراکنش تیپ‌های جنگلی استان مانند درجه حرارت ماه مارس، تعداد روزهای یخبندان ماه می، تعداد ساعات آفتابی ماه آگوست و ... انتخاب و در آنالیزهای آماری مورد استفاده قرار گرفت. متغیرهایی مانند بارش ماه جولای، تعداد روزهای یخبندان ماه جولای، تعداد روزهای با بارش مساوی و بیش از ۱۰ میلی‌متر ماه جولای، سرعت باد در ماه جون و ... که اهمیت کمتری در رشد و پراکنش اکولوژیک تیپ‌های جنگلی منطقه داشتند، حذف شدند و ۷۱ متغیر اقلیمی که دارای بیشترین اهمیت در پراکنش گونه‌های جنگلی استان بودند، انتخاب شدند و به‌عنوان ورودی اولیه تحلیل عاملی<sup>۱</sup> مورد استفاده قرار گرفتند.

به‌طور کلی نتایج تجزیه و تحلیل اقلیمی زمانی، قابل تعمیم به پهنه‌های گسترده خواهد بود که با استفاده از روش‌های درونیابی<sup>۲</sup> داده‌های نقطه‌ای به داده‌های پهنه‌ای تبدیل می‌شود (خداقلی و همکاران، ۱۳۸۵). بنابراین با توجه به تراکم و تغییرپذیری متغیرهای انتخابی، شبکه‌ای به ابعاد  $10 \times 10$  کیلومتر برای استان تعیین شد و با توجه به این ابعاد، ماتریسی با ۷۱ ستون (متغیرها) و ۷۳ ردیف (مکان‌ها) برای سرتاسر استان تهیه و مقادیر متغیرهای اقلیمی به روش کریجینگ<sup>۳</sup> در هر یک از مکان‌ها، در نرم افزار Surfer ver.8 برآورد شد و به‌عنوان ورودی‌های تحلیل عاملی و ارزیابی وضعیت اقلیمی استان مورد استفاده قرار

1- Factor analysis  
2- Interpolation  
3- Kriging method

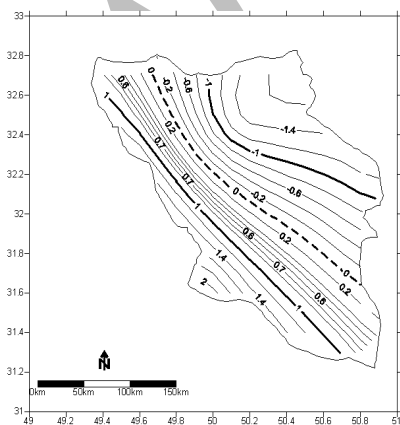
شده است. عوامل شناسایی شده به ترتیب ۵۳/۰۲، ۳۵/۱۰ و ۳/۷ و در مجموع ۹۱/۸۲ درصد از کل واریانس داده‌های اولیه را توجیه می‌کنند. این عوامل به شرح زیرند:

جدول ۱- مقدار ویژه، درصد واریانس و واریانس تجمعی هر یک از عوامل

عامل	مقدار ویژه	درصد واریانس	واریانس تجمعی
دمای گرمایشی	۴۸/۲۵	۵۳/۰۲	۵۳/۰۲
بارش	۳۱/۹۴	۳۵/۱۰	۸۸/۱۲
تابش	۳/۳۷	۳/۷۰	۹۱/۸۲

#### ۱- عامل دمای گرمایشی

این عامل به تنهایی ۵۳/۰۲ درصد از کل واریانس متغیرهای اولیه را بیان می‌کند، به طوری که ۴۰ متغیر با این عامل همبستگی مثبت بیش از ۰/۶ دارند (جدول ۲). با توجه به همبستگی بالای مثبت آن با متغیرهایی مانند درجه حرارت حداقل ماه می، درجه حرارت حداکثر متوسط درجه حرارت جولای و درجه حرارت حداکثر جولای و رابطه همبستگی منفی این عامل با تعداد روزهای یخبندان سالانه، تعداد روزهای یخبندان دسامبر و ...، این عامل، دمای گرمایشی نامگذاری شد. شکل ۱ پراکندگی جغرافیایی این عامل را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، این عامل از ۱/۷- در محدوده شمال شرق استان تا ۲ در محدوده جنوب غربی استان تغییر می‌کند.



شکل ۱- نقشه پراکندگی فضایی امتیازات عامل دمای گرمایشی در استان چهارمحال و بختیاری

گرفت. ارتفاع هریک از مکان‌ها نیز با استفاده از نقشه رقومی ارتفاعی<sup>۱</sup> استان محاسبه شد، سپس تحلیل عاملی به روش مؤلفه‌های مبنای<sup>۲</sup> و دوران واریماکس<sup>۳</sup> بر روی ماتریس داده‌های اولیه با استفاده از نرم‌افزار SPSS Ver 13 انجام گرفت. در مرحله بعد، نقشه پوشش گیاهی

(مهندسین مشاور یکم، ۱۳۷۳) منطقه بر نقشه موقعیت سلول‌های متغیرها و عوامل اقلیمی انطباق داده شد. در ادامه با استفاده از روش تحلیل ممیزی<sup>۴</sup> در نرم‌افزار SPSS Ver 13، امتیازات سلول‌های هر یک از تیپ‌های جنگلی با هم جمع و میانگین متغیرها و عوامل برای هر یک از تیپ‌های جنگلی محاسبه شد. از آنجا که مقدار امتیازات عاملی در هر یک از تیپ‌ها برآیند تعداد زیادی از متغیرهای زیرگروه است، امتیازات عاملی در هر یک از تیپ‌های گیاهی، می‌تواند به خوبی مهم‌ترین ویژگی اقلیمی آن منطقه و اثر عوامل اقلیمی در پراکنش پوشش گیاهی را مشخص کند.

با توجه به اینکه مقادیر امتیاز عاملی، مقادیر استاندارد شده‌اند، دارای میانگین صفر و واریانس ۱ هستند. مقدار صفر میانگین، امتیاز عاملی در آن منطقه را نشان می‌دهد. مقادیر مثبت، بالاتر از میانگین و مقادیر منفی پایین‌تر از میانگین هستند و با توجه به اینکه ۶۸ درصد مقادیر دارای توزیع نرمال استاندارد بین  $\sigma \pm \bar{X}$  قرار دارد، برای مشخص شدن مناطقی که این عامل در آنها نمود بیشتری دارد، خطوط ۱ و ۱- در آنها به صورت پررنگ مشخص می‌شود.

#### نتایج

با اعمال روش تحلیل عاملی بر روی ماتریس داده‌های اولیه، سه عامل با مقادیر ویژه بیش از یک حاصل شد. مقادیر ویژه و درصد واریانس هر یک از عوامل در جدول ۱ و همبستگی عوامل حاصل از تحلیل عاملی با متغیرهای اولیه در جدول ۲ نشان داده شده است. بدیهی است به منظور ارزیابی عوامل و نامگذاری آن از متغیرهایی که از همبستگی بیشتری با عامل مربوطه برخوردارند، استفاده

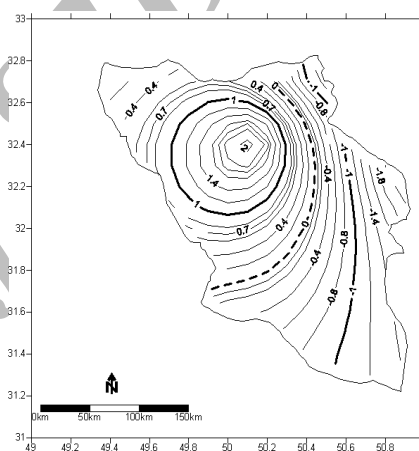
- 1- Digital Elevation Model
- 2- Principal Component Analysis
- 3- Varimax Rotation
- 4- Discriminant Analysis

۲- عامل بارشی

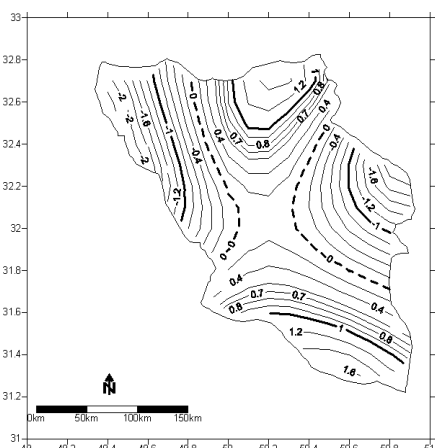
این عامل ۳۵/۱ درصد از کل واریانس متغیرهای اولیه را بیان می‌کند. جدول ۲ نشان می‌دهد که ۲۲ متغیر با این عامل همبستگی مثبت بیش از ۰/۶ دارند. میان این عامل و متغیرهایی مانند مجموع بارش سالانه، بارندگی ژانویه، تعداد روزهای بارانی پاییزی و تعداد روزهای برفی سالانه و ... رابطه همبستگی به نسبت قوی وجود دارد و به همین دلیل این عامل، بارش نام گرفت. شکل ۲ پراکندگی جغرافیایی این عامل را نشان می‌دهد. این عامل از ۲/۲- در محدوده شرق تا ۲ در شمال غرب استان تغییر می‌کند.

۳- عامل تابش

این عامل ۳/۷ درصد از کل واریانس متغیرهای اولیه را توجیه می‌کند. متغیرهای تعداد ساعت های آفتابی جولای، تعداد ساعات آفتابی مارس، سرعت باد بهاره، تعداد ساعت های آفتابی آوریل و تعداد ساعت های آفتابی آگوست و ... همبستگی مثبت بیش از ۰/۶ با این عامل دارند. شکل ۳ پراکندگی این عامل را در سطح استان نشان می‌دهد. همان‌طور که شکل نشان می‌دهد، بیشترین امتیاز عامل تابش مربوط به قسمت‌های جنوبی و شمالی استان چهارمحال و بختیاری و کمترین آن در قسمت‌های شرقی استان است.



شکل ۲- نقشه پراکندگی فضایی امتیازات عامل بارش در استان چهارمحال و بختیاری



شکل ۳- نقشه پراکندگی فضایی امتیازات عامل تابش در استان چهارمحال و بختیاری

جدول ۲- امتیازات عاملی دوران یافته

متغیر	عامل	دمای گرمایشی	بارش	تابش
درجه حرارت حداقل می	۰/۹۹۸	۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	
درجه حرارت حداقل نوامبر	۰/۹۹۶	۰/۱	۰/۳۳	
درجه حرارت حداقل سالانه	۰/۹۹۵	-۰/۷۶	۰/۰۰۳	
درجه حرارت حداقل ژوئن	۰/۹۹۲	-۰/۰۰۲	۰/۰۴۵	
درجه حرارت حداقل اکتبر	۰/۹۹۲	۰/۰۷۶	۰/۱۱	
تعداد روزهای یخبندان دسامبر	-۰/۹۸۹	۰/۱۰۴	-۰/۶	
درجه حرارت حداقل جولای	۰/۹۸۸	۰/۴۹	-۰/۲۸	
درجه حرارت حداقل سپتامبر	۰/۹۸۶	۰/۱۱۱	۰/۰۰۳	
درجه حرارت حداقل آگوست	۰/۹۸۴	۰/۰۹۵	-۰/۰۲۳	
درجه حرارت متوسط آگوست	۰/۹۸۱	-۰/۱۰۴	-۰/۰۵۷	
درجه حرارت متوسط جولای	۰/۹۸۱	۰/۰۱۶	-۰/۱۵	
درجه حرارت حداقل آوریل	۰/۹۸۱	-۰/۱۹	۰/۰۰۵	

ادامه جدول ۲- امتیازات عاملی دوران یافته

متغیر	عامل	دمای گرمایشی	بارش	تابش
تعداد روزهای یخبندان سالانه		-۰/۹۸۱	۰/۱۴۶	-۰/۰۵۵
درجه حرارت حداقل دسامبر		۰/۹۷۹	-۰/۱۹	۰/۰۲۳
درجه حرارت متوسط می		۰/۹۷۸	۰/۰۰۵	-۰/۱۲
تعداد روزهای یخبندان ژانویه		-۰/۹۷۱	۰/۱۹۲	-۰/۰۰۵
درجه حرارت متوسط جون		۰/۹۷۵	۰/۰۰۶	-۰/۱۵
رطوبت نسبی بهار		-۰/۹۷۲	-۰/۱۷۳	-۰/۰۷
درجه حرارت متوسط سپتامبر		۰/۹۷۱	-۰/۱۶۷	۰/۰۰۲
درجه حرارت متوسط نوامبر		۰/۹۶۶	-۰/۱۹۳	۰/۰۱۳
درجه حرارت متوسط اکتبر		۰/۹۶۶	-۰/۱۹۳	۰/۰۱۳
درجه حرارت متوسط آپریل		۰/۹۶۴	-۰/۱۴	-۰/۱۳۵
درجه حرارت متوسط سالانه		۰/۹۶۲	-۰/۲۰۷	-۰/۰۴۷
درجه حرارت حداقل ژانویه		۰/۹۶۲	-۰/۲۶	-۰/۰۱۵
درجه حرارت حداقل مارس		۰/۹۴۹	-۰/۳۰۹	-۰/۰۰۷
تعداد روزهای یخبندان اکتبر		-۰/۹۴۷	-۰/۰۵۷	-۰/۰۵
درجه حرارت حداکثر می		۰/۹۱۳	-۰/۳۷۹	۰/۰۶۵
درجه حرارت حداکثر دسامبر		۰/۹۰۹	-۰/۳۸۸	۰/۰۵۸
درجه حرارت حداکثر آگوست		۰/۹۰۵	-۰/۴	۰/۰۳۷
درجه حرارت حداکثر فوریه		۰/۸۹۳	-۰/۴۱۸	۰/۰۴۵
درجه حرارت حداکثر آوریل		۰/۸۸۱	-۰/۴۶	۰/۰۴۵
رطوبت نسبی پاییز		-۰/۱۳۸	-۰/۲۷	-۰/۱۷۴
درجه حرارت متوسط ژانویه		۰/۸۹۶	-۰/۴۰۸	۰/۰۲۳
تعداد روزهای یخبندان آوریل		-۰/۸۵۱	۰/۴۸۴	-۰/۳۵
رطوبت نسبی سالانه		-۰/۹۳۸	-۰/۰۵	-۰/۰۲۱
درجه حرارت حداکثر مارس		۰/۸۳۸	۰/۴۸۴	-۰/۳۵
تعداد روزهای یخبندان می		-۰/۸۲۴	-۰/۵۲	-۰/۲۷
سرعت باد زمستان		-۰/۷۸۰	-۰/۲۶۶	۰/۴۲۳
درجه حرارت متوسط دسامبر		۰/۷۷۰	-۰/۵۰۴	۰/۱۲
رطوبت نسبی تابستان		-۰/۷۴۷	-۰/۵۷	۰/۰۳۴
سرعت باد پاییزه		۰/۷۴۵	۰/۵۱۵	۰/۰۹۲
ساعات آفتابی آگوست		۰/۶۹۹	-۰/۴۸۵	۰/۵۵۴
بارندگی ژانویه		-۰/۱۶۷	۰/۹۶۹	۰/۱۲۶
تعداد روزها با بارش مساوی و بیش از ۵ میلی‌متر سالانه		-۰/۲۳	۰/۹۶۸	۰/۰۸۴
مجموع بارندگی زمستانه		-۰/۲۳	۰/۹۶۴	۰/۰۸۴
روزهای بارانی پاییزه		-۰/۲۳۶	۰/۹۶۲	-۰/۰۰۶
تعداد روزها با بارش مساوی و بیش از ۵ میلی‌متر مارس		-۰/۲۷۸	۰/۹۶۱	۰/۰۸۱
ساعات آفتابی اکتبر		۰/۱۲۸	۰/۹۵۱	۰/۲۰۴

ادامه جدول ۲- امتیازات عاملی دوران یافته

متغیر	عامل	دمای گرمایشی	بارش	تابش
سرعت باد سالانه		-۰/۱۴۸	۰/۹۵۰	۰/۱۴۸
تعداد روزها با بارش مساوی و بیش از ۱۰ میلی‌متر مارس		-۰/۳۰۹	۰/۹۵۳	-۰/۰۴۴
بارندگی دسامبر		۰/۰۷۵	۰/۹۲۶	۰/۲۶۸
ساعات آفتابی سالانه		۰/۲۸۹	-۰/۹۲۴	۰/۱۷۶
روزهای بارانی سالانه		-۰/۳۶۱	۰/۹۱۸	-۰/۱۳۴
بارندگی نوامبر		-۰/۲	۰/۸۹۵	۰/۰۶۷
بارندگی آوریل		-۰/۲۰۵	۰/۸۶۰	-۰/۱۲۹
بارندگی فوریه		-۰/۲۹۴	۰/۸۵۵	-۰/۲۹۴
بارندگی پاییزه		۰/۰۰۰۱	۰/۸۴۷	۰/۱۳۹
ساعات آفتابی نوامبر		-۰/۳۵۲	-۰/۸۳۲	۰/۳۷۴
ساعات آفتابی جون		۰/۰۵۴	-۰/۸۲۳	۰/۳۴۶
مجموع بارندگی بهاره		-۰/۲۲۹	۰/۸۱۳	-۰/۱۲۹
سرعت باد پاییزه		-۰/۴۹۹	۰/۸۲۱	-۰/۲۱۴
ساعات آفتابی سپتامبر		۰/۴۷۹	-۰/۷۹۹	۰/۰۶۱
بارندگی می		-۰/۲۸۰	۰/۷۸۵	-۰/۱۱۵
روزهای برفی سالانه		-۰/۶۵۷	۰/۷۳۹	-۰/۰۱۷
روزهای بارانی بهاره		-۰/۶۳۰	۰/۷۳۰	-۰/۱۴
رطوبت نسبی زمستان		-۰/۲۹۰	۰/۶۹۵	-۰/۰۵۷
ساعات آفتابی جولای		۰/۰۸۲	۰/۳۵۹	۰/۹۰۹
سرعت باد بهاره		-۰/۱۵۷	۰/۴۶۵	۰/۷۸۲
روزهای آفتابی آوریل		-۰/۰۳۹	-۰/۵۴۲	۰/۶۲۰
سرعت باد زمستانه		-۰/۰۱۶	-۰/۴۱۲	۰/۵۸۲

برای مقایسه با دیگر عوامل استخراجی باشد، می‌تواند به‌خوبی مهم‌ترین ویژگی اقلیمی هر تیپ جنگلی را مشخص کند. بر این اساس متوسط امتیازات عاملی سه عامل دما، بارش و تابش در هر یک از تیپ‌ها (محدوده پراکنش هر گونه گیاهی) تعیین شد (جدول ۳).

- تأثیر عوامل اقلیمی بر گسترش پوشش جنگلی استان به‌منظور تعیین تأثیر عوامل اقلیمی بر گسترش تیپ‌های غالب جنگلی، از ماتریس امتیازات عاملی استفاده شد. با توجه به اینکه مقدار امتیازات عاملی بر روی هر سلول، برآیند تأثیر تعداد زیادی از متغیرهای زیرگروه عامل مربوطه است. امتیازات هر یک از عوامل، به‌ویژه زمانی که

جدول ۳- امتیازات عاملی و مساحت‌های تیپ‌های مختلف جنگلی استان چهارمحال و بختیاری

ارتفاع پراکنش (متر)	عامل تابش	عامل بارش	عامل دمای گرمایشی	مساحت(هکتار)	نام تیپ
۱۷۱۵	-۰/۱۲	۰/۴۶	۰/۸۱	۱۰۸۷۷/۲۵	<i>Quercus brantii</i>
۱۷۵۰	-۰/۷۲	۰/۶۰	۰/۷۹	۲۵۳۸/۹	<i>Quercus brantii - Amygdalus</i>
۱۸۱۰	-۰/۴۶	۰/۷۱	۰/۳۴	۱۴۷۹۷/۹۴	<i>Quercus brantii - Fraxinus rotundifolia</i>
۱۷۱۳	۰/۸	۰/۳۳	۰/۹۰	۷۰۲۴/۸۴	<i>Quercus brantii - Pistacia atlantica</i>
۲۳۹۱	۰/۲۶	-۱/۲	-۱/۱۹	۳۲۳/۰۴	<i>Lonicera nummularifolia</i>
۱۸۳۳	-۱/۲۶	۰/۷۵	۰/۷۶	۱۰۱۶/۰۸	<i>Amygdalus spp.</i>

و عامل بارش دارای امتیاز بیشتری است. می‌توان نتیجه گرفت که این تیپ ممکن است در رویشگاه‌های معتدل و مرطوب در استان چهارمحال و بختیاری دیده شود. متوسط ارتفاع پراکنش این تیپ در استان ۱۷۵۰ متر است.

مقادیر متغیرهای اولیه در این تیپ به شرح زیر است: بارش سالیانه ۹۰۴ میلی‌متر، دمای متوسط سالیانه ۱۵/۵ درجه سانتی‌گراد، دمای حداقل سالانه ۹/۰۵ درجه سانتی‌گراد، دمای حداکثر سالانه ۲۲/۶ درجه سانتی‌گراد، تعداد ساعات‌های آفتابی ۲۹۱۵ و تعداد روزهای یخبندان ۹۲.

### ۳- تیپ *Quercus brantii - Fraxinus rotundifolia* (برودار- زبان گنجشک)

این تیپ که مساحت زیادی از جنگل‌های استان را به خود اختصاص داده است، در نواحی مختلفی از استان دیده می‌شود. بررسی امتیازات عاملی نشان می‌دهد که با وجود پراکنش این تیپ در قسمت‌های مختلف استان، وجه اشتراک همه این مناطق بالا بودن امتیاز عامل بارش و کاهش عامل دمای گرمایشی نسبت به بیشتر تیپ‌های غالب استان است. می‌توان گفت رویشگاه‌های سرد و مرطوب و مرتفع کوهستانی، برای استقرار و پراکنش این تیپ مناسب است. متوسط ارتفاع پراکنش این تیپ در استان ۱۸۱۰ متر است.

متوسط متغیرهای اولیه اقلیمی در این تیپ شامل بارش سالیانه ۹۲۲ میلی‌متر، دمای متوسط سالیانه ۱۵/۱ درجه سانتی‌گراد، دمای حداقل سالانه ۸/۷ درجه سانتی‌گراد، دمای حداکثر سالانه ۲۱/۱ درجه سانتی‌گراد، تعداد

با توجه به اینکه گونه‌ها و تیپ‌های گیاهی مختلف نسبت به تغییرات متغیرهای اقلیمی، دامنه بردباری متفاوت دارند، علاوه بر متوسط متغیرهای اقلیمی به حداکثر و حداقل این متغیرها نیز اشاره می‌شود. این اطلاعات از ماتریس متغیرهای اولیه استخراج شده است. تیپ‌های اصلی و ویژگی‌های اقلیم رویشی آنها به شرح زیر است:

#### ۱- تیپ *Quercus brantii* (برودار)

این تیپ مساحت زیادی از استان را به خود اختصاص داده است. جدول امتیازات عاملی نشان می‌دهد که عامل دمای گرمایشی در این تیپ بیشترین امتیاز را نسبت به سایر عوامل کسب کرده و عامل بارش نیز در این ناحیه مثبت است. زیاد بودن امتیاز عامل دمای گرمایشی، حاکی از گرم بودن منطقه و مثبت بودن عامل بارش نشان از رطوبت چشمگیر در منطقه است. بر این اساس به نظر می‌رسد رویشگاه‌های این تیپ، اغلب به مناطق معتدل و نیمه‌مرطوب محدود باشد. متوسط ارتفاع پراکنش این تیپ در استان (۱۷۱۵ متر) نیز مؤید این مطلب است.

مقادیر متغیرهای اولیه در این تیپ عبارتند از بارش سالیانه ۸۲۳ میلی‌متر، دمای متوسط سالیانه ۱۵/۹ درجه سانتی‌گراد، دمای حداقل سالانه ۹/۴ درجه سانتی‌گراد، دمای حداکثر سالانه ۲۳/۴ درجه سانتی‌گراد، تعداد ساعات‌های آفتابی ۲۹۷۳/۴ و تعداد روزهای یخبندان ۱۰۴.

#### ۲- تیپ *Quercus brantii - Amygdalus* (برودار- بادام)

امتیازات عاملی مربوط به این تیپ نشان می‌دهد که بیشترین امتیاز عاملی مربوط به عامل دمای گرمایشی است، ولی در این تیپ امتیاز عاملی این عامل، نسبت به مناطقی که گونه برودار به تنهایی در آنها وجود دارد، کمتر



ساعت‌های آفتابی ۲۹۲۵ و تعداد روزهای یخبندان ۹۱ است.

۴- تیپ *Pistacia atlantica-Quercus brantii* (برودار- بنه)

این تیپ در مناطقی که از نظر دمای گرمایشی و تابش بیشترین امتیاز مثبت را دارد، دیده می‌شود و امتیاز عامل بارش نسبت به عامل دما کمتر است (جدول ۳). از این‌رو این تیپ خاص مناطق نیمه‌گرم با بارش متوسط با تعداد ساعات آفتابی زیاد است. متوسط ارتفاع پراکنش این تیپ در استان ۱۷۱۳ متر محاسبه شد.

متوسط برخی متغیرهای اولیه اقلیمی در این تیپ شامل بارش سالیانه ۸۴۱ میلی‌متر، دمای متوسط سالیانه ۱۶/۲ درجه سانتی‌گراد، دمای حداقل سالانه ۹/۷ درجه سانتی‌گراد، دمای حداکثر سالانه ۲۴/۲ درجه سانتی‌گراد، تعداد ساعت های آفتابی ۲۹۵۱ و تعداد روزهای یخبندان ۹۱ است.

۵- تیپ *Lonicera nummularifolia* (شن)

همان‌طور که جدول امتیازات عاملی نشان می‌دهد، در این تیپ عامل‌های دمای گرمایشی و بارش بیشترین امتیاز منفی را در بین دیگر تیپ‌ها به خود اختصاص داده‌اند. این تیپ بیشترین امتیاز منفی را از عامل دما کسب کرده است. به نظر می‌رسد که این تیپ نسبت به دمای گرمایشی واکنش شدیدتری در مقایسه با دیگر تیپ‌ها نشان می‌دهد. با توجه به منفی بودن دمای گرمایشی و همچنین عامل بارش، استنباط می‌شود که رویشگاه‌های سرد با بارش متوسط یا کم (خشک سرد) برای این تیپ مطلوب است. ارتفاع متوسط پراکنش این تیپ ۲۳۹۱ متر است. به‌طور کلی در ارتفاعات بیش از ۲۳۰۰ متر، بلوط جای خود را به درختان شن، زبان‌گنجشک و ارس می‌دهد (مهندسین مشاور یکم، ۱۳۷۶). بنابراین این تیپ در مقایسه با دیگر تیپ‌ها بیشترین ارتفاع پراکنش را دارد.

متوسط برخی متغیرهای اولیه اقلیمی در این تیپ شامل بارش سالیانه ۷۷۰ میلی‌متر، دمای متوسط سالیانه ۱۲ درجه سانتی‌گراد، دمای حداقل سالانه ۴ درجه سانتی‌گراد، دمای حداکثر سالانه ۲۰/۲ درجه سانتی‌گراد، تعداد

ساعت‌های آفتابی ۲۹۴۰ و تعداد روزهای یخبندان ۱۰۶ است.

۶- تیپ *Amygdalus spp.* (بادام)

گونه‌های مختلف بادام (*Amygdalus spp.*) را که در برابر شرایط نامساعد محیط (کم آبی و نوسانات شدید حرارتی) مقاوم‌اند، به‌صورت یکدست در این نواحی می‌توان دید که متوسط امتیاز عاملی عامل‌های دمای گرمایشی، بارش و تابش به ترتیب ۰/۷۶، ۰/۷۵ و ۱/۲۶- است. شاید بتوان از ویژگی‌های شاخص مناطق پراکنش این گونه وجود ساعت های آفتابی کمتر نسبت به دیگر نواحی را بیان کرد. به‌طوری که این عامل در نواحی پراکنش این گونه کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده است. در مجموع می‌توان گفت که رویشگاه‌های معتدل مرطوب با تعداد ساعت های آفتابی کم برای پراکنش این تیپ مناسب است. از دیگر ویژگی‌های این ناحیه، بارش سالیانه ۹۰۰ میلی‌متر، دمای متوسط سالیانه ۱۵/۴ درجه سانتی‌گراد، دمای حداقل سالانه ۹/۲ درجه سانتی‌گراد، دمای حداکثر سالانه ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد، تعداد ساعت های آفتابی ۲۸۹۰ و تعداد روزهای یخبندان ۸۹ است. همچنین متوسط ارتفاع پراکنش این تیپ ۱۸۳۳ متر است.

### بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که سه عامل دمای گرمایشی، بارش و تابش نقش بسیار مهمی در پراکنش گونه‌های جنگلی استان چهارمحال و بختیاری دارد، به‌نحوی که به ترتیب ۵۳/۰۲، ۳۵/۱۰ و ۳/۷ درصد و در مجموع ۹۱/۸۲ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص می‌دهند. نتایج دیگر پژوهش‌ها نیز نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های چندمتغیره در پژوهش‌های زیست اقلیم گیاهی قابلیت کاهش چشمگیر متغیرهای اولیه را به چند عامل محدود و قابل ارزیابی در پراکنش پوشش گیاهی دارد. برای مثال یغمایی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی اثر عوامل اقلیمی مؤثر بر پراکنش *Artemisia seiberi* (درمنه دشتی) و *Artemisia aucheri* (درمنه کوهی) در استان اصفهان، دریافتند که سه عامل بارش، دما و تابش مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش این گونه‌ها هستند. همچنین خداعلی و

۳۲۳/۰۴ هکتار مربوط به تیپ *Lonicera nummularifolia* است.

در تحقیق مشابهی، در مورد بررسی کنترل اقلیم بر توزیع گونه‌های جنگلی، در مناطق جنگلی شمال شرقی چین مشخص شد که توزیع گونه‌های جنگلی به روش‌های مختلفی به گرادیان‌های اقلیمی مانند درجه حرارت متوسط، میانگین حداقل و حداکثر دما، بارندگی و باد واکنش نشان می‌دهد (Wang *et al.*, 2006) که با نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق همخوانی دارد. Hossel *et al.* (2003) نیز در طبقه‌بندی اقلیم‌های زیستی بریتانیا و ایرلند، از ۸۹ متغیر اقلیمی و زیست اقلیمی برای بازتاب محدودیت‌های توزیع گونه‌ها استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که پوشش گیاهی مناطق مختلف در ایرلند و بریتانیا با شرایط اقلیمی آن منطقه دارای ارتباط معنی‌دار است. طبقه‌بندی زیست اقلیمی منطقه نشان داد که تعداد تیپ‌های بیشتر در مناطق کوهستانی بازتاب تنوع زیستگاه‌ها در این مناطق است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. نتایج این بخش از تحقیق با پژوهش دیگر محققانی مانند (Argo & Houerou, 2004)، (Jorn *et al.*, 1998)، (Nakamura *et al.*, 2007) و فرمینی و مهدوی (۱۳۸۶) مطابقت دارد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که انتخاب متغیرهای اقلیمی متناسب با شرایط و ویژگی‌های اکولوژیک گونه‌های جنگلی استان و استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره، نقش مهمی در تعیین اثر عوامل اقلیمی مهم بر پراکنش گونه‌های جنگلی استان داشته است. این تحقیق کارایی هر چه بیشتر روش‌های آماری چند متغیره در تعیین شدت هر یک از عوامل اقلیمی در توزیع و پراکنش گونه‌های جنگلی را نشان می‌دهد.

با توجه به اهمیت زیاد این پژوهش‌ها در برنامه‌ریزی و مدیریت عرصه‌های منابع طبیعی، پیشنهاد می‌شود با استفاده از همین متغیرها، نسبت به اجرای این تحقیق در استان‌های دیگر کشور و کل کشور اقدام شود. به‌علت وسعت پراکنش این گونه‌های جنگلی در سطح استان و اهمیت زیاد آنها، پیشنهاد می‌شود رابطه متقابل این

همکاران (۱۳۸۵)، پنج عامل بارش، دمای گرمایشی، تابش، بارش بهاره و برودت خشک را بر پراکنش پوشش گیاهی حوضه آبخیز زاینده‌رود مؤثر دانستند که سه عامل آن با عوامل به‌دست آمده در این تحقیق مشابه است. امتیازات عاملی نشان می‌دهد، دمای گرمایشی مهم‌ترین عامل در پراکنش پوشش گیاهی استان چهارمحال و بختیاری است به‌نحوی که بیشترین درصد از تغییرات متغیرها را بازگو می‌کند. این عامل، بیشترین نمود را در قسمت‌های جنوب و جنوب غربی استان دارد عامل مهم بعدی، بارش است که بیشترین تأثیر را در پراکنش پوشش جنگلی قسمت‌های شمالی و غربی استان دارد. در نهایت، عامل تابش در مقایسه با دو عامل قبل، سهم کمتری را به خود اختصاص داده است. نتایج این بخش از تحقیق با پژوهش افرادی مانند (Jorn *et al.*, 1998) و حیدری و علیجانی (۱۳۷۸) مطابقت دارد.

نتایج این بررسی نشان داد که ویژگی‌های اقلیمی استان چهارمحال و بختیاری برای رویش گونه‌های برودار مساعد است. در شرایط کنونی نیز این گونه در مناطق جنگلی، گونه غالب محسوب می‌شود و سطح زیادی را به خود اختصاص می‌دهد. نتایج حاصل از تحلیل عاملی و بررسی امتیازات عاملی نشان داد که رویشگاه مناسب برای پراکنش تیپ برودار و گونه‌های همراه آن، رویشگاه‌های معتدل و نیمه‌مرطوب است.

به‌نظر می‌رسد عاملی که سبب محدودیت پراکنش تیپ برودار و وجود تیپ‌هایی مانند *Lonicera nummularifolia* (شن) و *Amygdalus sp.* (بادام) شده، افزایش ارتفاع و به‌دنبال آن کاهش دما بوده است، به‌نحوی که این تیپ را می‌توان گونه شاخص نواحی خشک سرد و کوهستانی به‌حساب آورد. به‌طور کلی وجود کوهستان‌های بلند سبب تفکیک بایوم‌ها به‌صورت عمودی می‌شود. بنابراین تغییرات ارتفاعی موجب تغییرات اقلیمی و در نهایت تغییر در نوع خاک و پوشش گیاهی محدوده و ظهور رویشگاه‌های کوهستانی در سطوح محدود با عنوان بایوم‌های کوهستانی می‌شود (Walter, 1985). در این منطقه نیز کوچک‌ترین واحد شناسایی شده با مساحت

فرمهبینی فراهانی، علی و محمد مهدوی، ۱۳۸۶. کاربرد گیاهان به‌عنوان شاخصی برای تفکیک طبقات اقلیمی، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۷۴: ۱۶۳-۱۶۹.

یغمایی، لیلا، سعید سلطانی و مرتضی خدافل، ۱۳۸۷. بررسی اثر عوامل اقلیمی بر گسترش درمنه دشتی و کوهی در استان اصفهان با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۴: ۳۷۱-۳۵۹.

Argo, L.E. & H. Houerou, 2004. An agro-bioclimatic classification of arid and semi arid lands in the isoclimatic mediteranian Zones, *Arid Land Research and Management*, 18(14): 301-346.

Crucifix, M., R.A. Betts & P.M. Cox, 2005. The role of vegetation in the distribution of vegetation, *Climate Dynamic*, 24: 447-459.

Hossel, J.E., A.E. Ridging, T.P. Dawson & D.A. Harrison, 2003. Bioclimatic classification for Britain and Ireland, *Journal for Nature Conservation*, 11(8): 5-13.

Jorn, B., A. Malmgren & A. Winter, 1998. Climate zonation in Puerto Rico based on principal component analysis and artificial neural network, *Journal of Climate*, 12(4): 977-985.

Morison, J.I & M. Morecroft, 2006. Plant growth and climate change, Biological science series. 237p.

Nakamura, Y., P.V. Krestov & M.O. Vladivostok, 2007. Bioclimate and zonal vegetation in Northeast Asia: first approximation to an integrated study, *Phytocoenologia*, 37(3-4): 443-470.

Nakawatase, J.M. & D.L. Peterson, 2006. Spatial variability in forest growth – climate relationships in the Olympic Mountains, Washington, *Canadian Journal of Forest Research*, 36: 77-91.

Retuerto, R. & R. Carballeira. 1992. A Use of direct gradient analysis to study the climate-vegetation relationships in Galicia, Spain, *Plant Ecology*, 101(2): 183-194.

Walter, H., 1985. Vegetation of the earth and ecological systems of geobiosphere, third edition. Springer, Heidelberg, 318pp.

Wang, X.P, Z.Y. Tang & J.Y. Fang, 2006. Climatic Control on Forests and Tree Species Distribution in the Forest Region of Northeast China, *Journal of Integrative Plant Biology*, 48(1): 778-789.

Woodward, F.I. & B.G. Williams, 1987, Climate and plant distribution at global and local scales, Cambridge study, 240pp.

گونه‌ها با عواملی مانند پراکندگی خاک‌ها و تشکیلات مختلف زمین‌شناسی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

## منابع

پریسای، بنفشه، ۱۳۸۷. بررسی تأثیر عناصر مهم اقلیمی در پراکنش گونه‌های گیاهی استان چهارمحال و بختیاری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ص ۱۲۰.

حیدری، حسن و بهلول علیجانی، ۱۳۷۸. طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چندمتغیره، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۷: ۵۷-۷۴.

خان حسنی، معصومه، عادل جلیلی، یحیی خداکرمی و احمد توکلی، ۱۳۷۶. معرفی برخی ویژگی‌های بوم‌شناختی و جنگلشناسی و مناطق جنگلی استان کرمانشاه، فصلنامه پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۲(۴): ۵۵۷-۵۸۴.

خدافل، مرتضی، محمدرضا کاویانی، سید ابوالفضل مسعودیان و غلامعلی کمالی. ۱۳۸۵. بررسی گیاه-اقلیم-شناختی حوضه زاینده‌رود، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۵۳: ۴۱-۷۰.

زارع چاهوکی، محمدعلی، ۱۳۸۰. بررسی رابطه چند گونه مرتعی با برخی از خصوصیات فیزیکی خاک در مراتع پشتکوه استان یزد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ص ۱۱۰.

سیدان، سیدجواد و فاطمه محمدی، ۱۳۷۶. روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۵: ۷۴-۱۰۹.

شرکت مهندسين مشاور یکم، ۱۳۷۶. مطالعات جامع احیاء و توسعه کشاورزی و منابع طبیعی حوضه‌های آبخیز زاینده‌رود و اردستان، جلد دهم، جنگل و بیشه‌زار، ص ۱۵۰.

شرکت مهندسين مشاور یکم، ۱۳۷۳. نقش پوشش گیاهی استان چهارمحال و بختیاری.

فرشادفر، عزت‌الله، ۱۳۸۰. اصول و روش‌های آماری چندمتغیره، انتشارات طاق بستان، دانشگاه رازی، ص ۷۳۴.

Yaghmaei, L., S. Soltani & M. Khodaghali, 2008.

Bioclimatic classification of Isfahan province using multivariate statistical methods, *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.1835, in press.

Archive of SID

## Effect of climatic factors on distribution of forest types using multivariate statistical methods

L. Yaghmaei<sup>\*1</sup>, M. Khodagholi<sup>2</sup>, S. Soltani<sup>3</sup> and R. Saboohi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Graduate, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, I.R.Iran.

<sup>2</sup>Scientific Member of Research Center of Agriculture and Natural Resources of Isfahan, I.R.Iran.

<sup>3</sup>Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, I.R.Iran.

<sup>4</sup>M.Sc. Graduate, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, I.R.Iran.

(Received: 27 January 2009, Accepted: 29 September 2009)

### Abstract

In order to determine the effect of climatic factors on the distribution of forest types in one of the western provinces of Iran, Charmahal, among 71 climatic elements effective in ecological conditions of forest species, 3 factors were selected using factor analysis method. The factors covering 91.82 percent of total variance included thermal temperature, rainfall and radiation. Finally, the effect of each factor as well as the primary climatic varieties on distribution of these species and the mean elevation of the plant types in each distribution class was determined. The results of factor analysis indicate that thermal temperature and rainfall are the most important factors in relation to distribution of forest species. Moreover it can be concluded that semi humid and moderate climatic zones are the best habitats for distribution of *Quercus brantii* and its associated species, which are the dominant forest types in Charmahal province. This study also suggests that the distribution of *Quercus brantii* and the appearance of *Lonicera nummularifolia* and *Amygdalus spp.* have been controlled by increasing altitude and decreasing temperature. On the other hand, these two types are found in cold and dry mountainous regions. In conclusion, the selection of climatic variables related to ecological condition of species is important in determining the effects of climatic factors on the distribution of forest types in Charmahal province.

**Key words:** Bioclimatic classification, Forest types, Multivariate statistical methods, Factor analysis.