

## تهیه نقشه پیش بینی پوشش گیاهی منطقه کوهستانی سبز کوه با استفاده از مدل رقومی ارتفاع زمین

◆ **شهربانو رحمانی\***؛ دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری دانشگاه شهرکرد

◆ **عطاالله ابراهیمی**؛ دکترای مرتعداری، عضو هیئت علمی گروه مرتع و آبخیز دانشگاه شهرکرد

◆ **علیرضا داودیان دهکردی**؛ دکترای زمین شناسی، عضو هیئت علمی گروه مرتع و آبخیز دانشگاه شهرکرد

### چکیده:

تعیین تیپ های گیاهی و تغییرات ساختاری آن در مناطق کوهستانی و مرتفع با مشکلات جدی همراه است. از این رو، تجزیه و تحلیل ارتباط بین الگوی توزیع مکانی تیپ های گیاهی و عوامل محیطی برای شناخت اکوسیستم های کوهستانی بسیار مهم است. در مورد عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش پوشش گیاهی معمولاً اطلاعات مکانی دقیقی در این مناطق با دما، رطوبت، فرایندهای ژئومورفولوژی و عوامل تخریبی (DEM) وجود ندارد، حال آنکه مدل رقومی ارتفاعی زمین رابطه بسیار قوی دارد. به همین دلیل، انتظار می رود جایگزین بالقوه ای برای متغیرهای تعیین کننده پوشش گیاهی باشد. در مطالعه حاضر، روشی مبتنی بر مدل رقومی ارتفاع زمین و سیستم های اطلاعات جغرافیایی برای تولید نقشه پوشش گیاهی منطقه حفاظت شده سبزکوه در استان چهارمحال و بختیاری به کار گرفته شد. در این روش به منظور شناسایی پارامترهای استخراج شده، شامل نقشه های DEM محیطی تعیین کننده ساختار پوشش گیاهی، شش پارامتر محیطی اولیه و ثانویه از روی هیپسومتر، شیب، جهت، بارش، دما و تابش خورشیدی. جهت بررسی ارتباط بین این عوامل و توزیع مکانی پوشش گیاهی، تجزیه و تحلیل کمی با استفاده از ابزار آماری آنالیز مؤلفه اصلی انجام شد. سپس، با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک چندمتغیره الگوی توزیع مکانی پوشش گیاهی پیش بینی شد. نتایج نشان داد هر چند فقدان اطلاعات در مورد گستره فعالیت های انسانی به برخی ابهامات در تفسیر الگوهای فضایی پوشش گیاهی می انجامد، استفاده از متغیرهای در پیش بینی پراکنش پوشش گیاهی برای نشان دادن الگوی توزیع مکانی DEM توپوگرافی و اقلیمی استخراج شده از روی تیپ های گیاهی منطقه بسیار مفید و امیدوارکننده است.

**واژگان کلیدی:** توزیع پوشش گیاهی، رگرسیون لجستیک، سبزکوه، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مدل رقومی ارتفاع زمین (DEM).

## مقدمه

یکی از مشکلاتی که همواره اکولوژیست‌ها به ویژه اکولوژیست‌های کاربردی همچون مرتعداران با آن مواجه‌اند تعیین رویشگاه‌های گیاهی، به ویژه در مناطق کوهستانی است. تعیین مناطق رویشی همگن از لحاظ ساختار یا ترکیب گیاهی که همان تیپ‌های گیاهی نامیده می‌شود همواره یکی از چالش‌های فراروی مرتعداران بوده است. این امر در مناطق کوهستانی که تنوع عوامل تأثیرگذار و به تبع آن ساختار پوشش گیاهی متنوع‌تر است به شکل جدی‌تری خودنمایی می‌کند. تجزیه و تحلیل عوامل زیستگاهی در شناخت الگوی توزیع مکانی پوشش تیپ‌های گیاهی خصوصاً در مناطق کوهستانی مرتفع نقش مهمی دارد. معمولاً عوامل محیطی مانند دما، ارتفاع، آب، مواد مغذی و عوامل مداخله‌گر، به ویژه موجودات زنده، به صورت ناهمگن در چشم‌انداز وجود دارد که در عرصه‌های با میکرواقلیم متفاوت تنوع مکانی زیادی دارد و پوشش گیاهی متفاوتی در پی خواهد داشت. در واقع، این امر منتج به بروز تیپ‌های گیاهی مختلفی در چشم‌انداز می‌شود که در مدیریت منابع طبیعی تفکیک آن‌ها از هم به عنوان واحدهای مدیریتی همگن اهمیت فراوانی دارد.

اولین مثال‌های منتشر شده در مورد پیش‌بینی نقشه‌های پوشش گیاهی را Kessell (1976, 1978), (1979) مطرح کرد و روشی به نام «مدلسازی گرادیانته» را معرفی نمود. آنالیز گرادیانته (شیب) تا حد زیادی توصیف و تفهیم توزیع پوشش‌های گیاهی را در پاسخ به یک یا چند متغیر محیطی یا گرادیانته زمانی پوشش می‌دهد. (Whittaker, 1973) هم‌زمان با این موضوع، (Hoffer and Staff, 1975) و (Strahler et al, 1978) ترکیب گیاهی جنگل‌های کوهستانی آمریکا را از طریق داده‌های رقومی توپوگرافی و با استفاده از روشی به نام «مدلسازی جنگل و بوم‌شناسی فیزیوگرافی» پیش‌بینی کردند. (Strahler et al, 1981) در خلاصه‌ای از کارشان در این منطقه بیان کردند: «اگر ترکیب گونه‌ای به طور

روش‌مند روی زمین تغییر کند، متغیرهای توپوگرافی برای بهبود پیش‌بینی ترکیب گونه‌ای از طریق استفاده صریح از مدل اکولوژی به کار می‌روند.»

Box (1981) پژوهش خود را در مورد مدلسازی تجربی توزیع فرم‌های گیاهی در مقیاس جهانی از طریق متغیرهای ماکروکلیماتی منتشر کرد. تقریباً یک دهه بعد از این کارهای اولیه، مطالعات زیادی در مورد پیش‌بینی نقشه‌های پوشش گیاهی انجام گرفت. این نقشه‌ها توزیع گونه‌ها (Lenihan, 1993 and Fels, 1994), جمعیت‌ها یا جامعه‌های گیاهی (Fischer, 1990 and Fels, 1994), تیپ‌های گیاهی (Brown, 1994 and Van Rijt et al, 1996) و دیگر ویژگی‌های پوشش گیاهی یا اکوسیستم‌ها را شامل ساختار یا فیزیونومی پوشش گیاهی (Mackey, 1994) توالی پوشش گیاهی (Lowell, 1991) و تنوع یا غنای گونه‌های گیاهی (Miller, 1986) پیش‌بینی می‌کنند.

تقریباً همه مطالعات پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی ویژگی‌های زمینی اولیه را متغیرهای پیش‌بینی‌کننده پوشش گیاهی استفاده کرده‌اند، مانند ارتفاع، جهت و شیب استخراج شده از نقشه DEM (Fischer, 1990, Miller, 1986, Davis & Goetz, 2006, Ritman, 1990, Lowell, 1991, Moore et al, 1991, Brown, 1991 and Accad & Neil, 1994). تعداد کمتری از مطالعات خصوصیات اولیه یا شاخص‌های مرکب را برای پیش‌بینی پوشش گیاهی در نظر گرفته‌اند، از جمله مساحت ویژه حوزه (Goetz & Davis, 1990, Moore et al, 1991 and Lees and Ritman, 1991)، شاخص رطوبت توپوگرافیک (Brown, 1994)، پتانسیل تابش خورشیدی (Goetz & Davis, 1990) و وضعیت دامنه (Fischer and Fels, 1994)، انحنای دامنه (Fels, 1994) و وضعیت دامنه (Moore et al, 1991 and Lees and Ritman, 1991).

همچنین، دیگر متغیرهای توپوگرافی نیز در پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی استفاده شده‌اند. این متغیرها عبارت‌اند از باد (Burke et al, 1989)، ناهمگنی

۳. تأثیر زاویه شیب و شیب تپه‌ها و وضعیت شبکه‌های آبراهه‌ای بر رطوبت خاک، تشکیل، تکامل و پایداری خاک، قابلیت نگهداری رطوبت، همچنین مواد مغذی در دسترس گیاه،

۴. تأثیر توپوگرافی بر توده‌های هوایی، میزان بارش، باد، دما و رطوبت (Frankline, 1995).

با توجه به موارد فوق، به نظر می‌رسد به نقش عوامل توپوگرافی در تفکیک پوشش گیاهی آنچنانکه شایسته است توجه جدی نشده است، چرا که توپوگرافی نماینده‌ای از عوامل فوق است که به طور جدی بر پراکنش و استقرار رویشگاه‌های طبیعی تأثیرگذار است. از این‌رو، هدف از این تحقیق آن است که امکان استفاده از متغیرهای توپوگرافی بررسی شود، از جمله، هیپسومتري، شیب، جهت شیب، نقشه بارش، نقشه دما و نقشه تابش خورشیدی استخراج شده از مدل رقومی ارتفاع زمین، در تعیین پوشش گیاهی منطقه کوهستانی سبزکوه با تأکید بر ساختار پوشش گیاهی.

### روش‌شناسی

#### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با وسعتی بالغ بر ۵۴۲۰۰ هکتار در ۱۳۵ کیلومتری مرکز استان چهارمحال و بختیاری بین طول‌های جغرافیایی ۲۳° ۳۷' ۵۰" و ۲۱° ۱۵' ۵۱" شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۳° ۲۹' ۳۱" و ۲۵° ۵۹' ۳۱" شمالی واقع شده است (شکل ۱). نقشه مدل رقومی ارتفاع زمین گویای حداقل ارتفاع ۱۱۲۰ و ارتفاع حداکثری ۳۸۷۰ متر از سطح دریاست. شرایط هواشناسی و اقلیمی محدوده سبزکوه بیشتر تحت تأثیر جریان‌های مدیترانه‌ای است. بخش جنوبی آن اقلیم خشک و سرد دارد و باقی آن نیمه‌خشک و سرد غالب است. به علت کوهستانی بودن منطقه سبزکوه و تغییرات ارتفاعی شدید، اقلیم آن بیشتر تحت تأثیر تغییرات ارتفاع است. از مشخصات بارز بارندگی در این منطقه بارندگی‌های با مدت و شدت نسبتاً زیاد و گسترش وسیع است. به دلیل عدم وجود ایستگاه باران‌سنجی در حوزه مورد

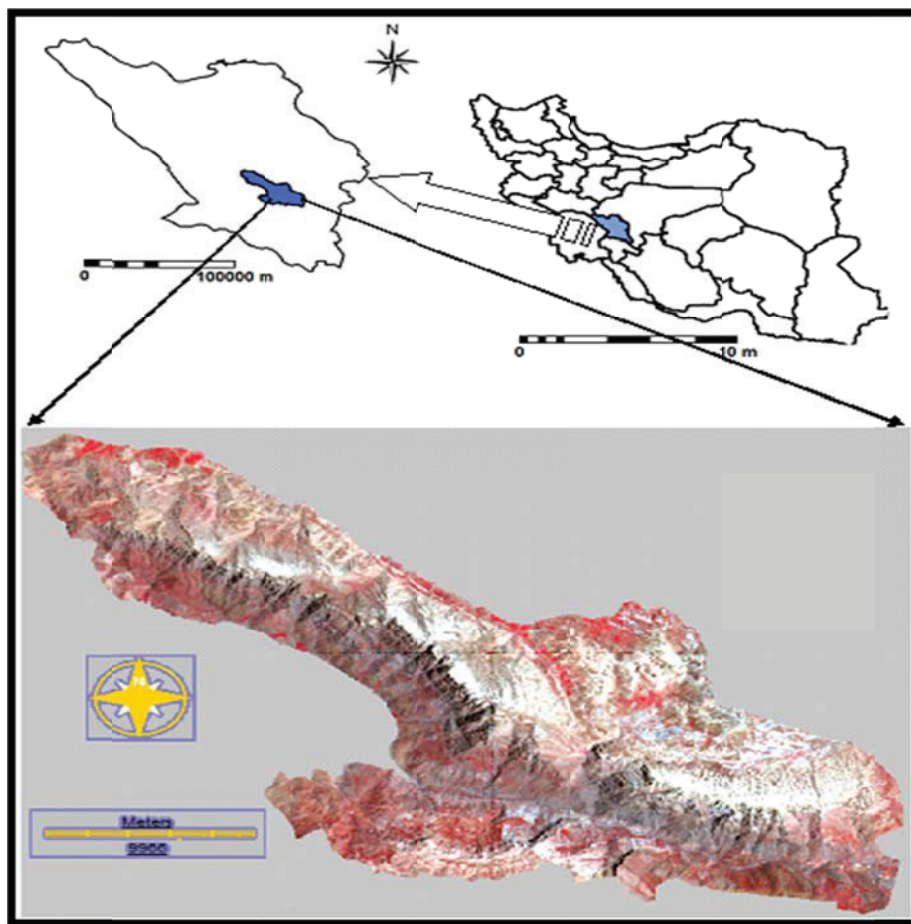
توپوگرافی (Richerson and Lum, 1980) و رواناب پیش‌بینی شده از طریق مدل هیدرولوژی (Ostendorf, 1993). Moore et al. (1991) داده‌های توپوگرافی را به دو دسته اولیه و ترکیبی تقسیم‌بندی کردند. خصوصیات اولیه مانند شیب یا زاویه دامنه، جهت شیب یا آزیموت، مساحت ویژه حوزه یا وضعیت شبکه زهکشی و انحنا دامنه به آسانی از روی مدل رقومی ارتفاع استخراج می‌شوند و با الگوی پوشش گیاهی در ارتباطند. شاخص‌های توپوگرافی ترکیبی که جایگزینی برای فرایندهای بیوفیزیکی یا فیزیکی پیچیده‌اند، شاخص‌هایی چون رطوبت توپوگرافی، پتانسیل تابش خورشیدی، وضعیت دامنه (Slope Position)، بارش و فرسایش را شامل می‌شوند.

Austin and Smith (1980) و Austin (1989) معتقدند سه نوع متفاوت از گرادیانتهای محیطی تعیین‌کننده پوشش گیاهی‌اند:

۱. گرادیانتهای غیرمستقیم: تأثیر فیزیولوژی مستقیمی بر رشد گیاهی ندارد (همچون شیب و جهت)،
۲. گرادیانتهای مستقیم: شامل متغیرهایی که تأثیر فیزیولوژی مستقیمی بر گیاهان دارند اما گیاهان مصرف نمی‌کنند (همچون درجه حرارت، pH)، و
۳. گرادیانتهای منابع غذایی: مواد و انرژی مصرفی گیاهان برای رشد (نور، آب، مواد مغذی، دی‌اکسید کربن، اکسیژن).

بسیاری از متغیرهایی که در این سه گروه جای می‌گیرند به نوعی به شکل مستقیم یا غیرمستقیم خود تحت تأثیر توپوگرافی یا متغیرهای مربوط‌اند. به بیانی دیگر، متغیرهای توپوگرافی به‌واسطه تأثیر بر موارد زیر بر توزیع پوشش گیاهی مؤثرند:

۱. تأثیر ارتفاع بر دما و بارندگی و تأثیر این دو عامل بر پوشش گیاهی،
۲. تأثیر زاویه شیب و جهت بر رژیم تابش، انرژی حرارتی دریافتی در طول روز و بنابراین رطوبتی که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد،



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه روی نقشه استان چهارمحال و بختیاری

**داده‌ها و ابزارهای مورد استفاده در این تحقیق**

- داده‌های رقومی و نقشه‌های آنالوگ توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور به تعداد ۱۳ شیت، واقع در دو بلوک رامهرمز (بلوک ۷۷) و بلوک بروجن (بلوک ۷۸). نقشه‌های رقومی منطقه پس از تفکیک از سایر نقشه‌ها تغییر فرمت یافت (از \*Dwg به \*Shp) و از نرم‌افزار Microstation 95 وارد نرم‌افزار ILWIS 3.7 شد. پس از تصحیح مشخصات ارتفاعی خطوط توپوگرافی، جهت تعیین مرز محدوده مطالعاتی، شناسایی منطقه و ثبت داده‌های زمینی و تهیه مدل رقومی ارتفاع زمین به کار رفت.

مطالعه، اطلاعات دقیق و جامعی در مورد پارامترهای هیدرولوژی منطقه وجود ندارد.

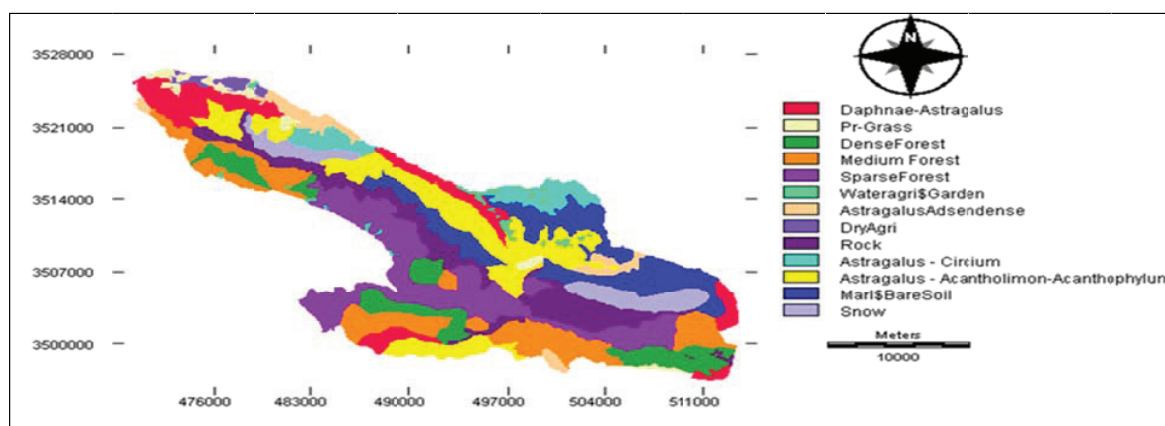
در منطقه سبزکوه بیشتر شیب‌های شمالی و شرقی دارای پوشش گیاهی مؤید رویشگاه نیمه‌استپی است. در شیب‌های جنوبی پوشش گیاهی رویشگاه جنگل‌های خشک و در ارتفاعات پوشش گیاهی رویشگاه مناطق آبی را می‌توان مشاهده کرد. تاکنون بالغ بر ۷۳ تیره گیاهی، ۲۸۵ جنس و ۴۳۳ گونه گیاهی در منطقه شناسایی شده است. (Asadi Borujeni & Ebrahimi, 2009) تنوع توپوگرافی، اقلیمی و نظایر آن باعث شده است رویشگاه‌های متفاوتی در منطقه رویش یابند.

بازدیدها، در مجموع موقعیت و مختصات ۸۶ محدوده بسته (پلی‌گون) واقعیت زمینی روی نقشه‌های آنالوگ توپوگرافی ترسیم شد. این نقشه‌ها اسکن، پذیرش (Image Registration) و زمین مرجع (Image Georeferencing) شدند. همچنین، نقشه پوشش گیاهی شرکت مشاور یکم و شرکت مشاور ورزبوم (به ترتیب در قالب مطالعات Integrative Restoration Plan and Development of Agriculture and Nature Bakhtiari Province, 2000, of Charmahal-va-Managerial plan of sabzkouh protected area, و 2002) تهیه شد و با استفاده از مشاهده و تفسیر چشمی جفت عکس‌های هوایی در زیر استریسکوپ، همچنین انجام بازدیدهای صحرایی مکرر، نقشه حاصل تصحیح و نقشه تپ‌های گیاهی و پوشش اراضی منطقه تهیه و نهایی شد (شکل ۲).

- آمار میانگین بلندمدت بارش و دمای ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی استان جهت تهیه نقشه پراکنش مکانی دما و بارش
- نرم‌افزارهای پردازش مکانی و آماری از جمله IDRISI Andes (ver. 15)، Arc GIS 9.3، PCORD و SPSS (ver.18.0)، Microstation 95، ILWIS 3.7 جهت تهیه نقشه‌های مورد نیاز و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها.

#### مطالعات میدانی و تهیه نقشه پوشش گیاهی

عملیات برداشت زمینی در دو تاریخ ۸۸/۳/۲۷ و ۸۸/۳/۲۱ به منظور تعیین ترکیب و ساختار پوشش گیاهی منطقه، همچنین بررسی و شناسایی عوارض و پدیده‌های موجود در منطقه از جمله اراضی کشاورزی، اراضی لخت و مارن‌ها، شبکه راه‌ها و رودخانه‌ها انجام شد. طی این



شکل ۲. نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه، اقتباس از نقشه شرکت مشاور یکم و مشاور ورزبوم (طرح جامع احیا و توسعه کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، ۱۳۷۹ و طرح مدیریت منطقه حفاظت شده سبزکوه، ۱۳۸۱) و تصحیح شده به روش تفسیر بصری استریسکوپ

متر، ۱۲۵۰-۲۵۰۰، ۲۵۰۰-۳۵۸۰ و بیش از ۳۵۸۰ متر تفکیک شد. این طبقات، بر اساس ارزیابی‌های قبلی پوشش گیاهی، با توزیع پوشش گیاهی در منطقه کوهستانی سبزکوه بیشترین ارتباط را داشت (Managerial plan of sabzkouh protected area, 2002).

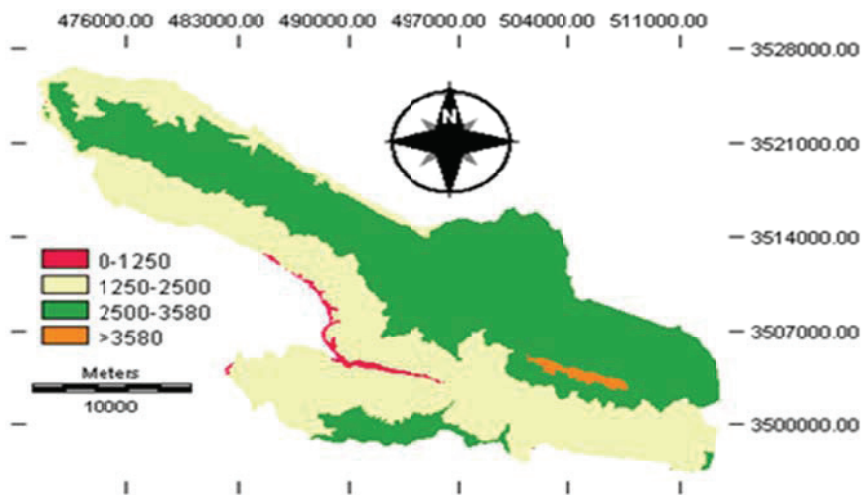
#### تهیه نقشه هیپسومتری

از نقشه‌های توپوگرافی رقومی مدل رقومی ارتفاع زمین (DEM) با قدرت تفکیک ۶۰ متر تهیه شد. این نقشه به صورت داده پیوسته (مدل رقومی ارتفاع) است. همچنین، ارتفاع به صورت چهار دامنه گسترده ۰-۱۲۵۰

جدول ۱. طبقات تیپ‌های گیاهی و پوشش زمین در منطقه مورد مطالعه، حاصل از بازدیدهای میدانی

تعداد طبقات	طبقات پوشش زمین و تیپ‌های گیاهی
۱	Daphne macronata-Astragalus adscendens
۲	Prenail Grasses (Agropyron trichophorum, Bromus tomentellus, Dactylis glomerata, Festuca ovina)
۳	Dense Forest (Quercus brantii, Pistatia atlantica, Acer monspessulanum)
۴	Medium Forest (Quercus brantii, Pistatia atlantica, Acer monspessulanum)
۵	Sparse Forest (Quercus brantii, Pistatia atlantica, Acer monspessulanum)
۶	Agriculture&Garden
۷	Astragalus adscendens
۸	Dry Farming
۹	Rock
۱۰	Astragalus adscendens- CIRCUM bracteosum
۱۱	Astragalus morinus -Acantholimon festucaceum - Acanthophyllum bracteatum
۱۲	Marl-Baresoil
۱۳	Snow

\* جنگل مترکم جنگلی است دارای پوشش درختی و درختچه‌ای بیش از ۹۰ درصد.  
 \*\* جنگل متوسط جنگلی است با پوشش درختی و درختچه‌ای بین ۵۰ تا ۹۰ درصد.  
 \*\*\* جنگل تنک جنگلی است با پوشش درختی و درختچه‌ای کمتر از ۵۰ درصد.



شکل ۳. نقشه طبقات ارتفاعی منطقه سبزکوه



## تهیه نقشه شیب

نقشه شیب بر حسب درجه و به عنوان حداکثر نرخ تغییر زاویه‌ای در ارتفاع، برای هر پیکسل، از روی نقشه DEM و با استفاده از توابع استاندارد در سیستم اطلاعات جغرافیایی محاسبه شد.

سپس، نقشه طبقات شیب با طبقات شیب متفاوت (United States Geological Survey USGS-NPS, 2006)، مناطق با شیب خیلی تند (بیشتر از ۳۵ درجه)، زمین‌های با شیب متوسط (۲۴ تا ۳۵ درجه)، مناطق با شیب ملایم (۶ تا ۲۴ درجه) و مناطق با شیب کم (مناطق مسطح) (>۶ درجه) تهیه شد.

جدول ۲. طبقات جهات اصلی شیب مورد استفاده

شماره طبقه	جهت هر طبقه	علامت	فواصل کلاسه‌بندی
۱	شمال	N	۴۵-۰
۱	شمال	N	۳۶۰-۳۱۵
۲	شرق	E	۱۳۵-۴۵
۳	جنوب	S	۲۲۵-۱۳۵
۴	غرب	W	۳۱۵-۲۲۵

## تهیه نقشه جهت شیب

نقشه جهت با استفاده از روال استاندارد در سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد، که در واقع تفکیک جهت شیب به درجه طبق جهت‌های قطب‌نماست (۰-۳۶۰ درجه). سپس، مطابق رابطه ۱، تبدیل کسینوس انجام شد (Franklin, 2000). دامنه مقادیر این پارامتر بین (۱ تا -۱) بود، به طوری که به دامنه‌های ۵۰ درجه (با پاسخ بهینه به پوشش گیاهی) ارزش ۱ و به دامنه‌های با عرض ۹۰ درجه ارزش ۰ و به دامنه‌های جنوب غربی ارزش -۱ داده می‌شود.

$$\text{Swness} = \text{Cosin}(\text{Aspect}-225) \quad \text{رابطه ۱.}$$

از طرفی، برای تهیه متغیر گسسته نقشه طبقات در طبقه چهار جهات اصلی به شرح مندرج در جدول ۲ طبقه‌بندی شد.

## تهیه نقشه بارش

به علت عدم وجود ایستگاه‌های هواشناسی و باران‌سنجی در منطقه مورد مطالعه، آمار بلندمدت بیش از ۴۶ ایستگاه سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی

استان تهیه شد. سپس، رابطه رگرسیونی بین بارش و متغیرهای ارتفاع و طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها (به دلیل تأثیرپذیری از جهت مدیترانه‌ای) با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ محاسبه شد. بهترین برازش بین متغیرهای فوق و بارش ( $72/0 = 2R$ ) مطابق رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه ۲

$$=P14679 + (0/007X) + (-0/003Y) + (0/109H)$$

$P$  = بارش (میلی‌متر)،  $H$  = ارتفاع از سطح دریا (متر)،  
 $X$  = مقدار عرض جغرافیایی در سیستم UTM (متر) و  
 $Y$  = مقدار طول جغرافیایی در سیستم UTM (متر).

سپس، با تبدیل فرمت نقشه مدل رقومی ارتفاع از حالت رستری به صورت XYZ و معرفی معادله رگرسیونی به این جدول، میزان بارش برای هر پیکسل برآورد شد. سرانجام، این جدول مجدداً به نقشه‌ای رستری تبدیل شد و نقشه بارش با دامنه تغییرات بین ۷۸۲-۳۴۰ میلی‌متر به صورت متغیر پیوسته تهیه و استفاده شد. طبقات بارش در جدول ۳ معرفی شده است.

جدول ۳. طبقات نقشه بارش

شماره طبقات	فواصل بین طبقات
۱	<۵۰۰
۲	۵۰۰-۶۰۰
۳	۶۰۰-۷۰۰
۴	>۷۰۰

جدول ۴. طبقات نقشه دما

شماره طبقات	فواصل بین طبقات
۱	-۵-۰
۲	۰-۵
۳	۵-۱۰
۴	۱۰-۱۵
۵	>۱۵

**تهیه نقشه دما**

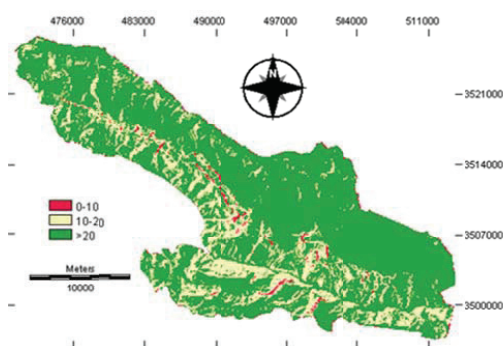
جهت تهیه این نقشه نیز، پس از اینکه رابطه رگرسیونی بین ارتفاع و میانگین دمای سالانه بلندمدت ایستگاه‌های مجاور منطقه مورد مطالعه برآورد شد (رابطه ۳)، نقشه مدل رقومی ارتفاع از حالت رستری به صورت XYZ تبدیل و با معرفی داده‌های ارتفاع به معادله رگرسیونی در اکسل، مقادیر دما برای هر پیکسل برآورد شد. سرانجام، این جدول با استفاده از دستورهای نرم‌افزار Idrisi-

Andes به فرمت رستر تبدیل شد و نقشه رستری دما با دامنه مقادیر بین ۱۹-۲،۷- درجه سانتی‌گراد به دست آمد.

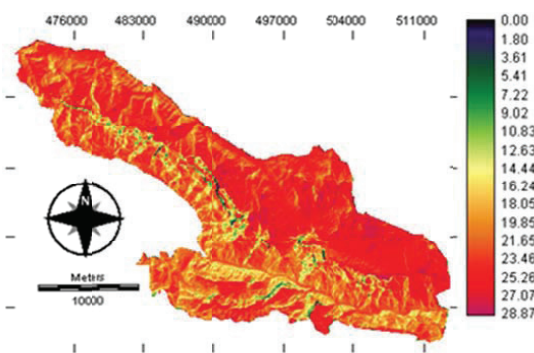
$$T = 28/12 + (-0/008H) \quad \text{رابطه ۳}$$

T = درجه حرارت (سانتی‌گراد) و H = ارتفاع از سطح دریا.

سپس، نقشه طبقه‌بندی شده دما مطابق با طبقات ذکر شده در جدول ۴ تهیه شد.



(ب)



(الف)

شکل ۴. نقشه تابش خورشیدی (الف) و طبقات تابش خورشیدی (ب) منطقه سبزکوه

**تهیه نقشه تابش خورشیدی**

جزء کلیدی در اقلیم‌شناسی سطح زمین تابش ورودی و خالص خورشید است. جدای از تأثیر مستقیم ابرها در میزان تابش خورشیدی، تعیین‌کننده اصلی تابش خورشیدی در یک مکان در سطح زمین، توپوگرافی (شامل موقعیت جغرافیایی) است. تغییرپذیری در

ارتفاع، شیب و جهت به گرادیان بالایی در تابش ورودی و خالص خورشید می‌انجامد. پاسخ پوشش گیاهی به این گرادیان اغلب با توزیع پوشش گیاهی در شیب‌های شمالی و جنوبی نشان داده می‌شود. اخیراً، پیشرفت‌های زیادی در مدلسازی تأثیر توپوگرافی بر تابش ورودی و خالص خورشیدی ایجاد شده است. در این مطالعه نیز



### -پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی

جهت پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی از متغیرهای محیطی پیوسته، داده‌های ورودی مستقل به کاررفت. همچنین، نقشه طبقه‌بندی‌شده پوشش گیاهی، متغیر وابسته برای ساخت مدل آماری رگرسیون چندمتغیره لجستیک استفاده شد. جهت انجام این امر متغیرهای محیطی پیوسته گروه‌بندی شدند. سپس، به نرم‌افزار معرفی و مدل آماری با روش نمونه‌برداری با طبقات تصادفی و با استفاده از ۲۵ درصد داده‌ها تشکیل شد. از مدل آماری حاصل، نقشه پوشش گیاهی تهیه و با نقاط نمونه‌برداری واقعی یا همان واقعیات زمینی (Ground Truth) مقایسه آماری شد.

### نتایج

آنالیز مؤلفه‌های اصلی روی سیزده تپ گیاهی و پوشش زمینی موجود در منطقه مورد مطالعه بر اساس ۲۴ طبقه عامل محیطی انجام گرفت که از شش نقشه شیب، جهت شیب، هیسومتری، دما، بارش و تابش خورشیدی استخراج شد. نتایج نشان داد شش مؤلفه اصلی اول مجموعاً ۹۸/۰۰۴ درصد از واریانس ویژگی‌های مورد بررسی را پوشش دادند (جدول ۵)، به‌طوری که مؤلفه اصلی اول، دوم، سوم و چهارم

نقشه تابش خالص خورشیدی، از مدل رقومی ارتفاع زمین و با معرفی عرض جغرافیایی و ویژگی‌های زمان تصویربرداری داده ماهواره‌ای، به صورت یک ساعته و بر حسب وات/ مترمربع تهیه شد. همچنین، نقشه طبقه‌بندی شده این پارامتر در فواصل طبقاتی ۱۰-۰، ۲۰-۱۰ و ۲۰< وات/ مترمربع تهیه شد.

### -تعیین ارتباط بین فاکتورهای محیطی با توزیع پوشش گیاهی

به منظور تعیین ارتباط بین فاکتورهای محیطی با توزیع پوشش گیاهی، هر یک از نقشه‌های طبقه‌بندی شده شامل نقشه‌های هیسومتری، شیب، جهت، بارش، دما و تابش خورشیدی به‌طور جداگانه با نقشه پوشش گیاهی ادغام شدند. نتیجه حاصل از هر ادغام به صورت ماتریسی است که ستون‌های این ماتریس طبقات متغیر محیطی و ردیف‌ها طبقات پوشش زمینی است. عناصر این ماتریس نشان‌دهنده میزان مساحت نسبی هر تپ گیاهی بر حسب هکتار است که به هر طبقه متغیر محیطی تعلق دارد. در مرحله بعد، این اطلاعات به صورت ماتریس مورد نیاز برای آنالیز آماری PCA جهت تعیین ارتباط بین آن‌ها تهیه شد و در نهایت با استفاده از نرم افزار PC-ord تجزیه و تحلیل صورت گرفت.

جدول ۵. جزئیات مدل حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی عوامل محیطی مؤثر بر توزیع پوشش زمین در منطقه سبزکوه

محور	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی	ضریب Broken-Stick
۱	۹/۴۳۰	۳۹/۲۹۳	۳۹/۲۹۳	۳/۷۷۶
۲	۷/۰۷۱	۲۹/۴۶۳	۶۸/۷۵۶	۲/۷۷۶
۳	۳/۰۹۲	۱۲/۸۸۲	۸۱/۶۳۸	۲/۲۷۶
۴	۱/۷۱۰	۷/۱۲۷	۸۸/۷۶۵	۱/۹۴۳
۵	۱/۳۳۷	۵/۵۷۱	۹۴/۳۳۶	۱/۶۹۳
۶	۰/۸۸۰	۳/۶۶۸	۹۸/۰۰۴	۱/۴۹۳
۷	۰/۲۳۴	۰/۹۷۵	۹۸/۹۷۹	۱/۳۲۶
۸	۰/۰۸۹	۰/۳۷۳	۹۹/۳۵۲	۱/۱۸۳
۹	۰/۰۷۸	۰/۳۲۶	۹۹/۶۷۷	۱/۰۵۸
۱۰	۰/۰۶۵	۰/۲۷۱	۹۹/۹۴۹	۰/۹۴۷

به ترتیب ۳۹/۲۹، ۲۹/۴۶، ۱۲/۸۸ و ۷/۱۲ درصد از تغییرات عوامل مورد بررسی را نشان دادند. چنانچه در جدول ۵ مشاهده می‌گردد، مقادیر محورها تا حداقل محور سوم قابل تفسیر است.

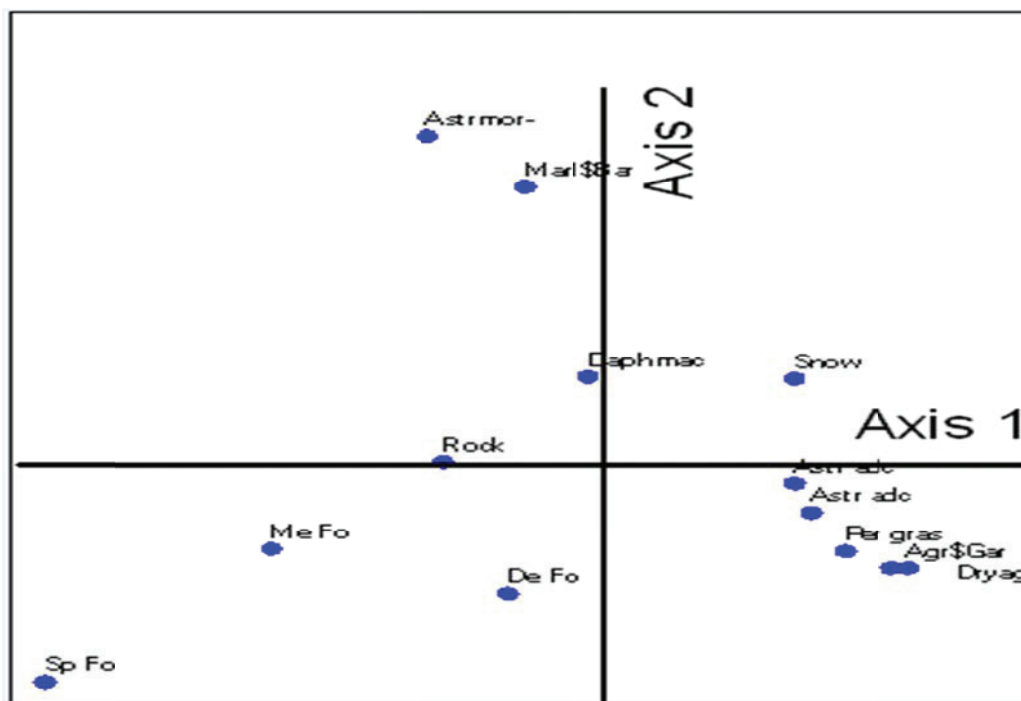
همچنین، مقادیر بردار ویژه (Eigenvector) هر یک از عوامل محیطی مؤثر بر توزیع تیپ‌های گیاهی روی هر یک از محورهای شش‌گانه اول و حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶. نتایج مقدار ویژه برداری هر یک از عوامل محیطی بررسی شده و حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) (نام مختصر هر یک از عوامل محیطی حد بالای آن طبقه را نشان می‌دهد)

خلاصه مدل								
ردیف	عوامل محیطی		محورها					
			۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱	AspN	جهت شمال	-۰/۱۵۴۸	۰/۲۴۶۳	۰/۰۸۲۷	۰/۰۳۳۵	۰/۴۲۱۷	-۰/۱۵۳۷
۲	AspE	جهت شرق	-۰/۱۹۸۳	۰/۲۵۶۱	۰/۱۶۷۳	۰/۱۵۷۹	-۰/۰۳۱۵	-۰/۱۰۲۳
۳	AspS	جهت جنوب	-۰/۳۰۲۴	-۰/۰۴۸۳	-۰/۰۹۸۹	-۰/۰۶۶۷	-۰/۱۵۸۱	۰/۰۴۷۴
۴	AspW	جهت غرب	-۰/۳۱۰۳	۰/۰۲۰۹	-۰/۰۸۵۰	-۰/۰۵۱۵	-۰/۱۴۵۸	۰/۰۸۷۰
۵	Slp۶	شیب ۰-۶ درجه	-۰/۰۷۲۱	۰/۲۵۳۲	۰/۰۷۷۵	-۰/۴۲۳۶	-۰/۰۳۰۳۶	-۰/۱۴۹۰
۶	Slp۲۴	شیب ۶-۲۴ درجه	-۰/۱۶۵۲	۰/۲۸۷۸	۰/۱۷۹۲	-۰/۱۱۴۴	۰/۱۳۶۴	۰/۰۳۴۷
۷	Slp۳۵	شیب ۲۴-۳۵ درجه	-۰/۳۰۲۷	۰/۰۳۸۰	۰/۰۸۶۷	۰/۱۹۵۱	۰/۱۴۹۵	-۰/۰۱۵۴
۸	Slp>۳۵	شیب <۳۵ درجه	-۰/۲۶۰۲	-۰/۰۹۱۳	-۰/۲۷۶۷	۰/۰۱۳۶	-۰/۲۰۱۸	-۰/۰۵۵۵
۹	Hyp۱۲۵۰	ارتفاع ۰-۱۲۵۰	-۰/۱۹۶۴	-۰/۱۶۲۶	۰/۰۷۲۷	-۰/۲۸۵۸	۰/۰۵۱۸	۰/۵۶۱۶
۱۰	Hyp۲۵۰۰	ارتفاع ۱۲۵۰-۲۵۰۰	-۰/۲۶۲۹	-۰/۲۰۲۲	۰/۰۴۷۱	۰/۰۸۹۰	۰/۰۹۹۵	-۰/۱۲۱۷
۱۱	Hyp۳۵۸۰	ارتفاع ۲۵۰۰-۳۵۸۰	-۰/۰۷۴۱	۰/۳۵۶۸	-۰/۰۳۸۹	-۰/۰۷۱۶	-۰/۱۰۵۹	۰/۰۷۳۳
۱۲	Hyp>۳۵۸۰	ارتفاع <۳۵۸۰	۰/۰۲۰۶	۰/۰۵۲۲	-۰/۵۱۳۷	-۰/۱۲۲۴	۰/۳۱۱۸	-۰/۰۰۳۸
۱۳	Tem۰	درجه حرارت ۰-۵	۰/۰۲۳۵	۰/۰۶۷۶	-۰/۴۹۴۳	-۰/۱۶۰۴	۰/۳۴۳۸	-۰/۰۱۷۵
۱۴	Tem۵	درجه حرارت ۵-۱۰	-۰/۰۵۰۴	۰/۳۲۲۱	-۰/۰۳۹۲	-۰/۳۵۵۸	-۰/۰۳۸۱	-۰/۱۴۲۹
۱۵	Tem۱۰	درجه حرارت ۱۰-۱۵	-۰/۱۰۸۶	۰/۱۷۳۲	-۰/۰۲۴۹	۰/۵۵۱۷	-۰/۱۶۰۳	۰/۳۴۶۰
۱۶	Tem۱۵	درجه حرارت ۱۵-۲۰	-۰/۲۲۱۶	-۰/۱۹۸۳	۰/۰۳۰۳	۰/۱۴۳۳	۰/۰۹۹۹	-۰/۴۷۸۳
۱۷	Tem>۱۵	درجه حرارت <۱۵	-۰/۲۴۵۶	-۰/۱۸۷۹	۰/۰۸۵۳	-۰/۱۸۹۶	۰/۱۱۰۹	۰/۲۹۵۵
۱۸	Preci۵۰۰	بارش ۰-۵۰۰	-۰/۲۵۵۲	-۰/۲۰۲۸	۰/۰۶۸۳	-۰/۰۰۳۱	۰/۱۷۳۳	-۰/۱۷۷۸
۱۹	Preci۶۰۰	بارش ۵۰۰-۶۰۰	-۰/۲۹۵۵	-۰/۱۰۹۸	۰/۰۵۳۲	-۰/۱۶۰۶	۰/۰۲۵۳	۰/۰۸۹۴
۲۰	Prec۷۰۰	بارش ۶۰۰-۷۰۰	-۰/۱۲۳۶	۰/۳۳۲۲	-۰/۰۲۳۲	۰/۱۰۶۶	-۰/۱۲۷۴	-۰/۱۲۲۳
۲۱	Prec>۷۰۰	بارش <۷۰۰	-۰/۰۴۵۷	۰/۲۶۳۷	-۰/۲۶۴۵	۰/۲۶۴۰	۰/۲۱۴۷	۰/۲۵۳۵
۲۲	Solar۱۰	تابش ۰-۱۰	-۰/۱۰۲۹	-۰/۰۴۴۲	-۰/۴۲۳۸	۰/۰۵۹۵	-۰/۴۵۸۹	-۰/۰۷۷۵
۲۳	Solar۲۰	تابش ۱۰-۲۰	-۰/۲۷۳۸	-۰/۱۴۰۲	-۰/۱۷۵۴	۰/۰۴۷۸	-۰/۰۶۷۳	-۰/۱۰۹۰
۲۴	Solar>۲۰	تابش <۲۰	-۰/۲۵۲۷	۰/۲۲۱۹	۰/۱۰۰۳	-۰/۰۲۰۸	۰/۰۶۵۳	۰/۰۲۳۹

با وجود این، تا حدودی می‌توان گفت، با توجه به جدول ۶، به ترتیب فاکتورهای شیب در جهت غرب (Aspw)، شیب بین ۲۴-۳۵ درجه (Slp35)، جهت جنوب (Asps)، بارش با میانگین ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر (Prci600)، تابش با میانگین ۱۰ تا ۲۰ وات بر مترمربع (Solar20) و طبقه ارتفاعی ۱۲۵۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا (Hyp2500) بیشترین مقدار تأثیرگذاری را بر محور ۱ داشته‌اند. روی محور ۲ بیشترین عوامل تأثیرگذار (Eigenvector) را طبقه ارتفاعی ۲۵۰۰

چنانچه در جدول ۶ مشاهده می‌گردد، هیچ پارامتر محیطی همبستگی بسیار بالایی با یکی از مؤلفه‌ها نشان نداد. می‌توان نتیجه گرفت تقریباً تمامی متغیرهای توپوگرافی تا حدودی یکنواخت بر پراکنش کلی پوشش گیاهی تأثیرگذار است. نتیجه دیگری که تا حدودی از این نتایج می‌توان گرفت این است که در منطقه مورد مطالعه، توزیع مکانی تیپ‌های پوشش گیاهی به طور بارزی از متغیرهای مورد بررسی تبعیت ندارد.



شکل ۵. چگونگی تأثیر هر یک از مقادیر ویژه برداری (Eigenvector) عوامل محیطی در فضای دو بعدی بین محورهای ۱ و ۲ از تجزیه مؤلفه‌های اصلی

بر مترمربع (Solar10) تأثیرگذارترین عوامل محیطی بودند که بر جداسازی تیپ‌های گیاهی و پوشش اراضی روی محور ۳ نقش داشتند.

همچنین، از جمله عواملی که بیشترین اثرگذاری را در تفکیک تیپ‌های گیاهی روی محور ۴ داشتند می‌توان به مواردی همچون درجه حرارت با میانگین ۵ تا ۱۰ سانتی‌گراد (Tem10)، شیب با میانگین ۰ تا ۶

تا ۳۵۸۰ متر از سطح دریا (Hypm3580)، بارش با میانگین ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر (Pre700)، درجه حرارت با میانگین ۰ تا ۵ سانتی‌گراد (Tem5) و شیب بین ۶ تا ۲۴ درجه (Slp24) تشکیل دادند.

طبقه ارتفاعی بزرگتر از ۳۵۸۰ متر از سطح دریا ( $Hyp < 3580$ )، درجه حرارت با میانگین ۰ تا ۵ درجه سانتی‌گراد (Tem0)، و تابش با میانگین ۰ تا ۱۰ وات

جدول ۷. موقعیت مکانی هریک از تیپ‌های گیاهی/ پوشش زمینی مورد بررسی روی محورهای حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)

محور ۱	محور ۲	محور ۳	محور ۴	محور ۵	محور ۶	علایم اختصاری تیپ گیاهی و پوشش زمین
۰/۱۸۶۲	۱/۵۵۰۲	۰/۲۸۹۲	۲/۶۱۴۷	۰/۳۴۰۶	۱/۱۱۰۵	Daph mac-Astr adc
۲/۹۱۳۹	-۱/۵۰۱۶	۰/۲۳۱۵	-۰/۰۷۸۴	-۰/۱۸۶۸۰	-۰/۰۶۶۴	Per grasses
-۱/۱۵۹۸	-۲/۲۴۲۸	۰/۸۴۵۷	۰/۵۷۶۱	۱/۰۸۶۲	-۱/۷۷۳۵	De Fo
-۳/۹۹۹۹	-۱/۴۵۰۵	۰/۶۳۴۸	۱/۴۰۸۶	۰/۳۱۸۷	-۱/۵۲۴۹	Me Fo
-۶/۷۴۰۱	-۳/۷۶۷۱	۰/۷۲۴۰	-۱/۶۵۲۱	۰/۳۱۵۹	۱/۶۷۲۴	Sp Fo
۳/۴۵۵۵	-۱/۷۸۸۴	۰/۵۹۲۰	-۰/۴۱۵۵	-۰/۵۳۱۸	۰/۵۱۵۰	Agr\$Gar
۲/۴۸۱۳	-۰/۱۸۱۷۷	۰/۶۶۹۰	۰/۰۳۰۱	-۰/۵۰۳۷	-۰/۰۰۴۲	Astr Adc
۳/۶۷۶۶	-۱/۸۰۲۱	۰/۶۰۵۳	-۰/۳۸۷۹	-۰/۴۴۱۸	-۰/۰۵۱۴	Dryagri
-۱/۹۲۶۵	۰/۰۵۲۱	-۵/۰۹۹۷	۰/۱۰۵۵	-۱/۹۰۷۶	-۰/۳۱۶۸	Rock
۲/۲۸۶۸	-۰/۳۲۵۹	۰/۷۹۶۲	۰/۳۸۸۳	-۰/۱۰۴۵	۰/۵۳۵۱	Astr Adc-Cir brac
-۲/۱۴۶۵	۵/۷۳۶۷	۱/۰۰۶۹	۱/۱۳۵۰	-۰/۲۸۰۵	۰/۶۰۵۹	Astrmor-Acalimon fes
						Acaphylum brac
-۰/۹۴۳۹	۴/۸۵۲۲	۱/۴۴۵۱	-۲/۷۶۷۲	-۰/۶۲۸۷	-۰/۹۳۰۵	Marl\$Baresoil

متغیر وابسته و ستون‌های حاوی نتایج ناشی از پیش‌بینی است که رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای مدل را شامل می‌شود و با استفاده از روش حداکثر احتمال برآورد شده‌اند.

چنانچه در جدول مشاهده می‌شود دقت پیش‌بینی تیپ‌های گیاهی و پوشش اراضی به ترتیب از بیشترین به کمترین دقت، مربوط به طبقات، Sparse Forest، Astragalus morinus-Acantholimon festucaceum-Acanthophyllum bracteatum، Marl&Baresoil، Dry Agriculture، Rock، Daphne mucronata - Astragalus adscendense، Medium Forest، Snow، Agriculture&Garden، Dense Forest، Astragalus adscendense- Cirsium bracteosum، به Perennial grasses و Astragalus adscendense ترتیب با مقادیر ۰/۲۷، ۵۰/۷۲، ۷۰/۷۱، ۶۹/۷۱، ۵۹/۴۴، ۴۵/۰۳، ۰/۲۵، ۳/۱۳، ۱۳/۷۵، ۲۰/۶۳، ۲۵/۱۸، ۳۹/۶۲، ۴۰/۹۳ و درصد است. دقت کل این پیش‌بینی ۴۷/۰۸ درصد است.

درجه (Slp6) و درجه حرارت با میانگین ۰ تا ۵ درجه سانتی‌گراد (Tem5) اشاره کرد.

موقعیت مکانی هر یک از تیپ‌های گیاهی روی محورهای حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی در جدول ۷ آمده است. همان‌طور که جدول نشان می‌دهد در مؤلفه اول تیپ اراضی جنگلی تنک بیش از بقیه طبقات تحت تأثیر جهت منفی محور است، در حالی که اراضی دیم بیش از بقیه تحت تأثیر جهت مثبت محور است. به عبارت دیگر، تیپ‌های جنگلی، به‌ویژه طبقه جنگل تنک، ارتباط بسیار زیادی با جهت منفی محور اول دارد. در حالی که طبقه اراضی دیم ارتباط زیادی با جهت مثبت محور اول دارد. محور اول در جداسازی تیپ‌های جنگلی از تیپ‌های مرتعی نقش بسزایی دارد؛ یعنی، تیپ‌های جنگلی تحت تأثیر عوامل تأثیرگذار بر محور اول اما در جهت منفی محورند.

#### نقشه پیش‌بینی پوشش گیاهی

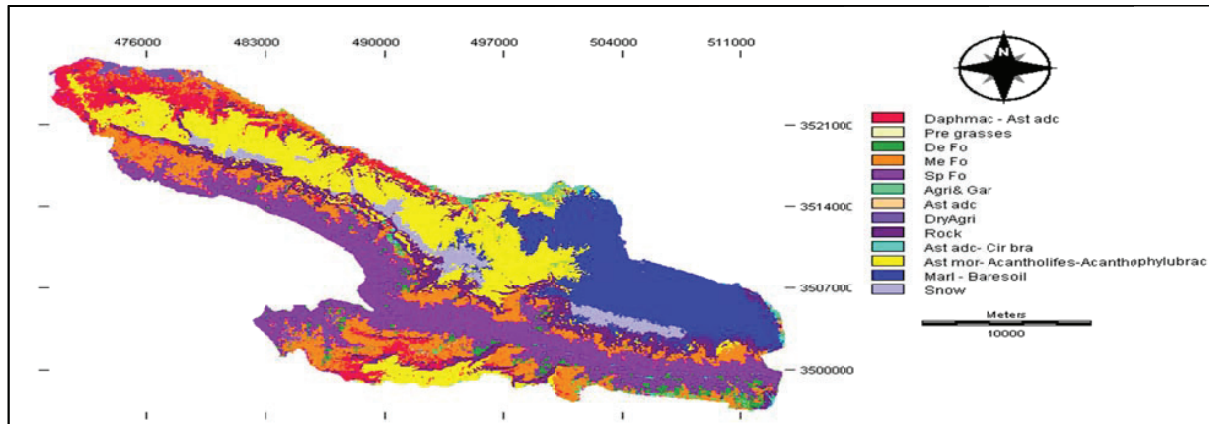
همان‌گونه که جدول ۸ نشان می‌دهد، ردیف‌ها حاوی

جدول ۸. ماتریس حاصل از متغیرهای پاسخ مشاهده شده و پیش‌بینی شده

نقشه پیش‌بینی شده

طبقات	Da mac- Ast adc	Per gras	De Fo	Me Fo	Sp Fo	Astr adc	Agr& Gar	Dry Agri	Roc	Astr adc	Asrmo Acali fes	Mar\$Bar	Sno	درصد صحت
Daph mac- Ast adc	۵۳۵۳	۱	۱۴۵	۱۲۸۸	۱۵	۲۱۴	۲۹	۶۶	۱۶۳۴	۱۸۸	۳۳۰۹	۸۱۱	۰	۴۰/۹۳
Per grass	۷۶۹	۷	۲۶	۷۵۱	۲۴	۱۰۴	۰	۲۸۴	۱۴	۱	۸۱۸	۰	۰	۰/۲۵
De Fo	۴۱۷	۹	۱۷۰۷	۴۲۲۷	۵۰۶۷	۱۹۵	۰	۲۰۷	۵۵۹	۸	۱۴	۰	۰	۱۳/۷۵
Me Fo	۱۴۵۹	۲۷	۱۰۵۲	۷۹۷۰	۶۸۱۳	۱۱۸	۲۵	۲۰۴	۱۷۴۶	۸	۴۶۷	۲۱۸	۰	۳۹/۶۲
Sp Fo	۱۰۶	۴	۷۶۳	۳۱۲۴	۱۶۹۲۷	۱۳۶	۰	۲۳۷	۱۷۴۶	۶	۲۰۵	۱۵۸	۵	۷۲/۲۷
Agri & Gar	۹۸	۷	۱۹	۶۲	۳۰۰	۳۵۹	۰	۴۵	۶	۳۷	۶۸۶	۱۰۸	۰	۲۰/۶۳
Astr adc	۱۶۱۷	۴	۳۱	۱۰۷۴	۳	۳۳	۰	۲۹	۲۸۸	۳	۲۵۹	۱۵۷۸	۲	۰
Dry Agri	۱۹۵	۱۹	۴	۲۸۰	۰	۹	۰	۷۴۳	۰	۰	۰	۰	۰	۵۹/۴۴
Roc	۴۱۶	۶	۴۵۸	۱۶۹۰	۱۹۷۳	۱۰۰	۰	۸۸	۷۲۶۲	۳۵	۲۰۲۱	۷۴۰	۱۳۳۳	۴۵/۰۳
Astr adc- Cir brac	۲۸۳	۰	۱	۹۷	۰	۲۶۰	۰	۰	۷۳۸	۱۹۱	۳۱۲۸	۱۴۹۴	۰	۳/۱۳
Asrmo- Acali fes- Acaph brac	۹۰۶	۰	۸	۵۸۰	۶۰	۵۸	۰	۲	۱۴۸۶	۲۵	۱۵۴۶۰	۲۵۹۲	۴۴۳	۷۱/۵۰
Mar&Bar	۱۳	۰	۰	۰	۱	۶	۰	۰	۷۰۴	۱۰	۳۷۸۴	۱۲۶۱۶	۱۹۶۶	۶۹/۷۰
Sno	۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱۷	۰	۲۰۵۴	۳۶۷۵	۱۹۷۱	۲۵/۱۸
درصد از کل (نسبت نمونه ای)	۷/۳۹	۱/۰۶	۲/۸۵	۱۴/۵۱	۲۰/۸۲	۱/۰۸	۱/۰۴	۱/۲۹	۱۰/۸۸	۱/۴	۲۰/۷۸	۱۵/۹۵	۳/۸۴	۴۷/۰۸

(تعداد: ۱۰۱)



شکل ۶. نقشه پیش‌بینی شده طبقات تیپ گیاهی و پوشش اراضی حاصل از عوامل فیزیوگرافی و اقلیمی

تفسیر است. با نگاهی به جدول ۷ و شکل ۵ می‌توان دریافت محور اول در جداسازی تیپ‌های مرتعی و جنگلی تأثیر بسزایی داشته است و بیانگر این نکته است که اراضی جنگلی بیشتر در شیب‌های جنوبی و غربی با زاویه شیب بین ۲۴-۳۵ و حدود ارتفاع ۱۲۵۰-۲۵۰۰ متر از سطح دریا با میزان دریافت انرژی خورشیدی در حد متوسط ( $10-w/m220$ ) و میزان بارش تقریبی (۵۰۰-۶۰۰) واقع شده است. با توجه به اینکه تیپ‌های جنگلی این منطقه را بیشتر *Quercu brantii* - *Pistacia atlantica*، *Quercus brantii* - *Amygdalus sp* و *Quercus brantii* - *Fraxinus rotundifolia* تشکیل می‌دهد، چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نیست و مطالعات و بازبینی‌های قبلی این منطقه نیز مؤید این مطلب است.

همچنین، محور دوم در تفکیک تیپ‌های گیاهی از یکدیگر تا حدودی مؤثر است و عوامل محیطی با جهت مثبت این محور ارتباط دارند. این محور نشان می‌دهد با پیش‌رفتن به سمت شرایط ارتفاعی بین ۲۵۰۰-۳۵۸۰ و بارندگی با مقادیر نسبتاً بالا (۷۰۰-۶۰۰) و میانگین دمای سالانه ۵-۰ و درجه شیب ۲۴-۶، وقوع طبقاتی مانند *Astragalus morinus*- *Acantholimon*، تیپ بوته‌ای، *festucaceum*-*Acanthophylum* و اراضی لخت و تا حدودی تیپ مرتعی *Daphne mucronata* - *Astragalus adscendense* بیشتر است.

همچنین، این جدول میزان درصد مساحتی را نشان می‌دهد که هر طبقه از کل مساحت نقشه پیش‌بینی شده دربرمی‌گیرد. طبقات *Sparse Forest*، *Astragalus morinus*- *Acantholimon festucaceum*- *Acanthophylum bracteatum*، *Marl&Baresoil*، *Medium Forest*، *Rock*، *Daphne macronata* - *Astragalus adscendense*، *Snow*، *Dense Forest*، *Dry Agriculture*، *Agriculture&Garden*، *Astragalus adscendense*- *Cirsium bracteosum*، *Perennial grasss* و *Astragalus adscendense* به ترتیب ۲۸/۸۲، ۲۰/۷۸، ۱۵/۹۵، ۱۴/۵۱، ۱۰/۸۸، ۷/۳۹، ۳/۸۴، ۲/۸۵، ۱/۲۹، ۱/۰۸، ۰/۴، ۰/۰۶ و ۰/۰۴ درصد از ۱۰۰ درصد کل مساحت نقشه پیش‌بینی شده منطقه مورد مطالعه را پوشانده‌اند.

## بحث و نتیجه‌گیری

### تعیین ارتباط بین فاکتورهای محیطی با توزیع پوشش گیاهی

نتایج PCA نشان می‌دهد به منظور توضیح همه تغییرات موجود در مجموعه داده‌های محیطی و برای جلوگیری از افزونگی در اطلاعات، کل متغیرهای محیطی در ده مؤلفه اصلی جاسازی شده است. شش مؤلفه اصلی اول مجموعاً ۹۸/۰۰۴ درصد از واریانس ویژگی‌های مورد بررسی را پوشش می‌دهند و سه محور اول قابل



### پیش‌بینی نقشه پوشش گیاهی

نقشه حاصل از پیش‌بینی پوشش گیاهی (شکل ۶) و جدول ۸ (به دست آمده از مدل رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای) نشان داد عوامل فیزیوگرافی تا حدود زیادی (۴۷/۰۸ درصد) قادر به پیش‌بینی تیپ‌های گیاهی و پوشش اراضی است و تغییرات آن را نشان می‌دهد. عوامل فیزیوگرافی هر چند کاملاً پیش‌بینی‌کننده دقیقی از پوشش اراضی نیست، ولی بخش زیادی از این تغییرات با این عوامل امکان پیش‌بینی دارند.

مقادیر جدول ۸ بیانگر این نکته است که طبقه اراضی جنگل تنک و تیپ مرتعی - *Astragalus morinus*- *Acantholimon festucaceum*-*Acanthophyllum bracteatum* دقت پیش‌بینی بالایی را بر مبنای عوامل توپوگرافی نشان می‌دهند. در مورد تیپ مرتعی - *Astragalus morinus*- *Acantholimon festucaceum*-*Acanthophyllum bracteatum* علت این امر را می‌توان به دلیل حضور این تیپ گیاهی در ارتفاعات بالا دانست، به گونه‌ای که سایر تیپ‌های گیاهی در منطقه و محدوده ارتفاعی این تیپ گیاهی حضور ندارند.

دقت پیش‌بینی اراضی کشاورزی دیم و آبی نیز در حد متوسطی به ترتیب ۵۹/۴۴ و ۲۰/۶۳ درصد برآورد شد. علت دقت پیش‌بینی پایین‌تر اراضی آبی را می‌توان ناشی از دخالت مستقیم انسان دانست. چنانچه این مقدار از سرجمع پیش‌بینی‌ها نیز حذف گردد، موجب بالارفتن دقت کل پیش‌بینی نیز خواهد شد.

دقت متوسط اراضی جنگل متوسط را نیز می‌توان ناشی از عدم تفکیک‌پذیری آن از دیگر طبقات جنگل دانست. این نکته در مورد تیپ‌های مرتعی دارای دقت متوسط نیز صدق می‌کند، چنانچه مدل در تفکیک این تیپ‌ها نیز از یکدیگر نتایج کاملاً دقیقی ارائه نداده است.

دقت نسبتاً پایین طبقه اراضی جنگل متراکم را نیز می‌توان به علت عدم تفکیک‌پذیری این طبقه جنگل از سایر طبقات جنگل دانست، به گونه‌ای که از ۱۲۴۱۰ پیکسل موجود در نقشه مشاهده شده تنها ۱۷۰۷ مورد

با فاصله گرفتن از چنین شرایطی دیگر طبقات تیپ گیاهی و اراضی کشاورزی دیم و آبی دیده می‌شود. همان‌طور که گراف حاصل از آنالیز PCA شکل ۵ نشان می‌دهد تیپ‌هایی که نزدیک به یکدیگر قرار گرفته‌اند شرایط محیطی یکسانی دارند. برای مثال، تیپ گیاهی - *Astragalus adscendense*- *Cirsium bracteosum*، *Perennial grasses*، و اراضی کشاورزی دیم و آبی نزدیک به یکدیگر واقع شده‌اند و شاید همین امر موجب شخم اراضی مرتعی و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی دیم شده است. بنابراین، هر پارامتر محیطی اطلاعات بیشتری در مورد توزیع پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه فراهم می‌کند. با وجود این، هنوز هم برخی تغییرات غیرقابل توضیح درون داده‌های پوشش گیاهی وجود دارد، به طوری که پارامترهای محیطی توضیح‌دهنده برخی الگوهای فضایی نیست و باید به عوامل تأثیرگذار دیگر، به خصوص تأثیر انسان بر طبیعت و فاکتورهای اقتصادی و اجتماعی توجه شود. با وجود اینکه اطلاعات واضح مکانی راجع به بعد انسانی وجود ندارد، اما ویژگی‌های محیطی استخراج شده از روی مدل رقومی ارتفاع قادرند میزان زیادی از تنوع مکانی پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه را توضیح دهند.

همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد به نظر می‌رسد PCA ابزار مفیدی برای تحلیل رابطه بین متغیرهای محیطی و طبقات پوشش اراضی و تیپ‌های گیاهی است. در مطالعات اکولوژی، قبلاً ثابت شده این روش برای شناسایی متغیرهای توپوگرافی و عوامل محیطی تأثیرگذار بر جریان‌های آواری مفید است (Butler & Walsh, 1994). در نهایت، می‌توان گفت تفسیر اکولوژی با استفاده از عوامل محیطی تا حدودی غیرعملی است و کار آسانی نیست. با وجود این، بینشی در مورد شرایط زیستگاهی تیپ‌های مرتعی و جنگلی متفاوت فراهم می‌کند که به آسانی به مدل اکولوژی انتقال می‌یابد (Hörsch, 2003).

توپوگرافی قرار گرفته‌اند، ولی عملاً امکان استقرار پوشش گیاهی روی آن‌ها بسیار کم است.

در اصل، تفسیر الگوی باقیمانده‌ها با مقایسه نقشه پوشش گیاهی مشاهده شده و پیش‌بینی شده به شدت پیچیده است، چون خطاهای پیش‌بینی از هر دو خطا در نقشه‌های متغیرهای محیطی مشهودتر است. این خطا در متغیرهایی غیرمستقیم استخراج شده از روی مدل رقومی ارتفاع به وضوح آشکار است، زیرا به سبب کوهستانی بودن منطقه و وجود مناطق پوشیده از سایه در نقشه‌های توپوگرافی حوزه، همچنین نارسایی مدل‌های آماری، احتمال وجود خطا در ساخت DEM وجود دارد و می‌توان گفت حتی در مناطق دست‌نخورده چنین معادلات یا مدل‌های پوشش گیاهی با نتایج پیچیده‌ای در پیش‌بینی الگوهای واقعی پوشش گیاهی همراه است، چون پیچیدگی و پویایی رفتار جوامع گیاهی در محدوده‌ای از مقیاس مکانی و زمانی رخ می‌دهد.

در مطالعات دیگر نیز محققان تقریباً به نتایجی مشابه با این تحقیق دست یافتند، به گونه‌ای که در مطالعه‌ای (Davis & Goetz, 1990) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های رقومی متغیرهای محیطی در منطقه‌ای ۷۲ کیلومترمربعی در کالیفرنیا با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک چندمتغیره محاسبه، وزن‌دهی و روی هم‌گذاری شد، از جمله زمین‌شناسی، توپوگرافی و تابش خورشیدی برای پیش‌بینی پنج تپ گیاهی.

اگرچه در این مطالعه توزیع پنج تپ پوشش گیاهی مدلسازی شد، اما هدف اصلی آن مقایسه توزیع پیش‌بینی شده و واقعی نوعی بلوط ساحلی Coast- live oak (*Quercus agrifolia*) بود که ۶۰ درصد منطقه را تشکیل می‌داد. نقشه پیش‌بینی شده توزیع جنگل بلوط با نقشه توزیع واقعی بلوط به دست آمده از داده‌های سنجش از دور روی هم‌گذاری شد و باقی‌مانده‌ها برای تشخیص خطاهای پیش‌بینی ناشی از تغییر پوشش گیاهی تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد نسبتی از جنگل بلوط مشاهده شده در طبیعت یعنی جنگل‌های واقعی محیطی در نقشه بلوط پیش‌بینی شده

درست طبقه‌بندی شده و ۵۰۶۷ و ۴۲۲۷ از پیکسل‌ها به ترتیب جزء اراضی جنگلی تنک و متوسط در نظر گرفته شده است. از طرفی، تقسیم‌بندی و تفکیک اراضی جنگلی به طبقات متراکم، نیمه‌متراکم و تنک، علی‌رغم نوع پوشش گیاهی، طبیعتاً موجب پایین آمدن دقت پیش‌بینی می‌شود.

خطای زیاد یا به عبارتی دقت کم پیش‌بینی دو تپ *Astragalus adscendense*- *Cirsium bracteosum* Perennial grasses را می‌توان به علت عملکرد پایین مدل در تفکیک این تپ‌ها از تپ *Astragalus morinus*- *Acantholimon festucaceum*-*Acanthophylum* دانست، به طوری که از ۲۷۹۸ پیکسل مربوط به طبقه گراس‌های چندساله ۸۱۸ مورد و از ۶۰۹۲ پیکسل مربوط به تپ *Astragalus adscendense*- *Cirsium bracteosum morinus*- *Acantholimon festucaceum*-*Acanthophylum* محسوب می‌شود. علت این امر را نیز می‌توان تا حدودی نیازهای رویشگاهی مشابه به دلیل ساختار نسبتاً مشابه این تپ‌های گیاهی دانست.

صفر بودن دقت پیش‌بینی تپ بوته‌ای *Astragalus adscendense* را می‌توان ناشی از تفکیک‌ناپذیری این طبقه از تپ بوته‌ای *Daphne mucronata* - *Astragalus adscendense* و طبقه اراضی مارنی و خاک لخت دانست، چرا که از مجموع ۴۹۲۱ پیکسل موجود در نقشه مشاهده شده هیچ موردی درست طبقه‌بندی نشده و ۱۶۱۷ و ۱۵۷۸ از پیکسل‌ها به ترتیب جزء تپ *Daphne mucronata* - *Astragalus adscendense* و طبقه اراضی مارنی و خاک لخت در نظر گرفته شده است. این امر نیز تا حدودی به دلیل نیازهای رویشگاهی مشابه این دو تپ گیاهی به دلیل ساختار کاملاً مشابه آن‌هاست. ولی در مورد اراضی عاری از پوشش گیاهی شاید بتوان علت آن را دو عامل دخالت انسان در از بین بردن پوشش گیاهی به دلیل نیازهای سوختی در سال‌های متمادی گذشته، همچنین ساختار مارنی موجود در منطقه دانست که به نوعی در شرایط

شامل شیب، جهت، پارامترهای رطوبت، تابش و جزآن. همچنین، نقشه پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های با قدرت تفکیک مکانی بالای (۵ متر) سنسور از دور با روش طبقه‌بندی نظارت شده و با استفاده از ۵۰۰ منطقه آموزشی تهیه شد.

سپس، با استفاده از جداول احتمال و روش تجزیه مؤلفه اصلی، تأثیر کلی توپوگرافی و لندفرم بر توزیع پوشش گیاهی تجزیه و تحلیل شد و نتیجه گرفته شد که الگوی فضایی اتحادیه‌های گیاهی (Vegetation Alliances) در مناطق کوهستانی مرتفع با استفاده از پارامترهای لندفرم توضیح داده می‌شود. برای کل مجموعه داده‌های پوشش گیاهی تقریباً همه پارامترهای لندفرم (شیب، جهت، ارتفاع، تابش، انحنای همبستگی بالایی با ضریب احتمال ۶۴ تا ۸۹ درصد نشان داد. همچنین، نتایج تجزیه مؤلفه اصلی نشان داد برخی الگوهای فضایی نمی‌تواند با استفاده از پارامترهای لندفرم در حد کامل به‌ویژه در سطح منطقه‌ای (zonal) توضیح داده شود. در نهایت، به این نتیجه رسیدند که مقیاس عامل مهمی در تجزیه و تحلیل زیستگاه پوشش گیاهی است و مدل رقومی ارتفاع نمی‌تواند همه تغییرات (تنوع) در مجموعه داده‌ها را توضیح دهد، که تا حدودی ممکن است به دلیل این واقعیت باشد که شکاف مقیاسی بین نقشه و مدل رقومی ارتفاع وجود دارد.

Neil & Accad (2006) نقشه توزیع گیاهی را با استفاده از مدل طبقه‌بندی و رگرسیون درختی و به‌کار بردن متغیرهای محیطی به‌طور جداگانه پیش‌بینی کردند، از جمله عوامل توپوگرافی با ۷ متغیر، اقلیمی با ۳۵ متغیر و خاک با ۴۵ متغیر برای ۲۸ جامعه گیاهی موجود در منطقه‌ای در شمال شرقی استرالیا. سپس، ۲۸ مدل برآورد شده برای ۲۸ جامعه، با استفاده از سیستم‌های مبنی بر قانون ادغام و نقشه ترکیبی نهایی تشکیل شد. این مطالعه نشان داد متغیرهای محیطی قدرت بالایی برای پیش‌بینی نقشه‌های پوشش گیاهی دارند. همچنین، روش‌های مدل‌سازی در ارائه اطلاعات

نیز وجود داشت؛ به عبارتی، انطباق نقشه پیش‌بینی و نقشه واقعیت زمینی به‌طور کلی ۴۰ درصد بود. در این مطالعه اختلاف بین نقشه‌های پیش‌بینی شده و مشاهده شده نشان داد متغیرهای دیگری بهبود پیش‌بینی مدل محسوب می‌شوند.

Zimmermann & Kienast (1999) در مطالعه‌ای مدل رگرسیون لجستیک را برای پیش‌بینی توزیع الگوی مکانی گونه‌ها و جوامع گرامینه غالب در گراسلندهای مراتع آلپی در مقیاسی بزرگ به‌کار بردند. مدل با چهار متغیر بیوکلیماتی ایجاد شد: درجه حرارت روزانه در فصل رشد (مبنای صفر درجه سانتی‌گراد)، شاخص رطوبت در ماه ژوئیه (تیر- مرداد)، پتانسیل تابش مستقیم خورشید در ماه مارس (اسفند- فروردین) و شاخص اقلیمی. همچنین، پارامترهای زمین‌شناسی و زاویه شیب جایگزینی برای مواد مغذی و ظرفیت آب خاک استفاده شدند. در این تحقیق با استفاده از مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۵۰ متر و اطلاعات پوشش گیاهی برای کالیبره کردن مدل از بررسی‌های میدانی و مطالعات موجود استخراج شد.

همچنین، مجموعه داده‌ها برای تست مدل با نمونه‌برداری از سه زون اقلیمی متفاوت به‌دست آمد. نتایج نشان داد درجه انطباق بین الگوهای شبیه‌سازی شده و مشاهده‌شده برای گونه‌ها و جوامع مشابه بود. اما مقدار  $k$  در جوامع به‌طور کلی ( $k=0/539$ ) نسبت به گونه طمیانگین فردی ( $k=0/201$ ) بالاتر بود. همچنین، اطلاعات در مورد کاربری زمین فاکتور اصلی بود که بهبود قابل توجهی در هر دو مدل گونه و جامعه محسوب می‌شد. با وجود این، عوامل آب‌وهوایی برای پیش‌بردن مدل و توضیح بخش عمده‌ای از الگوهای مشاهده شده استفاده می‌شود.

Hoersch & et al (2002) روشی مبنی بر GIS و RS را برای تولید نقشه پوشش گیاهی با مقیاس متفاوت در منطقه‌ای آلپی در سوئیس به‌کار بردند. در این مطالعه برای آنالیز، پانزده پارامتر لندفرم متفاوت از روی DEM با قدرت تفکیک ۲۵ متر استخراج شد،

توزیع گونه‌های گیاهی و حاصلخیزی منابع علوفه‌ای مرتبط است.

نتیجه این مطالعه نیز نشان داد هر چند مدل‌های کارتوگرافی نمی‌توانند مطلقاً جایگزین نمونه‌برداری صحرائی در ارزیابی پوشش گیاهی شوند، با این حال حدود ۵۰٪ تغییرات پوشش گیاهی در منطقه‌ای کوهستانی و صعب‌العبور مؤید این واقعیت است که عوامل توپوگرافی نقش عمده‌ای چه به طور مستقیم یا غیرمستقیم در پراکنش پوشش گیاهی و ساختارهای آن دارد. از این‌رو، شایسته است در پهنه‌بندی پوشش گیاهی به این امر مهم توجه داشت که عوامل توپوگرافی توان خوبی دارد و چه به طور مستقیم یا به همراه سایر اطلاعات تکمیلی‌تر همچون برداشت‌های صحرائی یا داده‌های ماهواره‌ای می‌توان از آن استفاده کرد. انواع تجزیه و تحلیل‌های کارتوگرافی در واقع مکمل روش‌های بررسی صحرائی سنتی محسوب است.

اساسی در مورد برنامه‌های حفاظتی و مدیریتی، احیای مناطق تخریب شده و تولید نقشه پوشش گیاهی مناسب در مناطقی که به صورت ضعیفی مطالعه شده‌اند پتانسیل بالایی دارند.

Martín & et al (2007) توزیع فضایی جوامع گیاهی در چشم‌اندازهای کم‌ارزش رولینگ پامپای آرژانتین را مطالعه کردند. هدف این مطالعه عبارت بود از بررسی امکان وجود ارتباط بین توپوگرافی و خصوصیات ساختاری و عملکرد پوشش گیاهی در چراگاهی در منطقه‌ای کم‌ارزش و با زهکشی ضعیف. این محققان اعلام کردند شناسایی جوامع گیاهی و مطالعات توپوگرافی امکان تشخیص واحد علوفه‌ای پربازده را می‌دهد، بنابراین در هر واحد تولید اولیه، فراوانی و پوشش تعیین شد. سرانجام، نتایج این محققان نشان داد شرایط میکروتوپوگرافی در محیط‌های مسطح از لحاظ اکولوژی مهم هست چون به طرز شدیدی با

## References

- [1] Accad, A., and Neil, D.T. (2006). Modelling pre-clearing vegetation distribution using GIS-integrated statistical, ecological and data models: A case study from the wet tropics of Northeastern Australia. *Ecological Modelling*, 198, 85-100
- [2] Asadi Borujeni ,E., and Ebrahimi, A. ( 2009). Subsequent introduction of vegetation and collect Rstnyhay Sbzokouh protected area. environmental department of Charmahal and Bakhtiari province. (In Persian) 216 pp
- [3] Austin, M.P. (1980). Searching for a model for vegetation analysis. *Vegetatio*, 43, 11-21.
- [4] Austin, M.P., and Smith, T.M. ( 1989). A new model for the continuum concept. *Vegetatio*, 83, 35-47.
- [5] Box, E.O. (1981). Macroclimate and plant form: An introduction to predictive modeling in phytogeography. Junk Publishers, The Hague, Boston et London.
- [6] Brown, D.G. (1994). Predicting vegetation types at treeline using topography and biophysical disturbance variables. *Journal of Vegetation Science*, 5, 642-656.
- [7] Burke, I.C., Reiners, W.A., and Olson, R.K. (1989). Topographic control of vegetation in a mountain big sagebrush steppe. *Vegetatio*, 84, 77-86.
- [8] Butler, D.R., and Walsh, S.J.(1994). Site characteristics of debris flows and their relationship to Alpine Treeline Progress in Physical Geography, 15, 181–199.
- [9] Davis, F.W., and Goetz , S. (1990). Modeling vegetation pattern using digital terrain data. *Landscape Ecology*, 4, 69-80
- [10] Fels, J.E. (1994). Modeling and mapping potential vegetation using digital terrain data. PHD dissertation, College of Forest Resources, North Carolina State University, 317 pp
- [11] Fischer, H.S. (1990). Simulating the distribution of plant communities in an Alpine. landscape. *Coenoses*, 5, 37-43
- [12] Franklin, J., McCullough, P., and Gray, C. (2000). Terrain variables used for predictive mapping of vegetation communities in Southern California. In *Terrain Analysis: Principles and Applications*, Wilson J.P. and Gallant J.C. (Eds.), John Wiley and Sons, New York, pp 331-354
- [13] Frankline, J. (1995). Predictive vegetation mapping: geographic modeling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Progress in physical Geography*, 19(4), 474-499.
- [14] Hoersch, B., Braun, G., and Schmidt, U. (2002). Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. A multiscale remote sensing and GIS approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26, 113–139.
- [15] Hoffer, R.M., Staff. (1975). Natural resources mapping in mountainous terrain by computer analysis of ERTS-1 satellite data. Agricultural Experiment Station Research Bulletin 919, and LARS Contract Report 061576. W.Lafayette, IN: Purdue University.
- [16] Hörsch, B. (2003). Modelling the spatial distribution of montane and subalpine forests in the

- central Alps using digital elevation models. *Ecological Modelling*, 168, 267–282
- [17] Integrative Restoration Plan and Development of Agriculture and nature of Charmahal and Bakhtiari province.(2000). First Consulting, 263 pp, (In Persian)
- [18] Kessell ,S.R.(1978). Forum: perspectives in fire research. *Enviromental Management*, 2, 291-312
- [19] Kessell, S.R.( 1979).Gradient modeling :resource and fire management. *Enviromental Management*, 1, 39-48.
- [20] Kessell, S.R. )1976(. Gradient modeling: a new approach to fite modeling and wilderness resource management. *Enviromental Management*, 1, 39-48.
- [21] Lees, B.G, and Ritman, K. (1991). Decision–tree and rule-induction approach to integration of remotely sensed and GIS data in mapping vegetation in disturbed or hillyenvironments. *Enviromental Management*, 15, 823-831.
- [22] Lenihan, J.M. (1993). Ecological response surfaces for North American Boreal tree species and their use in forest classification. *Journal of Vegetation Science*, 4, 67-80.
- [23] Lowell, K.E. (1991).Utilizing discriminant function analysis with a geographical information system to model ecological succession spatially. *International. Journal of Geographic information System*, 5, 175-191.
- [24] Mackey, B.G.(1994). A spatial analysis of the enviromental relations of rainforest structural types. *Journal of Biogeography*, 20, 303-336.
- [25] Managerial plan of sabzkouh protected area. (2002). Varzboom cooperation,186 pp (In Persian)
- [26] Martín, B., Sosa, O., Montico, S., Zerpa, G.( 2007). Relationship between vegetation units and microtopography of a pasture located in a poorly drained sector of Argentina. *Ciencia e Investigación Agraria*, 34(2), 75-84.
- [27] Miller, R.I. (1986). Predicting rare plant distribution patterns in the south-eastern USA. *Journal of Biogeography*, 13, 293-311.
- [28] Moore ,D.M., Lees, B.G., and Davay, S.M. (1991). A new method for predicting vegetation distributions using decision tree analysis in a geographic information system. *Enviromental Management*, 15, 59-71.
- [29] Ostendorf, B.(1993). Spatial explicit modeling of Arctic tundra landscapes. Ph.D. Thesis, Department of Biology, San Diego State University.
- [30] Richerson, P.J., and Lum, K.L. (1980). Patterns of plant species diversity in California: relation to weather and topography. *The American Naturalist*, 116, 504-536.
- [31] Strahler, A.H., Estes, J.E., Maynard, P.F., Mertz ,F.C., and Stow, D.A. (1981). Incorporation of collateral data in Landsat classification and modeling procedures. *Proceedings of the 14th international symposium on remote sensing of environment*, Ann Arbor MI, Enviromental Research Institute of Michigan, pp. 1009-1026.
- [32] Strahler, A.H., Logan, T.L., and Bryant, N.A. (1978). Improving forest cover classification accuracy from Landsat by incorporating topographic information. *Proceedings of the 12th international symposium on remote sensing of environment*, Ann Arbor MI, Enviromental Research Institute of Michigan, pp. 927-942



- [33] United States Geological Survey USGS-NPS. (2006).Vegetation of SHENANDOAH NATIONAL PARK in relation to environmental gradients. Final Report 1.1, 103 pp.
- [34] Van de Rijt, C.W.C.J., Hazelhoff ,L., and Blom, C.W.P.M. (1996). Vegetation zonation in a former tidal area: a vegetation type response model based on DCA and logistic regression using GIS. *Journal of Vegetation Science*, 7, 505–518.
- [35] Whittaker,R.H.(1973). Direct gradient analysis: In Whittaker R.H. editor.Handbook of vegetation science 5: ordination and classification of communities. The Hague: Junk publisher: 9-50.
- [36] Zimmermann, N.E., and Kienast, F. (1999). Predictive mapping of Alpine grasslands in Switzerland: species versus community approach. *Journal of Vegetation Science*, 10, 469–482.