

## بررسی تأثیر عوامل محیطی بر تولید اولیه سطح زمین (مطالعه موردی: مراتع هیر - نئور استان اردبیل)

- ❖ اردوان قربانی\*؛ دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
- ❖ فرید دادجو؛ کارشناس ارشد مرتعداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
- ❖ مهدی معمری؛ استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
- ❖ محمود بیدار لرد؛ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، رشت، گیلان، ایران.
- ❖ کاظم هاشمی مجد؛ دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

### چکیده

هدف این تحقیق بررسی ارتباط بین تولید اولیه سطح زمین (تولید اندام‌های هوایی تمام گیاهان مرتعی بدون توجه به خوشخواری) و عوامل محیطی (ارتفاع از سطح دریا، شیب دامنه، جهات دامنه، شاخص توپوگرافی، بارندگی فصلی و سالیانه و دمای فصلی و سالیانه) در مراتع هیر- نئور استان اردبیل بود. ابتدا با در نظر گرفتن تیپ‌های گیاهی و عوامل محیطی، تولید اولیه سطح زمین در مرحله اوج رویش گیاهان با استفاده از پلات‌های یک متر مربعی (۳۳۰ پلات) به روش تصادفی-سیستماتیک و قطع و توزین برداشت شد. با استفاده از نقشه‌های با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، مدل رقومی ارتفاع، نقشه‌های شیب، جهت، طبقات ارتفاعی و شاخص توپوگرافی استخراج شد. نقشه‌های دما و بارندگی فصلی و سالیانه نیز با استفاده از معادله‌های گرادیان استخراج شده با استفاده از ایستگاه‌های هم‌جوار (اردبیل، سرعین، خلخال و کوثر) منطقه تهیه شد. برای بررسی معنی‌داری تولید اولیه سطح زمین در طبقات مختلف عوامل محیطی از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. سپس برای تعیین مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. نقشه تولید اولیه سطح زمین نیز با استفاده از معادله رگرسیون درجه دو استخراج شده، در GIS تهیه شد. نتایج نشان داد که تولید اولیه سطح زمین با عوامل ارتفاع و بارندگی رابطه مستقیم و با دما رابطه عکس دارد. همچنین بیشترین تولید اولیه سطح زمین در جهت غربی ثبت شد. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد مؤلفه‌های اول (شامل بارندگی و دمای سالیانه، ارتفاع از سطح دریا) و مؤلفه دوم (شامل شیب) با ۷۶/۱۰ درصد بیشترین تأثیر را بر روی تولید اولیه سطح زمین دارند. همچنین نقشه تولید اولیه سطح زمین تهیه و صحت نقشه برابر با ۰/۵۴ به دست آمد که نشانگر اعتبار مدل است. از یافته‌های این تحقیق می‌توان در مدیریت مراتع برای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای تولید اولیه سطح زمین و توازن کربن استفاده کرد.

کلید واژگان: مراتع، تولید اولیه سطح زمین، عوامل پستی و بلندی، عوامل اقلیمی، هیر- نئور

## ۱. مقدمه

لازمه مدیریت صحیح اکوسیستم‌های طبیعی از جمله مراتع شناخت خصوصیات تولیدی گیاهان است. به طوری که بدون شناخت این ویژگی‌ها برنامه‌ریزی و مدیریت مراتع مقدور نمی‌باشد [۴۲]. همچنین داشتن اطلاعات کافی از میزان تأثیر عوامل محیطی بر ساختار و عملکرد این اکوسیستم‌ها از ملزومات دیگر می‌باشد، بنابراین برای بهره‌برداری صحیح از آن، باید از چگونگی تعامل بین اجزاء و خصوصیات آن‌ها، شناخت کافی وجود داشته باشد که برآیند عمل و رفتار اجزاء در پوشش گیاهی و تولید گونه‌های مرتعی نمایان گردد [۴۱ و ۴۳]. تولید اولیه، زیست‌توده یا انرژی کل یک اکوسیستم در طول یک فصل یا سال [۱۲] و تولید اولیه سطح زمین میزان تولید اولیه اندام‌های هوایی گیاهان است [۵] که برای افزایش صحت برآورد آن نیاز به داشتن اطلاعات کافی از شرایط پستی و بلندی و سایر عوامل تأثیرگذار می‌باشد [۲۷ و ۴۱]. همچنین بررسی نوسان و ارتباط مقدار تولید اولیه مراتع با پستی و بلندی و متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی، دما و خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱۸، ۳۳، ۴۱، ۴۴ و ۵۲].

تولید اولیه خالص سطح زمین یکی از مشخصه‌های کلیدی اکوسیستم بوده و از اهمیت بالایی برای چرخه مواد و انرژی در اکوسیستم‌های مرتعی برخوردار است. پستی و بلندی به طور مستقیم از طریق تأثیر روی عوامل محیطی مانند بارندگی و دما و سایر پارامترها و به طور غیرمستقیم از طریق تأثیر بر تشکیل خاک، اثر عمده‌ای بر جوامع گیاهی دارد [۱۱، ۲۴ و ۳۹]. اگرچه درک چگونگی تأثیر و برهم‌کنش‌های آن‌ها پیچیده است، اما بخش مهمی از تغییرات عوامل محیطی مختلف که مقدار تولید اولیه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، متأثر از شرایط پستی و بلندی است [۲۲ و ۳۱]. در بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه بررسی اثرات عوامل پستی و بلندی و تولید اولیه، تنها به بررسی عوامل ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهات دامنه پرداخته شده و شاخص توپوگرافی مورد

توجه قرار نگرفته است. در این تحقیق به بررسی اثرات این شاخص نیز پرداخته شد که می‌توان از آن برای بررسی عوامل هیدرولوژیکی، فیزیوگرافی، ژئوشیمیایی و همچنین برای توصیف عوامل بیولوژیکی مانند تولید اولیه خالص، پارامترهای گیاهی و کیفیت جنگل استفاده کرد [۲۵]. مطالعات بر روی داده‌های اقلیمی نیز نشان داده است که مقدار بارندگی دارای بیشترین تأثیر بر تغییرات پوشش و تولیدات گیاهی بوده و مهم‌ترین شاخص در برآورد تولید به شمار می‌آید [۳۲].

در کنار مطالعاتی که در دنیا در زمینه اثرات عوامل محیطی بر روی ویژگی‌های ساختاری (مانند پراکنش و تراکم) و مشخصه‌های کمی (مانند پوشش تاجی) صورت گرفته است [به‌طورمثال، ۱۸ و ۱۹]، در ارتباط با اثرات این عوامل بر مقدار تولید نیز مطالعات زیادی صورت گرفته است. در تحقیقی [۸] رابطه بین تولید مراتع با بارندگی سالیانه در علفزارهای آلبرتای مرکزی بررسی و رابطه معنی‌داری را گزارش شده است. در تحقیقی دیگر [۴۷] یک مدل ریاضی برای نشان دادن اثر متقابل ارتفاع، جهت و شیب در تولید گونه‌های جنگلی ارائه داده‌اند. در این راستا در مطالعه‌ای [۳۷] عامل اصلی کاهش تولید گونه‌های گیاهی مراتع مغولستان را افزایش دمای ماه جولای به همراه کاهش بارش در ماه ژوئن بیان نمودند. در مطالعه‌ای [۹] گزارش کردند که عامل بارندگی فصلی در جنگل‌های گرمسیری تأثیر معنی‌داری بر تولید اولیه سطح زمین دارند. طبق مطالعه‌ای دیگر [۵۳] که در آن تولید اولیه مراتع چین بررسی و گزارش شد، بیان گردید که رابطه معنی‌داری بین کاهش تولید اولیه و دماهای بالا و خشکی وجود دارد. در تحقیقی دیگر [۲] اثر بارندگی روی تولید در منطقه ندوشن یزد بررسی و نتیجه گرفتند که بارش دوره آذر تا اسفند و دمای بیشینه تیرماه تأثیر مثبتی بر تولید دارد. در تحقیقی [۵۰] نیز رابطه خصوصیات گیاهی با عوامل پستی و بلندی را در مراتع بیلاقی حوزه‌وازا استان مازندران بررسی و گزارش کردند که عامل ارتفاع بر میزان تولید و تاج پوشش گیاهی مؤثر

این تحقیق نیز می‌توان با به‌دست آوردن تولید مرتع، در جهت تعیین ظرفیت چرای مراتع با استفاده از روش‌های مناسب توسعه یافته استفاده کرد.

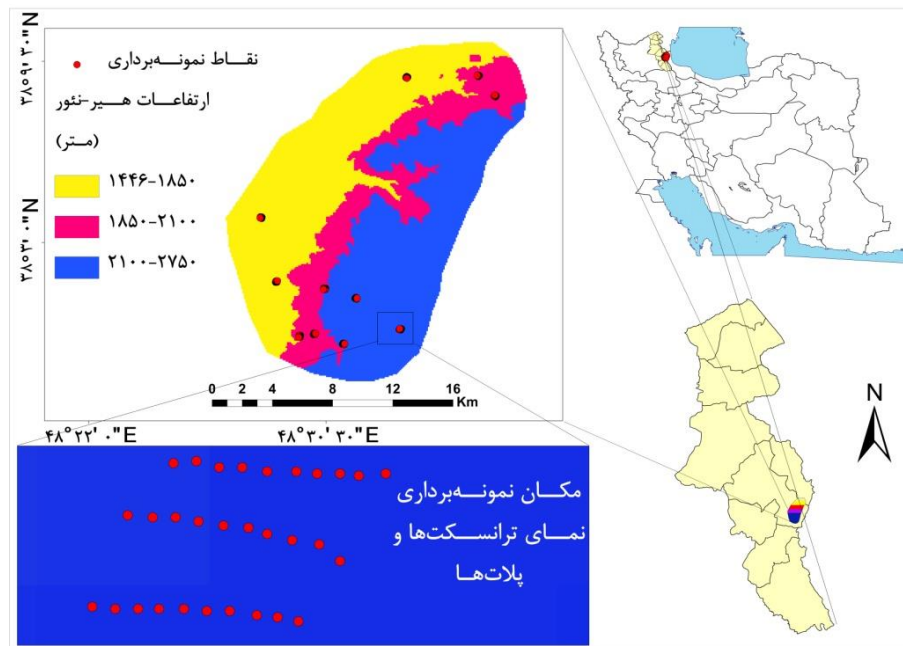
## ۲. روش‌شناسی

### ۱،۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش مراتع دامنه‌های هیر - در یاچه نئور واقع در شهرستان اردبیل، استان اردبیل در موقعیت جغرافیایی  $37^{\circ}59'$  تا  $38^{\circ}5'$  شمالی و  $48^{\circ}26'$  تا  $35^{\circ}48'$  شرقی مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱). با توجه به نقشه مدل رقومی ارتفاع، حداقل ارتفاع از سطح دریا ۱۴۴۶ متر و حداکثر ارتفاع آن ۲۷۵۰ متر از سطح دریا است. بر اساس گرادیان بارندگی استخراج شده از داده‌های ۲۵ ساله ایستگاه‌های هواشناسی اطراف منطقه مورد مطالعه (اردبیل، سرعین، خلخال و کوثر)، بارندگی سالیانه ۳۳۸ تا ۳۹۰ میلی‌متر و دمای سالیانه ۶ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد است [۱۰]. با توجه به مشاهدات میدانی و نتایج این مطالعه، بافت خاک لومی رسی و حاصلخیز مرتعی و پوشش گیاهی منطقه به صورت علف - بوته‌زار است. تیپ غالب گیاهی در ارتفاع ۱۴۴۶ تا ۱۹۰۰ متر *Artemisia fragrans* Willd.، *Bromus tectorum* L. و *Poa bulbosa* L. در ارتفاع ۱۹۰۰ تا ۲۳۰۰ *Festuca ovina* L. و *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen. و *Astragalus microcephalus* Willd. در ارتفاع ۲۳۰۰ تا ۲۷۵۰ متر *Onobrychis cornuta*، *Festuca ovina* L. و *Bromus tomentellus* Boiss. (L.) Desv است. این مراتع جزء مراتع روستایی منطقه و عشایری (ایل شاه‌سون) می‌باشد. دام بهره‌بردار عمدتاً گوسفند مغانی (بیش از ۹۵ درصد) و سایر احشام کمتر از ۵ درصد می‌باشد. مراتع توسط دام روستایی (حدود ۷ ماه) از برف تا برف و توسط دام عشایری در نیمه دوم فصل بهار، تابستان و نیمه اول پاییز مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد [۱۰].

است. در تحقیقی دیگر [۵۶] در مراتع خشکه رود ساوه گزارش شده است که مقدار بارندگی فصل زمستان بر تولید گونه‌های چندساله تأثیر معنی‌داری نداشته و بارندگی‌های بهاره نیز بر تولید علوفه متفاوت عمل کرده است. طبق مطالعه‌ای [۳۰] تغییرات تولید و مصرف گونه *Bromus tomentellus* Boiss. در مراتع کردان البرز در سال‌ها و ماه‌های مختلف را مورد بررسی قرار داده و اختلاف معنی‌دار را در مقدار تولید و زمان‌های مختلف بیان کردند و یکی از عوامل مهم در این امر را تفاوت دما و بارندگی در سال‌ها و ماه‌های مختلف عنوان کردند. در تحقیقی دیگر [۴۱] تأثیر عوامل پستی و بلندی بر روی تولید اولیه گیاهان مرتعی در مراتع سبلان را بررسی و گزارش کردند که تولید فرم‌های رویشی رابطه معنی‌داری با تغییرات عوامل پستی و بلندی دارند. در مطالعه‌ای [۲۳] محققان به بررسی اثرات عوامل پستی و بلندی بر روی تغییرات تولید اولیه در مراتع کوهستانی شهرستان نمین پرداخته و رابطه معنی‌دار بین این عوامل را گزارش کرده‌اند. در مطالعه‌ای دیگر [۲۱] اقدام به بررسی اثرات عوامل فیزیوگرافی بر تغییرات تولید اولیه فرم‌های رویشی کرده و گزارش کردند که بیشترین تولید اولیه در جهات غربی و طبقات ارتفاعی بالا است.

در این تحقیق مراتع هیر و در یاچه نئور که یکی از مهم‌ترین مراتع استان اردبیل از لحاظ دامداری سنتی، تأمین علوفه دام، ترسیب کربن، شاخص توازن کربن، تغییرات زی‌توده اکوسیستم و فرسایش و رسوب می‌باشد مورد توجه قرار گرفت تا اندازه‌گیری تولید اولیه سطح زمین و تغییرات آن در ارتباط با عوامل پستی و بلندی و اقلیمی مورد بررسی قرار گیرد، تا علاوه بر شناخت پایه از پتانسیل تولید کل سطح زمین، بتوان در مدیریت بهتر مقدار کربن تثبیت شده در این مراتع مورد استفاده قرار داد. همچنین با در دست داشتن میزان اثرات عوامل محیطی بر تغییرات تولید اولیه مراتع می‌توان مدیریت مناسب در جهت ایجاد حالت تعادل بین عرضه و تقاضای انرژی کل اکوسیستم و توازن کربن اعمال کرد. در ادامه



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در سطح کشور، استان اردبیل و شهرستان اردبیل و توزیع رویشگاه‌های (مکان‌های) انتخاب شده با توجه به تغییرات ارتفاعی و موقعیت پلات‌های نمونه‌برداری در یکی از مکان‌ها

## ۲.۲. روش تحقیق

برای انجام این تحقیق، در خردادماه ۱۳۹۵ سه پروفیل ارتفاعی با توجه به جاده دسترسی و در هر پروفیل به ترتیب تعداد سه، پنج و سه (جمعاً ۱۱) مکان نمونه‌برداری (رویشگاه) انتخاب شد (شکل ۱)، که میانگین عوامل محیطی برای هر یک از مکان‌ها در جدول (۱) ارائه شده است. در هر مکان سه ترانسکت با فاصله ۵۰ متری از هم مستقر شدند. محل ترانسکت اول تصادفی، سپس ترانسکت‌های بعدی به صورت سیستماتیک به صورت عمود بر شیب در سطح مناطق معرف (به دور از روستا و جاده) انتخاب شد. در امتداد هر ترانسکت تعداد ۱۰ پلات یک مترمربعی (در هر مکان ۳۰ پلات) با فواصل ۱۰ متر از هم مستقر شدند. سپس تولید اولیه همه گیاهان موجود در هر پلات به روش قطع و توزین برداشت شد (۳۳۰ پلات). بدین ترتیب که گندمیان و پهن برگان علفی از حدود یک سانتی‌متری سطح خاک و در مورد بوته‌ای‌ها تولید سال جاری برداشت شد. ابعاد و تعداد پلات‌ها، با توجه به ساختار پوشش گیاهی منطقه و تعداد

نمونه مورد نیاز و همچنین با توجه به منابع مختلف [۱۵]، ۱۹، ۲۰، ۳۴، ۳۵، ۳۸، ۴۶ و ۵۵ تعیین شد. گونه‌های گیاهی از رویشگاه‌های موجود در طبقات ارتفاعی مختلف به صورت نمونه‌های هرباریومی از سطح پلات‌ها برداشت شده و سپس شناسایی و در هرباریوم دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی موجود است. ابتدا تولید اولیه سطح زمین گونه‌ها برداشت و پس از خشک شدن در هوای آزاد و آون، توزین و تولید اولیه برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

نقشه مدل رقومی ارتفاع با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ رقومی سازمان نقشه‌برداری کشور با ابعاد پیکسل ۲۰×۲۰ متر تهیه شد. نقشه‌های ارتفاع، شیب، جهات جغرافیایی و شاخص توپوگرافی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS<sub>10</sub> تهیه و اطلاعات مورد نیاز برای هر یک از موقعیت پلات‌های نمونه‌برداری استخراج شد. شاخص توپوگرافی با استفاده از معادله ۱ (به منظور جریان‌های سطحی و انباشت رطوبتی) تهیه شد [۲۱ و ۳۶]. مناطق با مقادیر کم شاخص توپوگرافی نشان‌دهنده حوضه‌های

است که از این اطلاعات می‌توان به صورت غیرمستقیم در بررسی‌های پوشش گیاهی از جمله تولید نیز استفاده کرد.

$$CTI = \ln(a/\tan \beta) \quad (1)$$

$a$ : مقدار انباشتگی جریان ناحیه بالادست و  $\beta$ : شیب دامنه را نشان می‌دهد.

کوچک و دامنه‌های شیب‌دار یا تپه (انباشت رطوبتی کم) و مناطق با ارزش بالای این شاخص نشان‌دهنده حوضه‌های بزرگ و شیب ملایم و یا دشت (انباشت رطوبتی زیاد) است [۲۱ و ۳۶]. بر اساس مطالعه‌ای [۳۶] این شاخص برای مدل‌ها و جنبه‌های هیدرولوژیکی استفاده می‌شود که به‌شدت با رطوبت خاک در ارتباط

جدول ۱. مشخصات پستی و بلندی و اقلیمی مکان‌های نمونه‌برداری شده

شماره مکان	موقعیت (°N, °E)	ارتفاع (m)	شیب (%)	شاخص توپوگرافی	جهت	متوسط بارندگی سالیانه (mm)	متوسط بارندگی فصل بهار (mm)	متوسط دمای سالیانه (°C)	متوسط دمای فصل بهار (°C)
۱	۳۸.۱۴ - ۴۸.۵۵	۱۶۱۷	۴۰	۵/۰۰	شمال غربی	۳۴۰	۴۶	۹	۷/۵۰
۲	۳۸.۱۴ - ۴۸.۵۹	۱۹۵۳	۱۲	۶/۰۰	شمالی	۳۵۹	۴۷	۸	۶/۵۰
۳	۳۸.۱۳ - ۴۸.۶۰	۱۹۴۸	۲۸	۵/۵۰	غربی	۳۵۸	۴۶	۸	۶/۰۰
۴	۳۸.۰۶ - ۴۸.۴۶	۱۶۲۲	۱۲	۶/۵۰	شمالی	۳۳۸	۴۴	۹	۷/۵۰
۵	۳۸.۰۲ - ۴۸.۴۷	۱۸۰۴	۱۲	۶/۰۰	غربی	۳۴۸	۴۴	۸	۷/۰۰
۶	۳۸.۰۲ - ۴۸.۵۰	۲۱۳۴	۲۹	۵/۵۰	غربی	۳۶۶	۴۶	۷	۵/۵۰
۷	۳۸.۰۱ - ۴۸.۵۲	۲۳۶۰	۲۸	۶/۰۰	شمالی	۳۷۹	۴۸	۷	۴/۵۰
۸	۳۷.۹۹ - ۴۸.۵۵	۲۵۸۹	۱۲	۶/۰۰	شمال غربی	۳۹۲	۵۱	۶	۴/۰۰
۹	۳۷.۹۹ - ۴۸.۴۹	۱۹۱۹	۲۱	۵/۵۰	جنوب غربی	۳۵۴	۴۵	۸	۶/۵۰
۱۰	۳۷.۹۹ - ۴۸.۵۰	۱۹۸۲	۲۴	۷/۰۰	جنوب غربی	۳۵۸	۴۶	۸	۶/۰۰
۱۱	۳۷.۹۸ - ۴۸.۵۱	۲۱۶۱	۳۳	۵/۵۰	جنوب غربی	۳۶۸	۴۵	۷	۵/۵۰

و بلندی و اقلیمی بر روی تولید اولیه سطح زمین بود، ابتدا عوامل محیطی به طبقات مختلف تقسیم‌بندی و سپس با استفاده از تجزیه وار یانس یک طرفه و آزمون دانکن، میانگین و معنی‌داری تولید اولیه سطح زمین در هر یک از طبقات عوامل محیطی مشخص شد. سپس به منظور تعیین میزان توجه‌کنندگی و اثرات مشترک عوامل مورد بررسی بین عوامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهات دامنه، شاخص توپوگرافی، دمای سالیانه، دمای فصلی، بارندگی سالیانه و بارندگی فصلی بر تغییرات تولید اولیه سطح زمین، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. برای انتخاب مؤلفه‌ها، مقدار ویژه هر مؤلفه مدنظر قرار گرفت و مؤلفه‌هایی که مقدار ویژه آن‌ها بیشتر از مقدار

داده‌های مربوط به جهت جغرافیایی با استفاده از رابطه بیرز<sup>۲</sup> [۷] کمی شد (معادله ۲). همچنین داده‌های اقلیمی (داده‌های بارندگی و دمای سالیانه و فصلی) با استفاده از گرادیان و نقشه‌های تهیه شده برای منطقه مورد مطالعه که از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی هم‌جوار منطقه اخذ شده بود [۱۰]، برای هر یک از موقعیت پلات‌ها که به وسیله GPS ثبت شده بود در محیط GIS استخراج شد.

$$A' = \cos(45-A) + 1 \quad (2)$$

$A'$ : مقدار تبدیل شده جهت و  $A$ : مقدار آزمون جهت است.

باتوجه به هدف تحقیق که بررسی اثرات عوامل پستی

<sup>3</sup> Principle Component Analysis

<sup>1</sup> Compound Topographic Index

<sup>2</sup> Beers

می‌باشد.

### ۳. نتایج

گونه‌های غالب منطقه بر اساس تیره، نام علمی، طبقات ارتفاعی رویشگاه‌ها، فرم رویشی و خوشخوراکی آن‌ها در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج نشان داد که حدود ۸۵ درصد از کل گونه‌ها را پهن برگان علفی، ۸ درصد بوته‌ای و نیمه بوته‌ای‌ها و ۷ درصد باقی‌مانده را گندمیان تشکیل می‌دهند. در مجموع ۱۱/۳۳ درصد گونه‌ها کم شونده، ۱۵/۵۶ درصد زیاد شونده و ۷۳/۱۱ درصد گونه‌ها مهاجم می‌باشند.

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین بین طبقات مختلف عوامل محیطی و تولید اولیه سطح زمین با استفاده از آزمون دانکن در جدول (۳) ارائه شده است. با توجه به معنی‌داری طبقات ارتفاع بر روی تولید اولیه سطح زمین رابطه مستقیم مشاهده شد. به طوری که با افزایش ارتفاع تولید اولیه نیز افزایش داشته است. با توجه به تأثیر طبقات جهت نیز مشاهده شد که بیشترین مقدار تولید اولیه کل در جهت غربی است. نتایج اثرات طبقات بارندگی سالانه، دمای سالانه و دمای فصلی به ترتیب اثرات مستقیم، عکس و عکس را بر روی تولید اولیه نشان داد. همچنین بین طبقات شیب، شاخص توپوگرافی و بارندگی فصلی، اختلاف معنی‌داری با تولید اولیه مشاهده نشد.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در بررسی اثرات مشترک عوامل محیطی نشان داد که مقادیر ویژه مربوط به مؤلفه‌های اول و دوم بیشتر از شاخص BSE بوده (جدول ۴)، لذا برای توجیه تغییرات انتخاب شد که مؤلفه اول ۵۸/۷۴ درصد تغییرات و مؤلفه دوم ۱۷/۳۵ درصد تغییرات را توجیه کردند که در مجموع این دو مؤلفه ۷۶/۱۰ درصد از تغییرات را برعهده دارند.

جدول ۲. گونه‌های موجود در طبقات ارتفاعی مختلف و خوشخوراکی و فرم رویشی شناسایی شده

BSE<sup>۱</sup> بود انتخاب شدند [۲۸]. همچنین برای بررسی میزان تبیین مقدار متغیر وابسته (تولید اولیه سطح زمین) با متغیرهای مستقل (پستی و بلندی و اقلیم)، ابتدا آزمون هم‌خطی بین متغیرهای مستقل انجام شد و از پارامترهای با درصد هم‌بستگی بیشتر از ۰/۷، برای جلوگیری از افزایش میزان خطای مدل، صرف نظر شد و در نهایت با استفاده از روش رگرسیون غیرخطی (الگوی مربعی یا تابع درجه دو) بررسی شد. معادله عمومی رابطه رگرسیون تابع درجه دو برای پیش‌بینی متغیر وابسته از روی متغیر مستقل به صورت معادله ۳ بوده است که برای تولید کل اولیه، با توجه به معنی‌داری عوامل مستقل استفاده شد.

$$Y = a + b_1x + b_2x^2 \quad (3)$$

در این رابطه Y مقدار پیش‌بینی شده متغیر وابسته (تولید اولیه)، a مقدار ثابت، b ضرایب رگرسیون، x مقدار متغیر مستقل می‌باشد.

در نهایت در محیط GIS با استفاده از معادله استخراج شده برای تولید اولیه کل، نقشه تولید اولیه سطح زمین برای منطقه مطالعاتی پیش‌بینی شد. همچنین صحت نقشه تهیه شده با استفاده از ۱۵ درصد نمونه‌ها و با استفاده از محاسبه معیار RMSE<sup>۲</sup> (ریشه میانگین مربع خطا)، توسط معادله ۴ بررسی شد [۱۶]. این شاخص هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان دهنده این است که مقادیر محاسبه شده با مدل به مقادیر واقعی نزدیکتر است. تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS<sup>۱۶.۰</sup> و PC-Ord<sup>۵</sup> و تهیه نقشه و تجزیه و تحلیل مکانی با استفاده از ArcGIS<sup>۱۰</sup> انجام شد.

$$RMSE = (\sqrt{\sum_{i=1}^n (Esi - Eoi)^2}) / n - 1 \quad (4)$$

که Esi مقدار برآورد شده نقطه i از طریق نقشه، Eoi مقدار اندازه‌گیری شده نقطه (زمینی) و i و n تعداد داده‌ها

<sup>۱</sup> Broken-Stick Eigenvalue

<sup>۲</sup> Root mean squared error

نام علمی تیره و گونه	فرم رویشی	طبقه‌بندی تقاعی	خوشخوراکی	نام علمی تیره و گونه	فرم رویشی	طبقه‌بندی تقاعی	خوشخوراکی
<b>Alliaceae</b>	-	-	-	<i>A. xerophiloides</i> Podlech & Ekici	F	1-2	I
<i>Allium akaka</i> Regel	F	1-2	III	<i>Coronilla sp.</i>	F	1-2-3	I
<i>A. scorodoprasum</i> L.	F	1-2-3	III	<i>Lathyrus sativus</i> L.	F	2	I
<b>Apiaceae</b>	-	-	-	<i>Medicago sativa</i> L.	F	1-2	I
<i>Eryngium billardierei</i> F.Delaroche	F	1-2-3	III	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	Sh	1-2-3	II
<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	F	1-2-3	III	<i>O. sp.</i>	Sh	1	I
<i>Hohenackeria exscapa</i> Grande	F	2	III	<i>Trigonella monantha</i> C.A.Mey.	F	1-2-3	I
<i>Pimpinella affinis</i> Ledeb.	F	2-3	III	<b>Geraniaceae</b>	-	-	-
<i>Pimpinella aurea</i> DC.	F	1-2	III	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	F	1-2	III
<i>Scandix stellata</i> Banks & Sol.	F	1-2	III	<i>Geranium persicum</i> Schonb.Tem.	F	1-2-3	III
<i>Torilis leptophylla</i> Rchb.f.	F	1	III	<b>Hyacinthaceae</b>	-	-	-
<i>Turgenia latifolia</i> Hoffm.	F	2	III	<i>Muscari caucasicum</i> Baker	F	1-2	III
<b>Asteraceae</b>	-	-	-	<b>Illecebraceae</b>	-	-	-
<i>Achillea vermicularis</i> Trin.	F	1-2-3	III	<i>Herniaria incana</i> Boiss.	F	2	III
<i>Anthemis candidissima</i> Willd. ex Spreng.	F	1-2	III	<b>Iridaceae</b>	-	-	-
<i>A. triumfettii</i> (L.) DC.	F	1-2	III	<i>Gladiolus kotschyanus</i> Boiss.	F	2	III
<i>Artemisia fragrans</i> Willd.	Sh	1-2-3	II	<i>Iris reticulata</i> M.Bieb.	F	1-2	III
<i>Ceratocephalus testiculatus</i> (Crantz) Roth	F	1-2-3	III	<b>Lamiaceae</b>	-	-	-
<i>Chardinia orientalis</i> (L.) Kuntze	F	1-2-3	III	<i>Acinos graveolens</i> Link	F	1-2	III
<i>Cirsium haussknechtii</i> Boiss.	F	2-3	III	<i>Eremostachys azerbaijanica</i> Rech.f.	F	2	III
<i>Crepis sancta</i> (L.) Babc.	F	1-2-3	III	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	F	1-2-3	III
<i>Filago arvensis</i> L.	F	1-2	III	<i>Phlomis olivieri</i> Benth.	F	1-2	III
<i>Inula sp.</i>	F	2	III	<i>Salvia sp.</i>	F	1-2	III
<i>Jurinella moschus</i> (Hablitz) Bobrov	F	2	III	<i>Teucrium pumilum</i> L.	F	3	III
<i>Onopordum acanthium</i> L.	F	2-3	III	<i>Thymus kotschyanus</i> Boiss. & Hohen.	Sh	1-2-3	III
<i>Scariola orientalis</i> (Boiss.) Soják	F	1-2-3	II	<i>Ziziphora persica</i> Bunge	F	1-2	II
<i>Senecio glaucus</i> DC.	F	1-2	III	<b>Liliaceae</b>	-	-	-
<i>Tanacetum chiliophyllum</i> Sch.Bip.	F	1-2-3	III	<i>Gagea sp.</i>	F	1-2-3	III
<i>Xeranthemum squarrosum</i> Boiss.	F	1-2	III	<b>Papaveraceae</b>	-	-	-
<b>Boraginaceae</b>	-	-	-	<i>Papaver dubium</i> L.	F	1-2	III
<i>Buglossoides arvensis</i> (L.) I.M.Johnst.	F	1	III	<b>Plantaginaceae</b>	-	-	-
<i>Cryptantha intermedia</i> Greene	F	2	III	<i>Plantago lanceolata</i> Hook.	F	2	III
<i>Lappula barbata</i> Gürke	F	2-3	III	<b>Poaceae</b>	-	-	-
<i>Nonea sp.</i>	F	1-2	III	<i>Bromus cappadocicus</i> Boiss. & Balansa	G	1	II
<b>Brassicaceae</b>	-	-	-	<i>B. tectorum</i> L.	G	1-2	III

نام علمی تیره و گونه	فرم رویشی	طبقه‌بندی ارتفاعی	خوشخوراکی	نام علمی تیره و گونه	فرم رویشی	طبقه‌بندی ارتفاعی	خوشخوراکی
<i>Aethionema carneum</i> B.Fedtsch.	F	2	III	<i>B. tomentellus</i> Boiss.	G	1-2-3	I
<i>Alyssum minus</i> (L.) Rothm.	F	1-2-3	III	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	G	1-2	II
<i>Camelina rumelica</i> Velen.	F	1	II	<i>E. sp.</i>	G	1-2	II
<i>Erysimum collinum</i> Andr.	F	1-2-3	III	<i>Festuca ovina</i> L.	G	1-2-3	I
<b>Campanulaceae</b>	-	-	-	<i>F. valesiaca</i> Schleich. ex Gaudin	G	1-2	I
<i>Campanula stevenii</i> M.Bieb.	F	3	III	<i>Poa bulbosa</i> L.	G	1-2	I
<b>Caryophyllaceae</b>	-	-	-	<i>Taeniatherum caput-medusae</i> (L.) Nevski	G	1-2-3	III
<i>Arenaria leptocladus</i> Guss.	F	1-2-3	III	<b>Polygonaceae</b>	-	-	-
<i>Cerastium dichotomum</i> L.	F	1	III	<i>Polygonum serpyllaceum</i> Jaub. & Spach	F	3	II
<i>Dianthus orientalis</i> Donn	Sh	1-2	III	<b>Primulaceae</b>	-	-	-
<i>Minuartia hamata</i> Mattf.	F	1-2-3	III	<i>Androsace maxima</i> L.	F	1	III
<i>M. meyeri</i> Bornm.	F	1-2	III	<b>Ranunculaceae</b>	-	-	-
<i>Silene aucheriana</i> Boiss.	Sh	3	III	<i>Adonis aestivalis</i> L.	F	1-2	III
<i>S. spergulifolia</i> M.Bieb.	Sh	1-2-3	III	<i>Ranunculus sp.</i>	F	1	III
<i>Velezia rigida</i> L.	F	2	III	<b>Rosaceae</b>	-	-	-
<b>Chenopodiaceae</b>	-	-	-	<i>Cerasus sp.</i>	Sh	1	III
<i>Camphorosma monspeliaca</i> L.	Sh	1	II	<i>Potentilla bifurca</i> L.	F	2-3	II
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schard.	Sh	1	II	<i>Sanguisorba minor</i> Bertol.	F	2	I
<b>Cistaceae</b>	-	-	-	<b>Rubiaceae</b>	-	-	-
<i>Helianthus salicifolius</i> A.Dietr.	F	1-2-3	III	<i>Asperula setosa</i> Jaub. & Spach	F	1-2-3	III
<b>Convolvulaceae</b>	-	-	-	<i>Callipeltis cucullaris</i> (L.) DC.	F	1-2	III
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	F	1-2-3	II	<i>Galium verum</i> L.	F	2	III
<b>Euphorbiaceae</b>	-	-	-	<b>Scrophulariaceae</b>	-	-	-
<i>Euphorbia seguieriana</i> Neck.	F	1-2-3	III	<i>Bungea trifida</i> (Spreng.) C.A.Mey.	F	2	II
<i>E. szovitsii</i> Fisch. & C.A.Mey.	F	2	III	<i>Verbascum sp.</i>	F	1-2-3	III
<b>Fabaceae</b>	-	-	-	<i>Veronica arvensis</i> L.	F	1-2-3	III
<i>Astragalus australis</i> (L.) Lam.	Sh	2	III	<i>V. orientalis</i> Mill.	F	1-2-3	II
<i>A. curvirostris</i> Boiss.	Sh	1	III	<b>Valerianaceae</b>	-	-	-
<i>A. microcephalus</i> Willd.	Sh	1-2-3	I	<i>Valerianella plagiostephana</i> Fisch. & C.A.Mey.	F	2	III
<i>A. paralipomenus</i> Bunge	Sh	2-3	III	<i>V. sclerocarpa</i> Fisch. & C.A.Mey.	F	2	III
<i>A. tabrisianus</i> E.Sheld	Sh	1-2-3	III	<b>Violaceae</b>	-	-	-
<i>A. taleshensi</i> Bidarlord, F.Ghahrem. & Maassoumi	F	3	II	<i>Viola modesta</i> Fenzl	F	2	III

\*: I: (طبقه ارتفاعی ۱۶۰۰-۱۸۵۰ m)، 2: (۱۸۵۰-۲۱۰۰ m) و 3: (۲۱۰۰-۲۶۰۰ m) طبقات ارتفاعی؛ I: (گونه کم شونده)، II: (زیاد شونده) و III: (مهاجم) کلاس‌های خوشخوراکی؛ G: (گندمیان)، F: (پهن‌برگان علفی) و Sh: (بوت‌های‌ها) فرم‌های رویشی.



جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل محیطی بر تولید اولیه سطح زمین

عوامل محیطی	طبقات	تعداد پلات	تولید اولیه کل $\pm$ خطای از میانگین
ارتفاع (m)	۱۸۵۰-۱۴۴۶	۹۰	۴۷۴/۰۳ <sup>b</sup> $\pm$ ۳۶/۷۰
	۲۱۰۰-۱۸۵۰	۱۲۰	۴۳۴/۴۷ <sup>b</sup> $\pm$ ۱۹/۹۶
	۲۷۵۰-۲۱۰۰	۱۲۰	۶۰۸/۴۶ <sup>a</sup> $\pm$ ۲۰/۹۷
شیب (/)	۱۵>	۱۱۰	۵۲۱/۸۷ <sup>a</sup> $\pm$ ۳۴/۷۳
	۳۰-۱۵	۱۲۰	۴۹۱/۹۷ <sup>a</sup> $\pm$ ۱۷/۷۶
	۶۰-۳۰	۱۰۰	۵۱۵/۰۸ <sup>a</sup> $\pm$ ۲۴/۶۳
جهت	شمالی	۹۰	۳۸۵/۵۹ <sup>c</sup> $\pm$ ۱۹/۴۵
	شمال غربی	۷۰	۴۸۹/۷۵ <sup>b</sup> $\pm$ ۳۰/۴۴
	غربی	۱۰۰	۶۲۸/۱۳ <sup>a</sup> $\pm$ ۳۱/۹۵
شاخص توپوگرافی (CTI)	جنوب غربی	۷۰	۵۰۱/۱۷ <sup>b</sup> $\pm$ ۲۸/۹۳
	۵-۴/۵	۱۱۰	۴۹۰/۱۳ <sup>a</sup> $\pm$ ۲۲/۷۰
	۵/۶-۵/۵	۱۲۰	۵۱۸/۱۹ <sup>a</sup> $\pm$ ۲۸/۶۲
بارندگی سالانه (mm)	۶/۱۰-۵	۱۰۰	۵۱۷/۱۵ <sup>a</sup> $\pm$ ۲۴/۴۲
	۳۵۵-۳۳۸	۱۱۱	۴۵۵/۲۴ <sup>b</sup> $\pm$ ۳۰/۶۵
	۳۶۶-۳۵۵	۱۰۳	۴۵۳/۶۵ <sup>b</sup> $\pm$ ۲۲/۱۹
بارندگی فصلی (بهار) (mm)	۳۹۰-۳۶۶	۱۱۶	۶۰۸/۴۳ <sup>a</sup> $\pm$ ۲۱/۶۵
	۴۶-۴۴	۱۲۰	۵۱۴/۷۵ <sup>a</sup> $\pm$ ۳۰/۲۰
	۴۷-۴۶	۱۲۰	۵۲۹/۰۹ <sup>a</sup> $\pm$ ۲۰/۹۰
دمای سالانه (°C)	۵۰-۴۷	۹۰	۴۷۳/۰۳ <sup>a</sup> $\pm$ ۲۴/۳۰
	۶/۷-۰۰/۵۰	۱۰۰	۵۸۷/۹۲ <sup>a</sup> $\pm$ ۲۲/۹۳
	۷/۸-۵۰/۵۰	۱۳۰	۴۸۲/۹۶ <sup>b</sup> $\pm$ ۲۰/۶۰
دمای فصلی (بهار) (°C)	۸/۱۰-۵۰/۱۰۰	۱۰۰	۴۶۲/۵۸ <sup>b</sup> $\pm$ ۳۳/۶۶
	۵-۳/۵	۹۰	۵۸۶/۴۵ <sup>a</sup> $\pm$ ۲۴/۶۰
	۵/۶-۵/۵	۱۲۰	۵۴۲/۲۹ <sup>a</sup> $\pm$ ۲۰/۹۰
	۶/۸-۵	۱۲۰	۴۱۶/۴۹ <sup>b</sup> $\pm$ ۲۸/۷۰

a, b و c: حروف متفاوت در هر ردیف، نشانگر اختلاف معنی دار است؛ حروف یکسان نشانگر عدم اختلاف معنی دار بین طبقات است.

جدول ۴. مقادیر ویژه و واریانس مربوط به هر یک از مؤلفه‌ها در روش PCA

مؤلفه‌ها	مقادیر ویژه	واریانس توجیه شده (درصد)	واریانس تجمعی (درصد)	BSE
۱	۴/۷۰	۵۸/۷۴	۵۸/۷۴	۲/۷۱
۲	۱/۷۱	۱۷/۳۵	۷۶/۱۰	۱/۴۸

مؤلفه دوم شامل شیب بودند. بنابراین، این عوامل به ترتیب با توجه به تأثیر بالای خود به عنوان مؤثرترین عوامل در تغییر تولید اولیه مراتع منطقه شناسایی شدند.

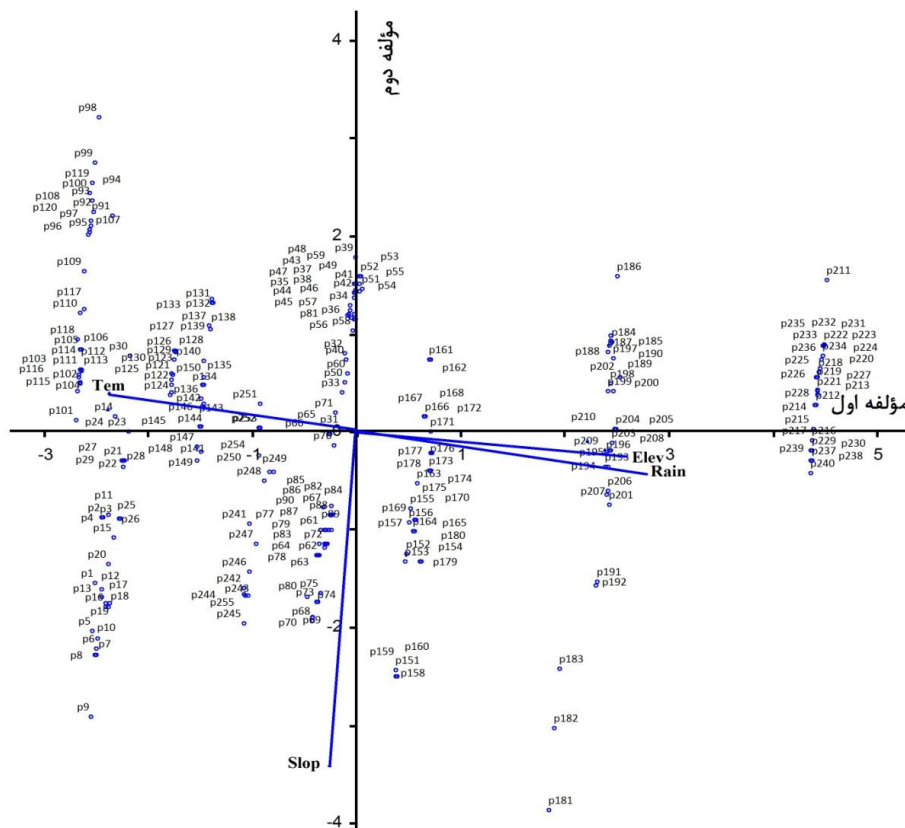
جدول (۵) مقادیر بردار ویژه مربوط به متغیرها در مؤلفه‌های اول و دوم را نشان می‌دهد. با توجه به قدر مطلق ضرایب و معنی‌داری آن‌ها، مؤلفه اول شامل عوامل بارندگی سالیانه، دمای سالیانه، ارتفاع از سطح دریا و

جدول ۵. مقادیر بردار ویژه مربوط به متغیرهای تأثیرگذار در هر یک از مؤلفه‌ها در روش PCA

عوامل محیطی	بارندگی سالیانه	دمای سالیانه	ارتفاع از سطح دریا	شیب دامنه	جهت دامنه	شاخص توپوگرافی	بارندگی فصل بهار	دمای فصل بهار
مؤلفه ۱	۰/۴۵۸	-۰/۴۵۸	۰/۴۵۷	-۰/۰۲۳	۰/۰۴۵	۰/۰۲۳	۰/۴۰۱	-۰/۴۵۴
مؤلفه ۲	۰/۰۴۴	-۰/۰۴۹	۰/۰۴۶	۰/۷۰۸	-۰/۶۱۲	-۰/۳۰۳	-۰/۱۳۱	-۰/۰۸۷
مؤلفه ۳	-۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	-۰/۰۱۲	-۰/۱۰۳	-۰/۹۴۷	۰/۲۹۹	-۰/۰۲۳	۰/۰۱۲
مؤلفه ۴	۰/۰۱۷	-۰/۰۲۴	۰/۰۲۷	۰/۶۹۹	۰/۱۴۰	۰/۶۸۳	-۰/۱۳۸	-۰/۰۵۳
مؤلفه ۵	۰/۱۴۶	-۰/۱۸۶	۰/۲۲۰	-۰/۱۳۱	-۰/۰۰۱	-۰/۰۸۵	-۰/۹۰۳	-۰/۲۳۳
مؤلفه ۶	-۰/۳۲۴	۰/۲۸۷	-۰/۲۷۸	-۰/۰۲۴	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۳	۰/۰۴۵	-۰/۸۵۵

شکل (۲) نمودار رسته‌بندی تولید اولیه سطح زمین گیاهان مرتعی را بر اساس مؤلفه‌های مورد نظر نشان می‌دهد. در تحلیل این نمودار و توجه به عامل پراکنش مکانی واحدهای زیست‌محیطی و تغییرات تولید اولیه

سطح زمین نکات زیر قابل توجه بوده است. هر چه نقطه معرف رویشگاه‌ها و تولید اولیه سطح زمین از مبدأ مختصات دورتر و به یک محور (مؤلفه خاص) نزدیکتر است، بیشتر تحت تأثیر آن مؤلفه بوده است.

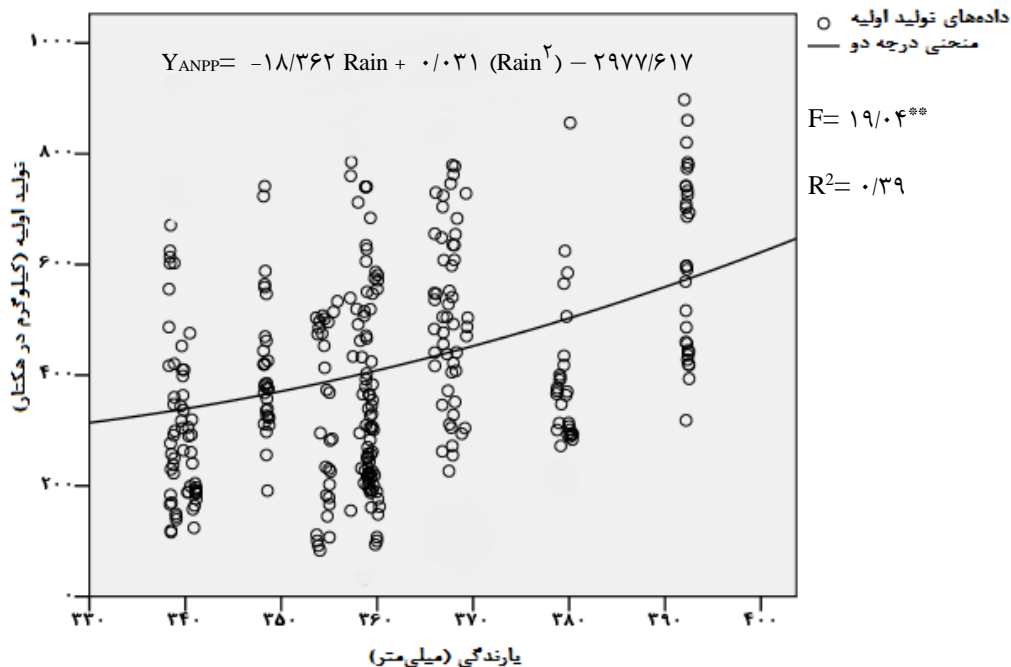


شکل ۲. نتایج حاصل از رسته‌بندی تولید اولیه گیاهی و عوامل محیطی بر اساس دو مؤلفه اول و دوم در روش PCA در سطح پلات‌ها  
 شماره پلات‌ها: (۱-۳۰): مکان ۱، (۳۰-۶۰): مکان ۲، (۶۰-۹۰): مکان ۳، (۹۰-۱۲۰): مکان ۴، (۱۲۰-۱۵۰): مکان ۵، (۱۵۰-۱۸۰): مکان ۶، (۱۸۰-۲۱۰): مکان ۷، (۲۱۰-۲۴۰): مکان ۸، (۲۴۰-۲۷۰): مکان ۹، (۲۷۰-۳۰۰): مکان ۱۰، (۳۰۰-۳۳۰): مکان ۱۱)؛ Tem: دمای سالیانه؛ Rain: بارندگی سالیانه؛ Slope: شیب؛ Elev: ارتفاع

اولیة سطح زمین هر یک از مکان‌های را مورد بررسی قرار داد.

با توجه به نتایج رابطه رگرسیونی تابع درجه دو محاسبه شده برای تولید اولیة سطح زمین با عوامل پستی و بلندی و اقلیمی مشاهده شد که رابطه معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) بین آن‌ها وجود دارد. با توجه به نتایج هم‌خطی بین عوامل مستقل و صرف‌نظر از عواملی که هم‌خطی بالا داشتند، معادله پیش‌بینی تولید اولیه به صورت شکل (۳) خواهد بود.

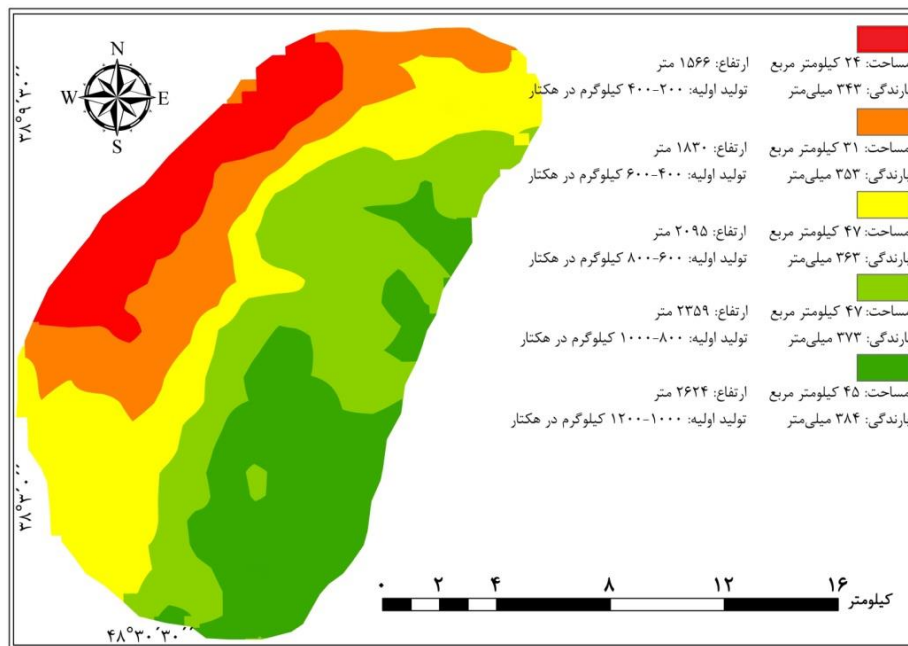
همچنین در تفسیر این نمودار به علامت جبری ضرایب همبستگی بین خصوصیات با مؤلفه‌ها توجه شده است. با توجه به علامت مثبت و منفی ضرایب متغیرها که در جدول (۵) ارائه شده است، در مؤلفه اول از چپ به راست دمای سالیانه کاهش و بارندگی سالیانه و ارتفاع از سطح دریا افزایش داشته است. همچنین با توجه به مؤلفه دوم با حرکت از پایین محور به بالا، عامل شیب کاهش یافته است. در کل با توجه به مشخصات مکان‌های نمونه‌برداری شده (جدول ۱) و نتایج رج‌بندی و موقعیت پلات‌ها (شکل ۲) می‌توان عوامل مهم در تغییرات تولید



شکل ۳. منحنی و معادله پیش‌بینی میزان تولید اولیه توسط متغیر بارش سالیانه با استفاده از رگرسیون تابع درجه دو (YANPP: تولید اولیة سطح زمین، Rain: بارندگی سالیانه، \*\*: معنی‌دار در سطح ۰/۹۹٪)

به‌دست آمده بر اساس جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برابر با ۰/۵۴ به‌دست آمد که با توجه به منابع در حد قابل بوده و نشان‌دهنده اعتبار مدل می‌باشد.

نقشه برآورد شده مقدار تولید اولیة سطح زمین با استفاده از معادله رگرسیونی غیرخطی استخراج شده در شکل (۴) ارائه شده است. ارزیابی صحت نقشه



شکل ۴. نقشه تولید اولیه سطح زمین استخراج شده از معادله رگرسیونی غیر خطی، به همراه مساحت، متوسط ارتفاع و متوسط بارندگی هر طبقه

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق نتایج حاصل از بررسی پوشش گیاهی نشان داد که گونه‌های مهاجم، گونه‌های غالب منطقه می‌باشند که نشانگر تخریب ترکیب گیاهی است. عوامل مختلفی در این امر می‌تواند دخالت داشته باشد. از جمله چرای سنگین و طولانی دام، تبدیل‌های مراتع به کاربری‌های زراعی، چرای زودرس و تعداد دام مازاد که نتیجه آن، تحت تأثیر قرار گرفتن عوامل پوشش گیاهی از جمله تولید اولیه سطح مراتع خواهد بود. در این راستا در مطالعه‌ای [۱۷] نیز تبدیل کاربری منابع طبیعی، افزایش تعداد دام و چرای زودرس را به ترتیب بیشترین سهم از تخریب مراتع گزارش کرده‌اند.

نتایج تجزیه واریانس، رابطه معنی‌دار بین طبقات ارتفاع با تولید اولیه سطح زمین را نشان داد. به طوری که با افزایش ارتفاع تولید اولیه سطح زمین نیز افزایش یافت که علت آن احتمالاً تغییرات اقلیمی و مطلوب‌تر شدن شرایط برای رشد گونه‌های مختلف است که در نتیجه افزایش تولید اولیه را در بر خواهد داشت. این قسمت از

نتایج توسط محققان دیگر [۲۱ و ۴۱] نیز اشاره شده است. با توجه به تأثیر طبقات جهات دامنه نیز مشاهده شد که بیشترین مقدار تولید اولیه کل در جهات غربی است. عوامل مختلفی در این امر می‌تواند دخیل باشد که می‌توان به مواردی از جمله: دریافت‌های مختلف نور و حرارت آفتاب (از لحاظ زمان و شدت)، وزش بادهای مرطوب از سمت دریا، تبخیر تدریجی و... اشاره کرد. این بخش از نتایج توسط محققان دیگر [۴۱ و ۵۰] نیز در مناطق مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج اثرات طبقات بارندگی و دما نیز به ترتیب اثرات مستقیم و عکس را بر روی تولید اولیه کل نشان داد. همان‌طور که در نقشه تهیه شده تولید اولیه سطح زمین نیز مشاهده شد، در منطقه مورد مطالعه با افزایش ارتفاع بارندگی افزایش و دما کاهش یافته است که در نتیجه افزایش تولید اولیه سطح زمین را در پی داشته است. بنابراین این دو نتیجه در تحقیق باهم مطابقت داشته‌اند. علت این امر می‌تواند بیانگر مطلوب‌تر شدن شرایط رشد با افزایش بارندگی و کاهش دما باشد. البته این امر در یک رنج خاص مورد

به‌شمار می‌آید، عوامل اقلیمی و ارتفاع از سطح دریا به عنوان مهم‌ترین عوامل اثر گذار در تغییرات تولید اولیه انتخاب شدند، در این راستا در مطالعه‌ای [۳] ارتفاع و عوامل آب و هوایی را مؤثرترین عوامل بر تغییرات پوشش گیاهی در مناطق مرتفع کوهستانی می‌دانند. نتایج این تحقیق با تحقیقات سایر محققان مانند [۱۳ و ۴۸] نیز همخوانی دارد که به همبستگی بین تولید گیاهان مرتعی و عوامل اقلیمی تأکید شده است. عوامل پستی و بلندی نیز از دیگر عوامل تأثیرگذار و مهم در این امر است که با تغییرات خود می‌تواند عوامل اقلیمی را نیز تحت تأثیر قرار دهد که علت آن می‌تواند کاهش دما و میزان تبخیر و افزایش میزان بارندگی با افزایش ارتفاع باشد. بنابراین، به نظر می‌رسد که ارتفاع از سطح دریا با تأثیر بر دو عامل دما و بارندگی، تولید اولیه گیاهی یک منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. البته در ارتفاعات بالاتر، کاهش دمای بیشتر به معنی یک عامل محدودکننده برای بسیاری از گونه‌ها می‌باشد.

با توجه به اینکه نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد عامل بارندگی سالیانه یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تغییرات تولید اولیه می‌باشد، علت آن می‌تواند مقدار آب مورد نیاز و در دسترس گیاهان در فصل رویش باشد. با توجه به اینکه مراتع از گونه‌های گیاهی مختلف تشکیل شده‌اند که هر گروه از این گیاهان نیازهای مختلفی برای ادامه حیات دارند، بنابراین گیاهان بسته به فرم رویشی و سیستم ریشه، زمان و کیفیت بارش، واکنش و وابستگی متفاوتی را به بارندگی نشان می‌دهند [۶] که در نتیجه باعث تغییرات تولید اولیه سطح زمین خواهد شد. محققان دیگر [۲۶] نیز مقدار بارندگی را یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده نوع جوامع گیاهی معرفی می‌کنند. همچنین فراوانی و پراکنش بارندگی نقش بسیار مهمی در دسترسی به رطوبت خاک داشته و پوشش گیاهی مناطق خشک را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۴]. این نتایج با تحقیقات سایر محققان مانند [۴ و ۴۹] همخوانی داشته و بارندگی را از

تأیید خواهد بود و تغییرات بیش از حد اقلیمی به‌عنوان یک عامل محدودکننده برای رشد گیاهان است. این قسمت از نتایج را می‌توان در مطالعات محقق دیگر [۴۰] نیز مشاهده کرد که با نتایج این بخش از تحقیق مطابقت داشته و همچنین افزایش بیش از حد ارتفاع و بارندگی و کاهش بیش از حد دما را از عوامل محدودکننده برای رشد گیاهان می‌داند.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی که توسط محققان دیگر [۲۴ و ۲۹] نیز توصیف شده است، نشان داد که دو مؤلفه اول با میزان اثر گذاری ۷۶/۱۰ درصد تغییرات انتخاب شدند که شامل عوامل پستی و بلندی و اقلیمی می‌باشد که در صد باقی‌مانده تغییرات احتمالاً تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند پارامترهای خاکی باشد که در تحقیقات دیگران [۵۴] نیز به آن اشاره شده است. با توجه به اثر گذاری عوامل مؤلفه اول که برابر با ۵۸/۷۴ درصد است، مشاهده شد که دما و بارندگی سالیانه و ارتفاع از سطح دریا به عنوان مهم‌ترین عوامل اثرگذار در تغییرات تولید اولیه منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند که نحوه اثر گذاری این عوامل در نتایج تجزیه واریانس نیز مشاهده شد. اگرچه عوامل شیب، جهت و شاخص توپوگرافی با تأثیر بر روی عوامل مختلف از جمله میزان بهره‌برداری در تولید اولیه مرتع اثر می‌گذارند، ولی در این تحقیق از میان عوامل پستی و بلندی (ارتفاع، شیب، جهت و شاخص توپوگرافی)، تنها عامل ارتفاع از سطح دریا به عنوان عامل موثر در تغییرات تولید اولیه مورد مطالعه در مؤلفه اول انتخاب شد که احتمالاً علت آن ارتباط تغییرات اقلیمی با تغییرات ارتفاع از سطح دریا می‌باشد که با نتایج مطالعه‌ای [۵۰] که از بین عوامل ارتفاع، شیب و جهت، عامل ارتفاع از سطح دریا را به عنوان مهم‌ترین عامل اثر گذار در تغییرات تولید و تاج پوشش می‌دانند، همخوانی دارد. در تحقیقی دیگر [۴۵] جهت را در مقیاس کوچک عامل تأثیرگذاری بر تغییرات پوشش گیاهی ندانسته است. با توجه به نتایج رگرسیون و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه، از مراتع کوهستانی

تولید اولیه در مراتع سبلان گزارش کرده‌اند. عامل شاخص توپوگرافی نیز با اینکه با تغییرات مساحت، شیب و رطوبت خاک در حوضه‌های مختلف به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار است ولی در این تحقیق به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در تغییرات تولید اولیه سطح زمین انتخاب نشد که احتمالاً در مراتعی که ویژگی‌های شاخص توپوگرافی در مناطق مختلف مرتع متغیر باشد، معنی‌دار خواهد بود.

در مجموع عوامل بارندگی سالیانه، دمای سالیانه، ارتفاع از سطح دریا به‌ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در مؤلفه اول و عامل شیب به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در مؤلفه دوم بر تولید اولیه مراتع هیر و نئور انتخاب شدند که نتایج کلی تحقیق مشابه نتایج مطالعه [۴۰] می‌باشد. یافته‌های این مطالعه به درک پاسخ‌های تولید اولیه سطح زمین مرتع به عوامل پستی و بلندی و اقلیمی کمک می‌کند و اطلاعات پایه‌ای برای حفاظت و مدیریت مراتع در راستای ایجاد تعادل در مقدار زی‌توده و توازن کربن و همچنین برقراری تعادل بین عرضه و تقاضای میزان انرژی اکوسیستم فراهم می‌کند. همچنین در ادامه با انجام مطالعات بیشتر می‌توان مقدار تولید گیاهان قابل چرای دام را برآورد کرد و برای تعیین ظرفیت چرای مراتع با استفاده از روش‌های توسعه یافته استفاده کرد.

مؤثرترین عوامل در تولید گونه‌های علفی و گندمیان عنوان کرده‌اند. همچنین با توجه به نتایج، دمای سالیانه نیز از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تغییرات تولید اولیه است که علت آن احتمالاً نیازهای دمایی مختلف گیاهان برای رویش و حیات است. به‌طور مثال مشاهده شد که با کاهش دما تولید اولیه گندمیان افزایش یافت. البته لازم به ذکر است کاهش دمای بیش از حد باعث عدم رشد گیاهان و به‌عنوان یک عامل محدودکننده خواهد بود. از این رو یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تغییرات تولید اولیه مرتع شناخته شد. نتایج این بخش از تحقیق با نتایج [۳۷ و ۵۱] همخوانی دارد که دمای سالیانه را از عوامل مهم و اثرگذار در تولید اولیه مراتع معرفی کرده‌اند. همچنین نتایج نشان داد که از میان عوامل پستی و بلندی، عامل ارتفاع از سطح دریا نیز در تغییرات میزان تولید اولیه مراتع نقش مهمی دارد که علت آن احتمالاً به دلیل تفاوت اقلیم در ارتفاعات مختلف و مقدار رطوبت خاک است و با توجه به نمودار رج‌بندی مشاهده می‌شود که با افزایش ارتفاع، عامل بارندگی سالیانه افزایش و دمای سالیانه کاهش یافته یا به عبارت دیگر عوامل اقلیمی و همچنین عوامل خاکی تحت تأثیر اثرات مستقیم و غیرمستقیم تغییرات ارتفاع از سطح دریا هستند. محققان دیگر [۱] نیز بر این عقیده بوده و بیش از ۵۰ درصد تغییرات پوشش گیاهی را تحت تأثیر ارتفاع از سطح دریا معرفی کرده‌اند.

با توجه به عامل محیطی مؤلفه دوم که شامل شیب است، مشاهده شد که این عامل ۱۷/۳۵ درصد از تغییرات تولید اولیه مرتع را بر عهده دارد که علت آن احتمالاً تأثیر بر قابلیت میزان بهره‌برداری و همچنین متغیر بودن میزان جذب آب و رطوبت خاک در شیب‌های مختلف است که می‌تواند تولید اولیه مرتع را تحت تأثیر قرار دهد. در تحقیقی [۴۱] نیز شیب را از عوامل مؤثر در تغییرات

## References

- [1] Abd El-Ghani, M., Soliman, A. and Abd El-Fattahr, R. (2014). Spatial distribution and soil characteristics of the vegetation associated with common succulent plants in Egypt. *Turkish Journal of Botany*, 38, 550-565.
- [2] Abdollahi, J., Arzani, H. and Naderi, H. (2011). Effective meteoroidal factors for forage production of Nodoushan steppe rangelands in Yazd province. *Iranian Journal of Rangeland*, 5(1), 45-56.
- [3] Ahmadi, H., Javanshir, K., Ghanbarian, Gh. A. and Habibian, S. H. (2002). An investigation ecological characteristic of plant communities in relation to geomorphological units, Case study: Chenar Rahdar region of Fars province. *Iranian Journal of Natural Resource*, 55 (1), 81-94.
- [4] Akbarzadeh, M., Moghadam, M.R., Jalili, A., Jafari, M. and Arzani, H. (2006). Effect of precipitation on cover and production of rangeland plants in Polour. *Iranian Journal of Natural Resource*, 60(1), 307-322.
- [5] Arzani, H. and Abedi, M. (2014). Rangeland evaluation. Vol 2, University of Tehran press.
- [6] Bates, J. D., Svejcar, T., Miller, R. F. and Angell, R. A. (2006). The effects of precipitation timing on sagebrush steppe vegetation. *Journal of Arid Environments*, 64, 670-697.
- [7] Beers, T. W., Dress, P. E. and Wensel, L. C. (1966). Aspect transformation in productivity research. *Journal of Forestry*, 64, 691-692.
- [8] Bork, E. W., Thomas T. and Mcdougall, B. (2001). Herbage response to precipitation in central Alberta boreal grasslands. *Journal of Range Management*. 54, 243-248.
- [9] Cao, S., Sanchez-Azofeifa, G. A., Duran, S. M. and Calvo-Rodriguez, S. (2016). Estimation of aboveground net primary productivity in secondary tropical dry forests using the Carnegie–Ames–Stanford approach (CASA) model. *Environmental Research Letters*, 11(7), 075004.
- [10] Dadjou, F., Ghorbani, A., Moameri, M., and Bidarlord, M. (2018). Effect of temperature and rainfall on Aboveground Net Primary Production of Hir and Neur rangelands in Ardabil province. *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 25(3): 566-575.
- [11] Dessalegn, D., Beyene, S., Ram, N., Walley, F. and Gala, T. (2014). Effects of topography and land use on soil characteristics along the toposequence of Ele watershed in southern Ethiopia, *Journal of Catena*, 115, 47-54.
- [12] Ebrahimi, A., Bossuyi, B. and Hoffmann, M. (2010). A herbivore specific grazing capacity model accounting for spatio-temporal environmental variation: A tool for a more sustainable nature conservation and rangeland management. *Journal of Ecological Modeling*, 221, 900-910.
- [13] Edward, W., Bork, T. and Brent, D. (2001). Herbage response to precipitation in central Alberta boreal grassland. *Journal of Range Management*, 54, 243-248.
- [14] Ehleringer, J. R., Schwinning, S. and Gebauer, R. (1999). Water use in arid land ecosystems. In: Press, M. C., Scholes, J. D. and Barker, M. G. (Eds.), *Physiological Plant Ecology*. Blackwell Science, Boston, USA, 347-365.
- [15] Fakhari Izadi, N., Naseri, K. and Mesdaghi, M. (2016). The Effects of Plot Size and Shape on Accuracy and Precision of Estimation of Production at Some Pastures by Sampling Simulation. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 14(4), 51-60.
- [16] Gervasio Pineiroa, G., Perelman, S., Guerschman J.P. and Paruelo, J.M. (2008). How to evaluate models: Observed vs. predicted or predicted vs. observed? *Journal of Ecological Modeling*, 216, 316-322.
- [17] Ggeitury, M., Ansari, N. and Heshmati, M. (2007). The effective factors of destruction in Kermanshah rangelands. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 13(4), 314-323.
- [18] Gholinezhad, B. (2015). Determining the appropriate transect length for measuring the vegetation cover of some rangeland species in the Ariz rangelands of Sanandaj, MSc thesis. Department of Range and Watershed Management, The University of Kurdistan.
- [19] Ghorbani, A., Sharifi, J., Kavianpoor, A.H., Malekpour, B. and Mirzaei Aghche Gheshlagh, F. (2013). Investigation on ecological characteristics of *Festuca ovina* L. in southeastern rangelands of Sabalan. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 20(2), 369-396.

- [20] Ghorbani, A. and Asghari, A. (2014). Ecological factors affecting the distribution of *Festuca ovina* in Southeastern rangelands of Sabalan. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 21(2), 368-381.
- [21] Ghorbani, A., Dadjou, F., Moameri, M., Bidar Lord, M. and Hashemi Majd, K. (2018). Investigating the relationship between net primary production with physiographic factors in Hir and Neur rangelands in Ardabil province. *Iranian Journal of Rangeland*, 12(1), 73-88.
- [22] Griffiths, R. P., Madritch, M. D. and Swanson, A. K. (2009). The effects of topography on forest soil characteristics in the Oregon Casade Mountains (USA): Implications for the effects of climate change on soil properties. *Journal of Forest Ecology and Management*, 257, 1-7.
- [23] Hassanzadeh Kuhsareh, E., Ghorbani, A., Moameri, M., Hashemi Majd, K. and Pournemati, A. (2018). Net primary production variations under the effect of topographic factors in mountain rangelands of Namin county. *Iranian Journal of Natural Resource*, 70(4), 851-867.
- [24] Heshmati, Gh.A. (2003). Multivariate analysis of environmental factors effect on establishment and expansion of rangeland plants. *Iranian Journal of Natural Resource*, 56(3), 309-320.
- [25] Hjerdt, K. N., McDonnell, J. J., Seibert, J. and Rodhe, A. (2004). A new topographic index to quantify downslope controls on local drainage. *Journal of Water Resources Research*, 40, 1-6.
- [26] Humphrey, R. R. (1962). Range ecology. Ronald company press. New York.
- [27] Ivanov, V.Y., Bras, R. L. E. and Vivon. R. (2008). Vegetation-hydrology dynamics in complex terrain of semiarid areas: Energy-water controls of vegetation spatiotemporal dynamics and topographic niches of favorability. *Journal of Water Resources Research*, 44(3), 1-34.
- [28] Jackson, D.A. (1993). Stopping in principal components analysis: a comparison of heuristic and statistical approaches. *Journal of Ecology*, 74, 2204-2214.
- [29] Jafari, M., Zare Chahouki, M. A. and Azarnivand, H. (2002). Relationships between Poshtkouh rangeland vegetative of Yazd province and soil physical and chemical characteristics using multivariate analysis methods. *Iranian Journal of Natural Resource*, 55(3), 419-434.
- [30] Karimi, Gh., Yeghaneh, H., Abassi Khalaki, M., Moameri, M. and Afra, H. (2015). Investigation of production and utilization of *Bromus tomentellus* Boiss. in Kordan rangeland of Alborz province. *Iranian Journal of Natural Resource*, 68(2), 359-370.
- [31] Kaufman, D., Schneider, D., McKay, N., Ammann, C., Bradley, R., Briffa, K., Miller, G., Otto-Bliesner, L., Overpack, J. and Vinther, B. (2009). Recent warming reverses long-term arctic cooling. *Journal of Paleolimnology Special issue*, 325(5945), 1236-1239.
- [32] Khumalo, G. F. and Holechek, J. (2005). Relationship between Chihuahuan desert perennial grass production and precipitation. *Journal of Rangeland and Ecology Management*, 58(33), 239-246.
- [33] Mao, D., Wang, Z., Li, L. and Ma, W. (2014). Spatiotemporal dynamics of grassland aboveground net primary productivity and its association with climatic pattern and changes in Northern China. *Journal of Ecological Indicators*, 41, 40-48.
- [34] Mesdaghi, M. (2015). Range Management in Iran. Seventh ed. Sadjad University of Technology, Mashhad.
- [35] Mirzaei Mossivand, A., Ghorbani, A., Zare Chahoki, M. A., Keivan Behjou, F. and Sefidi, K. (2016). Environment factors affecting the distribution of species *Prangos ferulacea* Lindl. in rangelands of Ardabil Province. *Iranian Journal of Rangeland*, 10(2), 191-203.
- [36] Moore, I. D., Grayson R.B. and Ladson A.R. (1991). Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Journal of Hydrological Processes*, 5, 3-30.
- [37] Munkhtsetseg, E., Kimura, R., Wang, J. and Shinoda, M. (2007). Pasture yield response to precipitation and high temperature in Mongolia. *Journal of Arid Environment*, 70, 94-110.
- [38] Parker, V. T., Schile, L. M., Vasey, M. C. and Callaway, J.C. (2011). Efficiency in assessment and monitoring methods: scaling down gradient-directed transects. *Journal of Ecosphere*, 2(9), 99.
- [39] Pauli, H. (2016). Climate change impacts on high-altitude ecosystem, *Journal of Mountain Research and Development*, 36(1), 125-126.



- [40] Pournemati, A. (2014). Estimation primary production using remote sensing in Sabalan rangelands. M.Sc. thesis, Department of Range management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, 100p.
- [41] Pornemati, A., Ghorbani, A., Sharifi, J., Mirzaei Aghche Gheshlagh, F., Amirkhani M. and Ghodarzi, M. (2017). Study the effects of elevation, slope and aspect on life form forage production in Sabalan rangelands in Ardabil province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 24(1), 91-100.
- [42] Reshvand, S., Safari H. and Ashouri Sanjabi, P. (2012). Sustainability of forage production of some rangeland species using univariate method in mountainous rangelands of Middle Alborz, Qazvin province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 19(2), 355-369.
- [43] Reshvand, S., Yeganeh, H. and Moameri, M. (2016). Investigating the production consumption vegetation of two species from *Agropyron* genus (Case study: Almout mountain rangelands-Ghazvin). *Iranian Journal of Rangeland*, 10(1), 124-134.
- [44] Ruppert, J. and Lindstadter, Ch. A. (2014). Convergence between ANPP estimation methods in grassland – A practical solution to the comparability dilemma. *Journal of Ecological Indicators*, 36, 524-531.
- [45] Saberian, Gh. (2002). Investigating the correlation of vegetation cover with topographical factors in the sub-basin of the Sefid Dasht - Margsar of Semnan. University of Mazandaran, Mazandaran, 112p.
- [46] Sharifi, J., Fayaz, M., Azimi, F., RostamiKia, Y. and Eshvari, P. (2013). Identification of Ecological region of Iran (Vegetation of Ardabil Province), Institute Research of Forest and Rangeland Press. Report No. 42183/37.
- [47] Stage, R. A. and Salas, Ch. (2007). Interactions of elevation, aspect and slope in models of forest species composition and productivity. *Journal of Forest Science*, 53(4), 486-492.
- [48] Sun, J. and Du, W. (2017). Effects of precipitation and temperature on net primary productivity and precipitation use efficiency across China's grasslands. *Journal of GIScience and Remote Sensing*, 54, 1-17.
- [49] Svenja, B., Bertrand, G., Christophe, B., Juliette, L., Jean-Yves, P., Annemiek, S., Ilja-M, R., Thierry, G., Virginie, B. and Catherine, F. (2016). Impact of annual and seasonal precipitation and air temperature on gross primary production in Mediterranean ecosystems in Europe. *Journal of Biogeosciences*, 13(19), 5541-5555.
- [50] Tamartash, R. (2012). Investigation on the relationship between vegetation characteristics and topographic factors in utilization units of mountainous rangelands of Vaz, Mazandaran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 19(3), 469-481.
- [51] Wang, H., Liu, G., Li, Z., Ye, X., Wang, M. and Gong, L. (2016). Impacts of climate change on net primary productivity in arid and semiarid regions of China. *Journal of Chinese Geographical Science*, 26(1), 35-47.
- [52] Wang, X., Li, F., Gao, R., Luo, Y. and Liu, T. (2014). Predicted NPP spatiotemporal variations in a semiarid steppe watershed for historical and trending climates. *Journal of Arid Environments*, 104, 67-79.
- [53] Wang, J., Dong, J., Yi, Y., Lu, G., Oyler, J., Smith, W. K., Zhao, M., Liu, J. and Running, S. (2017). Decreasing net primary production due to drought and slight decreases in solar radiation in China from 2000 to 2012. *Journal of Geophysical Research*, 122 (1), 261-278.
- [54] Yu, B. and Chen, F. (2016). The global impact factors of net primary production in different land cover types from 2005 to 2011. *Journal of SpringerPlus*, 5(1), 1235.
- [55] Zareh Hesari, B., Ghorbani, A., Azimi Motam, F., Hashmi Majd, K. and Asghari, A. (2014). Study the effective ecological factors on distribution of *Artemisia fragrans* in southeast faced slopes of Sabalan, *Iranian Journal of Rangeland*, 8(3), 238-250.
- [56] Zarekia, S., Niloofar, Z., Ehsani, A., Jafari, F. and Yeganeh, H. (2013). Relationship between rainfall and annual forage production of important range species (Case study: Khoshkerood – Saveh). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 19 (4), 614-623.

