

مدل‌سازی پارامترهای تولید و پوشش تاجی به منظور معرفی مؤثرترین عامل محیطی در مراتع نیمه‌استپی باغرو، استان اردبیل ایران

فرید دادجو^۱، اردوان قربانی^{۲*}، مهدی معمری^۲، رئوف مصطفی‌زاده^۲ و زینب حزباوی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۱۰)

چکیده

هدف از تحقیق حاضر تعیین مؤثرترین عوامل محیطی (پستی و بلندی، اقلیمی و خاک) بر تغییرات تولید و پوشش تاجی گیاهی و تهیه مدل پیش‌بینی با استفاده از مهم‌ترین عامل در مراتع نیمه‌استپی هیر- باغرو استان اردبیل بود. ابتدا با در نظر گرفتن تیپ‌های گیاهی و عوامل محیطی، تولید و پوشش تاجی در مرحله گلدهی کامل گیاهان، با استفاده از پلات‌های یک متر مربعی، برداشت شد. برای تعیین مؤثرترین عوامل محیطی در تغییرات تولید و پوشش تاجی، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. برای مدل‌سازی ابتدا همبستگی بین تأثیرگذارترین عوامل محیطی به دست آمده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام و عوامل با همبستگی بالا حذف و مدل‌سازی با استفاده از رابطه چندجمله‌ای درجه دو انجام شد. در نهایت مدل‌های به دست آمده در محیط GIS شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که شش مؤلفه اول با ۷۱/۶۵ درصد، بیش‌ترین تأثیر را بر تغییرات تولید و پوشش تاجی داشت. با توجه به معیار (RMSE=Root mean squared error) نقشه‌های شبیه‌سازی شده تولید (RMSE=۰/۷۶) و پوشش تاجی (RMSE=۰/۴۸) توسط مهم‌ترین عامل تأثیرگذار به دست آمده (بارندگی سالیانه) نیز صحت بالایی را نشان داد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند در مدیریت مراتع در استان اردبیل در راستای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای تولید و توازن کربن مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی، مرتع، پستی و بلندی، اقلیم، پارامترهای خاک، منطقه اکولوژیک

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی مرتع، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a_ghorbani@uma.ac.ir

مقدمه

مدیریت صحیح مراتع بر پایه اصول اکولوژیک بوده و درک فرآیندهای اکولوژیک یکی از پیش شرط‌های مهم مدیریت مراتع است (۲۳). بنابراین با توجه به اینکه بیش‌ترین درصد مساحت ایران را اکوسیستم‌های مرتعی تشکیل داده‌اند و به دلیل نادیده گرفتن توان اکولوژیک و بهره‌برداری نادرست در معرض تخریب قرار دارند. به منظور مدیریت صحیح باید ارتباط بین عوامل بوم‌شناختی موجود در طبیعت شامل عوامل پستی و بلندی، اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و موجودات زنده را شناخت (۱۹). بررسی نوسان و ارتباط مقدار تولید و پوشش تاجی مراتع با متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی و دما از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲۲، ۳۰ و ۳۴) اما برای برآورد آن‌ها، مشخصه‌هایی مانند خصوصیات خاک و پستی و بلندی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است (۳۴). در این مطالعه هر سه عامل پستی و بلندی، اقلیمی و پارامترهای خاک مورد توجه قرار گرفت. تولید و پوشش تاجی دو عامل کلیدی اکوسیستم بوده و از تمام جوانب از اهمیت اساسی برای چرخه مواد و انرژی در اکوسیستم‌های مرتعی برخوردار است (۱۴). پستی و بلندی به طور مستقیم از طریق تأثیر بر روی عوامل محیطی مانند بارندگی و به‌طور غیرمستقیم از طریق تأثیر بر تشکیل خاک، اثر عمده‌ای بر جوامع گیاهی دارد (۱۵). هم‌چنین مقدار نیتروژن در دسترس خاک برای گیاهان که خود مقدار تولید اولیه و به تبع آن پوشش تاجی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، نیز متأثر از شرایط پستی و بلندی است (۱۶). مطالعات بر روی داده‌های اقلیمی نیز نشان داده است که از بین متغیرهای اقلیمی، مقدار بارندگی دارای بیش‌ترین تأثیر بر تغییرات پوشش و تولیدات گیاهی بوده و مهم‌ترین شاخص در برآورد تولید به‌شمار می‌آید (۶ و ۲۰). ویژگی‌های مختلف خاک اعم از فیزیکی و شیمیایی نقش مؤثری در تغییرات مراتع و ویژگی‌های پوشش گیاهی (تولید و پوشش تاجی) دارد و از طرفی دیگر پوشش گیاهی نیز نقش مؤثری در تغییر و توسعه خاک‌ها دارند (۳).

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 (۷). در این راستا مطالعات مختلفی در دنیا و ایران انجام شده است. از جمله مطالعه بروک و همکاران (۵) که رابطه بین تولید مراتع با بارندگی سالانه را در علف‌زارهای آلبرتای مرکزی مورد بررسی قرار داده و معنی‌داری رابطه بین این دو عامل را گزارش و میزان و جهت این هم‌بستگی را در تیپ‌های مختلف گیاهی متفاوت اعلام کردند. نی (۲۷) در بررسی رابطه متغیرهای اقلیمی با شش تیپ عملکردی گیاهی نشان داد که غنای تیپ عملکردی گندمیان هم‌بستگی مثبتی با بارندگی و شاخص خشکی دمارتن دارد. مونسج و همکاران (۲۶) عامل اصلی کاهش تولید گونه‌های گیاهی مراتع مغولستان را افزایش دمای ماه جولای به همراه کاهش بارش در ژوئن بیان کردند. یو و همکاران (۳۵) روابط بین تولید و فتوسنتز گیاهی و فسفر خاک را بررسی و گزارش کردند که رابطه معنی‌داری بین تغییرات فسفر و تولید گیاهان وجود دارد. قربانی و همکاران (۱۵) ارتباط بین عوامل محیطی و تولید مراتع قول اوزن استان اردبیل را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که پارامترهای اقلیمی بیش‌ترین تأثیر در تغییرات تولید گیاهان مرتعی را دارند. تقی پور و رستگار (۳۲) با بررسی هر یک از عوامل پستی و بلندی بر پوشش گیاهی مشخص کردند که جهات دامنه، ارتفاع و شیب بر تغییرات درصد پوشش تاجی و تراکم گونه‌های مورد مطالعه تأثیر گذارند. عبدالهی و همکاران (۱) اثر بارندگی روی تولید را در منطقه ندوشن یزد مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند بارش دوره آذر تا اسفند و دمای بیشینه تیرماه تأثیر مثبتی بر روی تولید دارد. تمرتاش (۳۳) رابطه خصوصیات گیاهی با عوامل پستی و بلندی در واحدهای بهره‌برداری در مراتع ییلاقی حوزة واز در استان مازندران را مورد بررسی قرارداد. نتایج آن‌ها نشان داد از بین عوامل پستی و بلندی، شیب و جهات جغرافیایی بیش‌ترین هم‌بستگی را با مقدار بهره‌برداری دام داشته و عامل ارتفاع رابطه‌ای با مقدار بهره‌برداری نشان نداد. زارع کیا و همکاران (۳۸) در تحقیقی به منظور تعیین مقادیر علوفه سالیانه و ماهیانه

کم‌فشار مستقیم از سمت غرب پس از عبور از دریای مدیترانه و غنی شدن از بخار آب وارد کشور می‌شود. فصل زمستان با ۳۷ درصد بارندگی سالیانه پرباران‌ترین فصل و فصل تابستان با ۲/۷ درصد بارندگی سالیانه خشک‌ترین فصل سال می‌باشد. بر اساس گرادیان بارندگی استخراج شده از داده‌های ۲۵ ساله ایستگاه‌های هواشناسی اطراف منطقه مورد مطالعه بارندگی سالیانه ۳۳۸ تا ۳۹۰ میلی‌متر و دمای سالیانه ۶ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد است. نمودار آمبروترمیک منطقه نیز در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج این مطالعه، بافت خاک لومی رسی و حاصل‌خیز مرتعی و پوشش گیاهی منطقه به صورت علف - بوته‌زار است. گونه‌های غالب گیاهی منطقه *Bromus cappadocicus* Boiss. & Balansa., *Festuca ovina* L., *Astragalus australis* (L.) Lam., *Artemisia* sp., *Onobrychis cornuta* (L.) Desv است. این مراتع جزء مراتع روستایی و عشایری (ایل شاهسون) می‌باشد. با توجه به مشاهدات میدانی و پرسش و پاسخ از بومیان منطقه مشخص شد دام منطقه عمدتاً گوسفند نژاد مغانی (بیش از ۹۵ درصد) و سایر احشام کم‌تر از ۵ درصد می‌باشد. مراتع توسط دام روستایی از فصل برف تا برف (اوایل بهار تا اواسط پاییز) و توسط دام عشایری در فصل بهار و تابستان مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

روش تحقیق

برای انجام این تحقیق، با توجه به جاده دسترسی، یازده مکان نمونه‌برداری (رویشگاه) تعیین شد (شکل ۱) که مشخصات کلی پستی و بلندی، اقلیمی، تولید و پوشش تاجی هر یک از مکان‌های نمونه‌برداری شده در جدول ۱ گزارش شده است. در هر مکان سه ترانسکت با فاصله ۵۰ متری از هم که محل ترانسکت اول تصادفی، سپس ترانسکت‌های بعدی به صورت سیستماتیک در جهت عمود بر شیب دامنه در سطح مناطق معرف مستقر شدند. در امتداد هر ترانسکت تعداد ۱۰ پلات یک متر مربعی (در هر مکان ۳۰ پلات) با فواصل ۱۰ متری از هم مستقر شد و تولید اولیه سطح زمین با روش قطع و توزین

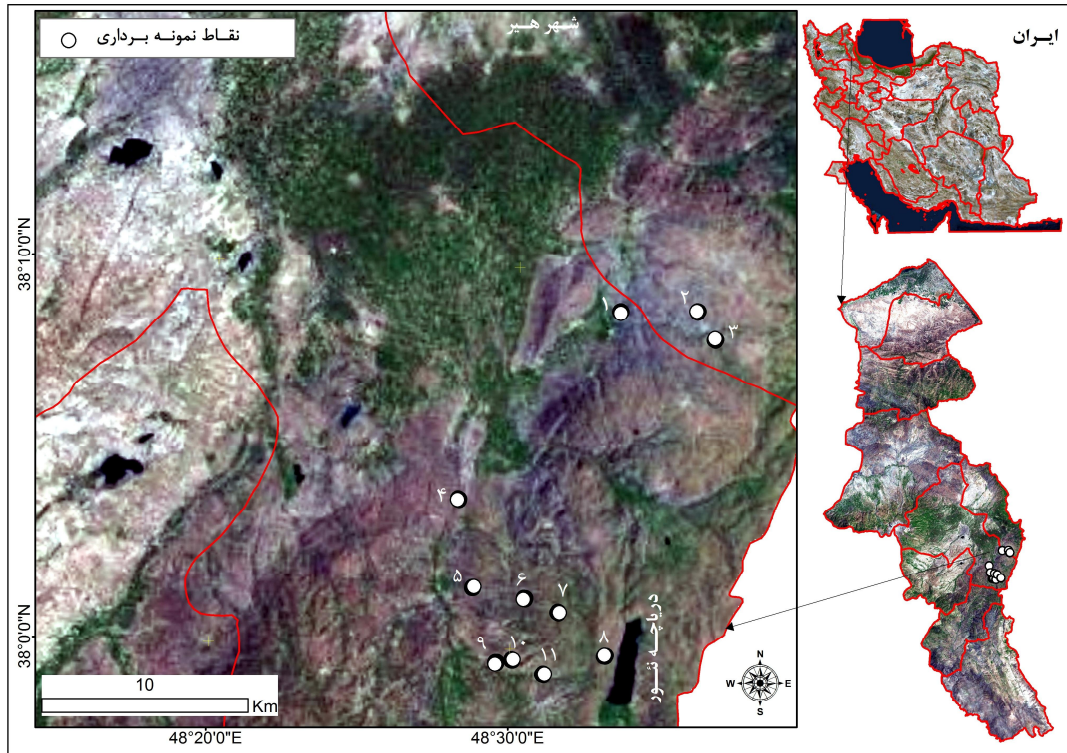
گونه‌های مهم مراتع خشکه رود ساوه گزارش کردند که مقدار بارندگی فصل زمستان بر تولید گونه‌های چندساله تأثیر معنی‌داری نداشته و بارندگی‌های بهاره نیز بر تولید علوفه گیاهان تحت بررسی متفاوت عمل کرده است. پورنعمتی و همکاران (۲۸) تأثیر عوامل پستی و بلندی را بر روی تولید گیاهان مرتعی در مراتع سبلان واقع در استان اردبیل را مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که تولید فرم‌های رویشی رابطه معنی‌داری با تغییرات عوامل پستی و بلندی دارند. قربانی و همکاران (۱۳) در مطالعه خود در مراتع هیر-نئور، به مدل‌سازی تولید توسط عوامل پستی و بلندی پرداخته و گزارش کردند که بین عوامل ذکر شده رابطه معنی‌دار وجود داشته و می‌توان از روابط به دست آمده برای اطلاع از تولید مرتع استفاده کرد.

با توجه به اینکه جوامع گیاهی همواره در اثر عوامل انسانی و طبیعی مختلف (عوامل محیطی) در حال تغییر است (۸)، از این رو تحقیق حاضر با دو هدف مهم: الف) تعیین اولویت و میزان اثرات عوامل مختلف محیطی بر روی تولید و پوشش تاجی گیاهان و ب) مدل‌سازی تولید و پوشش تاجی توسط تأثیرگذارترین عامل تعیین شده برای مراتع هیر-باغرو استان اردبیل انجام گرفت تا بتوان مدیریت بهتری در ایجاد تعادل عرضه و تقاضای تولید و هم‌چنین گامی در راستای ایجاد توازن کرین اعمال کرد.

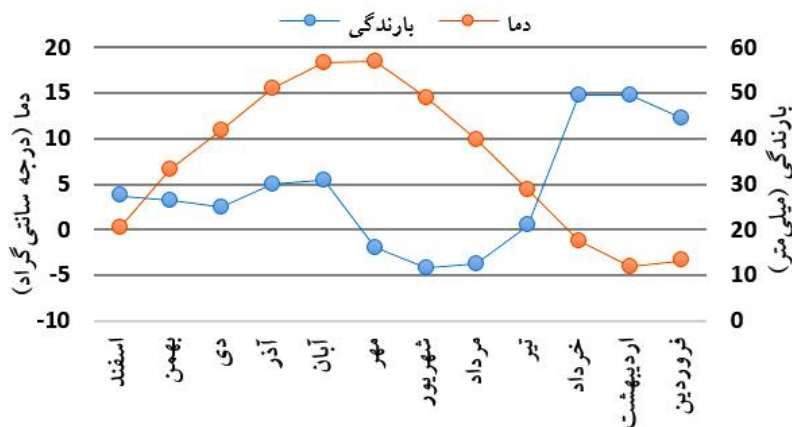
روش‌شناسی تحقیق

معرفی منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش مراتع منطقه هیر-باغرو واقع در استان اردبیل در موقعیت جغرافیایی $37^{\circ}59'$ تا $38^{\circ}5'$ شمالی و $48^{\circ}26'$ تا $48^{\circ}35'$ شرقی مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱). با توجه به نقشه مدل رقمی ارتفاع، حداقل ارتفاع از سطح دریا ۱۴۴۶ متر و حداکثر ارتفاع آن ۲۷۵۰ متر از سطح دریا است. منشأ اصلی بارندگی‌های منطقه جریان‌های مرطوبی است که در مدتی بین ۴ تا ۸ ماه از اوایل مهرماه لغایت اردیبهشت‌ماه به‌همراه مراکز



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران ، استان اردبیل و توزیع رویگاه‌های (مکان‌ها) انتخاب شده با توجه به تغییرات ارتفاعی



شکل ۲. نمودار آمیروترمیک منطقه مورد مطالعه

نقشه مدل رقومی ارتفاع با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ رقومی سازمان نقشه‌برداری کشور با ابعاد پیکسل ۲۰×۲۰ متر تهیه شد. نقشه‌های ارتفاع، شیب، جهات جغرافیایی و شاخص توپوگرافی 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

برداشت شد. تخمین درصد پوشش گیاهی نیز با استفاده از پلات مشبک انجام شد (۳۳۰ پلات). ابعاد و تعداد پلات‌ها، با توجه به ساختار پوشش گیاهی و تعداد نمونه مورد نیاز و همچنین مطالعات قبلی صورت گرفته در منطقه و اطراف تعیین شد (۱۲، ۲۴ و ۳۷). عملیات صحرائی در خردادماه ۱۳۹۷ انجام شد. موقعیت تک تک پلات‌ها با استفاده از GPS ثبت شد.

جدول ۱. مشخصات مکان‌های نمونه‌برداری شده

شماره مکان	موقعیت مرکزی هر مکان	متوسط ارتفاع	متوسط شیب	جهت	متوسط بارندگی سالیانه	متوسط دمای سالیانه	تولید	پوشش تاجی
	(°N, °E)	(m)	(%)		(mm)	(°C)	(kg/ha)	(%)
۱	۴۸,۵۵-۳۸,۱۴	۱۶۱۷	۴۰	شمال‌غربی	۳۴۰	۹	۲۷۱	۳۶
۲	۴۸,۵۹-۳۸,۱۴	۱۹۵۳	۱۲	شمالی	۳۵۹	۸	۲۱۱	۳۵
۳	۴۸,۶۰-۳۸,۱۳	۱۹۴۸	۲۸	غربی	۳۵۸	۸	۴۹۰	۴۱
۴	۴۸,۴۶-۳۸,۰۶	۱۶۲۲	۱۲	شمالی	۳۳۸	۹	۳۴۳	۳۸
۵	۴۸,۴۷-۳۸,۰۲	۱۸۰۴	۱۲	غربی	۳۴۸	۸	۵۷۳	۴۵
۶	۴۸,۵۰-۳۸,۰۲	۲۱۳۴	۲۹	غربی	۳۶۶	۷	۵۸۶	۴۷
۷	۴۸,۵۲-۳۸,۰۱	۲۳۶۰	۲۸	شمالی	۳۷۹	۷	۳۷۹	۳۹
۸	۴۸,۵۵-۳۷,۹۹	۲۵۸۹	۱۲	شمال‌غربی	۳۹۲	۶	۶۴۳	۶۰
۹	۴۸,۴۹-۳۷,۹۹	۱۹۱۹	۲۱	جنوب‌غربی	۳۵۴	۸	۳۱۷	۳۷
۱۰	۴۸,۵۰-۳۷,۹۹	۱۹۸۲	۲۴	جنوب‌غربی	۳۵۸	۸	۴۹۱	۴۴
۱۱	۴۸,۵۱-۳۷,۹۸	۲۱۶۱	۳۳	جنوب‌غربی	۳۶۸	۷	۵۰۷	۴۳

شد. نقشه‌های اقلیمی مورد نیاز نیز با استفاده از گرادیان استخراج شده از ایستگاه‌های هواشناسی به‌روش رگرسیون خطی تهیه شد. هم‌چنین نمونه‌های خاک به‌صورت مخلوط از محل پلات اول، وسط و انتهای هر ترانسکت از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری برداشت شده، به آزمایشگاه خاک‌شناسی انتقال و برخی پارامترهای مورد نیاز (که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است) اندازه‌گیری شد. در مجموع ۳۳ نمونه خاک از منطقه جمع‌آوری شد.

$$A' = \text{Cos}(45-A) + 1 \quad (2)$$

که A' : مقدار تبدیل شده جهت و A : مقدار آزیموت جهت است.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا تست نرمال بودن با استفاده از آزمون کلوموگرو-اسمیرنوف (Kolmogorov Smirnov) انجام شد که داده‌های متغیر مستقل و وابسته دارای توزیع نرمال بودند. برای تعیین مهم‌ترین عامل محیطی تأثیرگذار، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principle Component Analysis) استفاده شد. میزان توجیه‌کنندگی و اثرات مشترک عوامل مورد بررسی بین

رطوبتی) تهیه شد. مناطق با مقادیر کم شاخص توپوگرافی نشان‌دهنده حوضه‌های 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) می‌باشد (۱۳). بر اساس مطالعه‌ای مور و همکاران (۲۵) این شاخص برای مدل‌ها و جنبه‌های هیدرولوژیکی استفاده می‌شود که به‌شدت با رطوبت خاک در ارتباط است که از این اطلاعات می‌توان به‌صورت غیرمستقیم در بررسی‌های پوشش گیاهی از جمله تولید و پوشش تاجی گیاهی نیز استفاده کرد.

$$CTI (\text{Compound Topographic Index}) = \ln(a/\tan \beta) \quad (1)$$

که a : مقدار انباشتگی جریان ناحیه بالادست و β : شیب دامنه را نشان می‌دهد.

داده‌های مربوط به جهت جغرافیایی با استفاده از رابطه بیرز و همکاران (۴) کمی شد (معادله ۲). هم‌چنین داده‌های اقلیمی مانند داده‌های بارندگی و دمای سالیانه و فصلی با استفاده از روابط استخراج شده برای هر یک از موقعیت پلات‌ها استخراج

نتایج

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس عوامل پستی و بلندی، اقلیمی و خاک

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در بررسی اثرات مشترک عوامل محیطی نشان‌داد که مقادیر ویژه مربوط به مؤلفه‌های اول تا ششم بیش‌تر از شاخص BSE بوده (جدول ۲)، لذا برای توجیه تغییرات انتخاب شد. مؤلفه‌های اول تا ششم به ترتیب ۲۴/۵۴، ۲۰/۲۶، ۷/۵۰، ۷/۱۰، ۶/۶۷ و ۵/۵۵ درصد تغییرات را در بر می‌گیرند که در مجموع این شش مؤلفه ۷۱/۶۵ درصد از تغییرات را برعهده دارند.

جدول ۳ مقادیر بردار ویژه مربوط به متغیرها در مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به قدر مطلق ضرایب و معنی‌داری آن‌ها، مؤلفه اول به ترتیب مربوط به بارندگی سالیانه، دمای سالیانه، ارتفاع از سطح دریا، دمای فصل بهار، بارندگی فصل بهار و pH خاک؛ مؤلفه دوم مربوط به سیلت، کربن آلی، مواد آلی، کربن آلی ذره‌ای، مواد آلی ذره‌ای، شن، پتاسیم تبادل و رطوبت حجمی؛ مؤلفه سوم شامل کلسیم و شاخص توپوگرافی؛ مؤلفه چهارم مربوط به رس، شیب و پتاسیم محلول؛ مؤلفه پنجم شامل فسفر، منیزیم، هدایت الکتریکی و جهت دامنه و در نهایت مؤلفه ششم شامل دو عامل سدیم و آهک می‌باشد. بنابراین، این عوامل به ترتیب با توجه به تأثیر بالای خود به‌عنوان مؤثرترین عوامل در تفکیک تولید و پوشش تاجی گیاهی شناسایی شدند.

با توجه به علامت مثبت و منفی ضرایب متغیرها که در جدول ۳ آمده است، در مؤلفه اول با افزایش ارتفاع، عوامل بارندگی سالیانه، بارندگی فصل بهار و pH خاک افزایش و عوامل دمای سالیانه و دمای فصل بهار کاهش داشته است. در مؤلفه دوم عوامل سیلت، کربن آلی، مواد آلی، کربن آلی ذره‌ای، مواد آلی ذره‌ای، پتاسیم تبادل و رطوبت حجمی با مقدار شن رابطه عکس دارند. در مؤلفه سوم با افزایش شاخص شکل ۳ نمودار رج‌بندی، بر اساس مؤلفه اول و دوم را نشان می‌دهد. در تحلیل این نمودار و توجیه علل پراکنش مکانی

عوامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهات دامنه، شاخص توپوگرافی، دمای سالیانه و فصل رویش، بارندگی سالیانه و فصل رویش و پارامترهای خاک (شن، فسفر، پتاسیم تبادل، پتاسیم محلول، کلسیم، منیزیم، آهک، سیلت، کربن آلی، مواد آلی، کربن آلی ذره‌ای، مواد آلی ذره‌ای، رس، سدیم، رطوبت حجمی، هدایت الکتریکی و pH) تعیین شد. برای انتخاب مؤلفه‌ها، مقدار ویژه هر مؤلفه مدنظر قرار گرفت و مؤلفه‌هایی که مقدار ویژه آن‌ها بیش‌تر از مقدار BSE (Broken-Stick Eigenvalue) بود، انتخاب شدند. هم‌چنین با توجه به هدف دوم تحقیق برای بررسی ارتباط بین تولید و بارندگی (که مهم‌ترین عامل به‌دست آمده از روش PCA است) و هم‌چنین پوشش تاجی و بارندگی با استفاده از معادله رگرسیون (معادله ۳) به شرح زیر استفاده شد (روش‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت و بهترین نتایج از این روش حاصل شد).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \epsilon_i \quad (3)$$

در معادله فوق β_0 ، β_1 و β_2 ضرایب رگرسیون، ϵ_i خطا و y_i میانگین پوشش تاجی یا میانگین تولید و x_i متوسط بارندگی سالیانه است.

در نهایت در محیط GIS با استفاده از معادلات استخراج شده، نقشه تولید و پوشش تاجی گیاهی برای منطقه مطالعاتی شبیه‌سازی شد. صحت نقشه‌های تهیه‌شده با استفاده از ۲۰ درصد نمونه‌ها و توسط معیار RMSE (Root mean squared error) که در معادله ۴ ارائه شده است، بررسی شد (۱۰). این شاخص هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان دهنده این است که مقادیر محاسبه‌شده با مدل به مقادیر واقعی نزدیک‌تر و صحت بالا است. تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای PC-MATLABR2018a و Ord5 و تهیه نقشه و تجزیه و تحلیل مکانی با استفاده از ArcGIS10 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 می‌باشد.

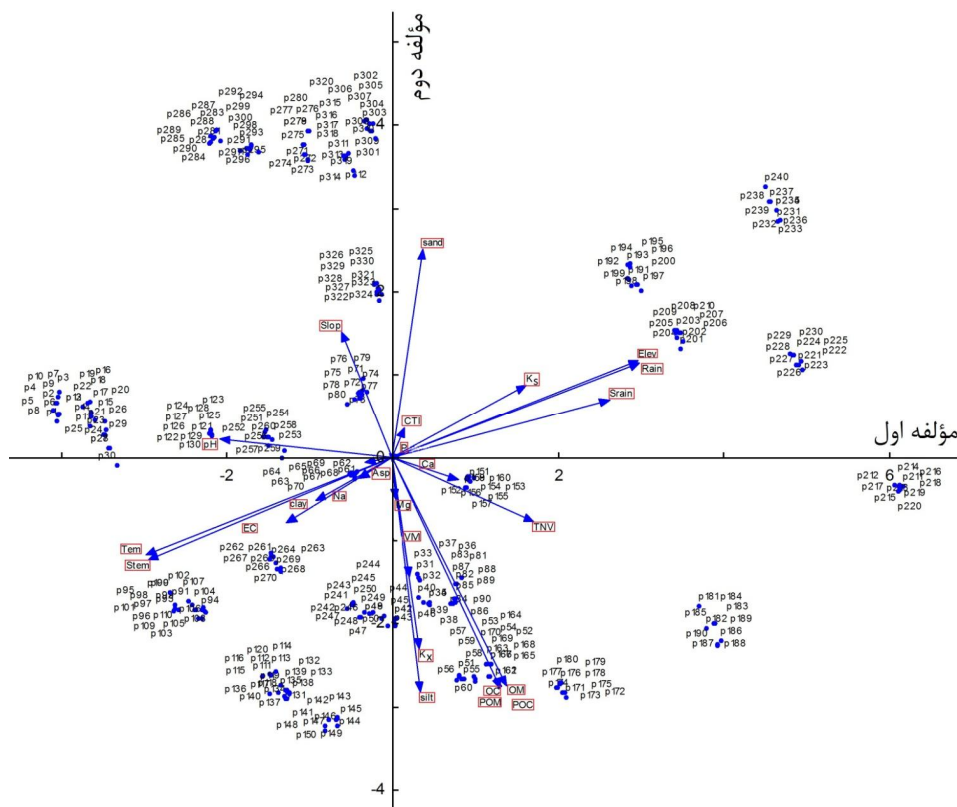
جدول ۲. مقادیر ویژه و واریانس مربوط به هر یک از مؤلفه‌ها در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)

مؤلفه‌ها	مقادیر ویژه	واریانس توجیه شده (درصد)	واریانس تجمعی (درصد)	BSE
۱	۶/۱۳	۲۴/۵۴	۲۴/۵۴	۳/۸۱
۲	۵/۰۶	۲۰/۲۶	۴۴/۸۱	۲/۸۱
۳	۲/۳۱	۷/۵۰	۵۲/۳۱	۱/۸۷
۴	۱/۹۸	۷/۱۰	۵۹/۴۲	۱/۷۷
۵	۱/۸۳	۶/۶۷	۶۶/۰۷	۱/۶۶
۶	۱/۵۳	۵/۵۵	۷۱/۶۵	۱/۳۹

جدول ۳. مقادیر بردار ویژه مربوط به متغیرهای تأثیرگذار در هر یک از مؤلفه‌ها در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)

ردیف	عوامل محیطی	مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳	مؤلفه ۴	مؤلفه ۵	مؤلفه ۶
۱	بارندگی سالیانه	۰/۳۷۴	۰/۱۴۲	-۰/۰۳۰	۰/۰۱۸	-۰/۰۶۹	۰/۰۳۱۱
۲	دمای سالیانه	-۰/۳۷۲	-۰/۱۴۷	۰/۰۲۳	-۰/۰۱۵	۰/۰۷۵۸	-۰/۰۳۴
۳	ارتفاع	۰/۳۷۲	۰/۱۴۷	-۰/۰۱۴	۰/۰۱۰	-۰/۰۷۹	۰/۰۳۷
۴	دمای بهار	-۰/۳۶۹	-۰/۱۵۵	۰/۰۱۴	-۰/۰۲۶	۰/۰۸۴	-۰/۰۶۴
۵	بارندگی بهار	۰/۳۲۹	۰/۰۸۸	-۰/۱۸۰	-۰/۱۸۱	۰/۱۱۰	۰/۰۲۱
۶	pH	۰/۲۶۱	۰/۰۲۸	۰/۰۱۶	۰/۰۴۷	-۰/۲۴۸	-۰/۰۶۲
۷	سیلت	۰/۰۴۲	-۰/۳۵۵	۰/۰۰۶	۰/۱۰۹	-۰/۲۵۴	۰/۱۳۹
۸	کربن آلی	۰/۱۶۵	-۰/۳۴۸	۰/۰۱۹	۰/۰۹۸	-۰/۰۴۷	-۰/۲۵۹
۹	مواد آلی	۰/۱۶۵	-۰/۳۴۸	۰/۰۱۹	۰/۰۹۸	-۰/۰۴۷	-۰/۲۵۹
۱۰	کربن آلی ذره‌ای	۰/۱۷۳	-۰/۳۴۵	۰/۱۹۹	۰/۰۴۴	۰/۰۵۶	۰/۰۰۰
۱۱	مواد آلی ذره‌ای	۰/۱۷۳	-۰/۳۴۵	۰/۱۹۹	۰/۰۴۴	۰/۰۵۶	۰/۰۰۰
۱۲	شن	۰/۰۴۷	۰/۳۱۵	۰/۲۳۶	۰/۲۶۷	۰/۲۰۴	-۰/۲۶۶
۱۳	پتاسیم تبادل	۰/۰۴۰	-۰/۲۸۸	-۰/۱۲۴	-۰/۱۴۱	۰/۱۱۹	۰/۱۵۸
۱۴	رطوبت حجمی	۰/۰۲۵	-۰/۱۸۰	-۰/۱۲۳	۰/۰۷۶	۰/۱۶۷	۰/۰۱۰
۱۵	کلسیم	۰/۱۰۱	-۰/۰۳۴	-۰/۴۱۸	۰/۳۶۰	-۰/۲۰۰	-۰/۰۸۴
۱۶	شاخص توپوگرافی	۰/۰۱۹	۰/۰۴۴	۰/۲۷۷	-۰/۲۷۰	-۰/۱۷۵	-۰/۲۵۸
۱۷	رس	-۰/۱۱۶	-۰/۰۶۵	-۰/۳۴۹	-۰/۵۰۹	-۰/۰۲۱	۰/۲۳۳
۱۸	شیب	-۰/۰۷۶	۰/۱۸۹	-۰/۲۵۹	۰/۳۶۵	۰/۱۳۷	۰/۱۴۸
۱۹	پتاسیم محلول	۰/۲۰۲	۰/۱۰۹	-۰/۰۴۷	-۰/۳۲۵	۰/۱۲۶	-۰/۳۱۰
۲۰	فسفر	۰/۰۱۳	۰/۰۰۳	۰/۳۹۴	-۰/۱۴۰	۰/۴۴۳	۰/۲۴۹
۲۱	منیزیم	۰/۰۰۵	-۰/۰۶۴	-۰/۰۴۷	۰/۲۳۳	۰/۳۸۷	۰/۱۸۰
۲۲	هدایت الکتریکی	-۰/۱۶۰	-۰/۰۹۹	-۰/۱۸۳	۰/۰۷۶	۰/۳۵۶	-۰/۲۹۸
۲۳	جهت	-۰/۰۴۰	-۰/۰۰۷	۰/۰۶۳	-۰/۰۰۹	-۰/۳۰۶	۰/۲۸۰
۲۴	سدیم	-۰/۰۵۰	-۰/۰۳۱	-۰/۳۳۳	-۰/۲۱۵	۰/۱۰۹	-۰/۴۰۶
۲۵	آهک	۰/۲۱۵	-۰/۰۹۷	-۰/۲۱۸	-۰/۰۵۰	۰/۲۳۵	۰/۲۵۰

اعداد مشخص شده در هر ستون بیانگر این است که پارامتر مربوطه در کدام یک از مؤلفه‌ها قرار دارد، پارامترها به ترتیب تأثیر از بیشترین به کمترین مرتب شده است



شکل ۳. نتایج حاصل از راج بندی عوامل محیطی بر اساس دو مؤلفه اول و دوم در روش PCA در سطح پلات‌ها. نقاط موجود در شکل، نشانگر پلاتهای نمونه برداری است. محور هر یک از پارامترها نشانگر تأثیر هر پارامتر در تغییرات تولید و پوشش تاجی است.

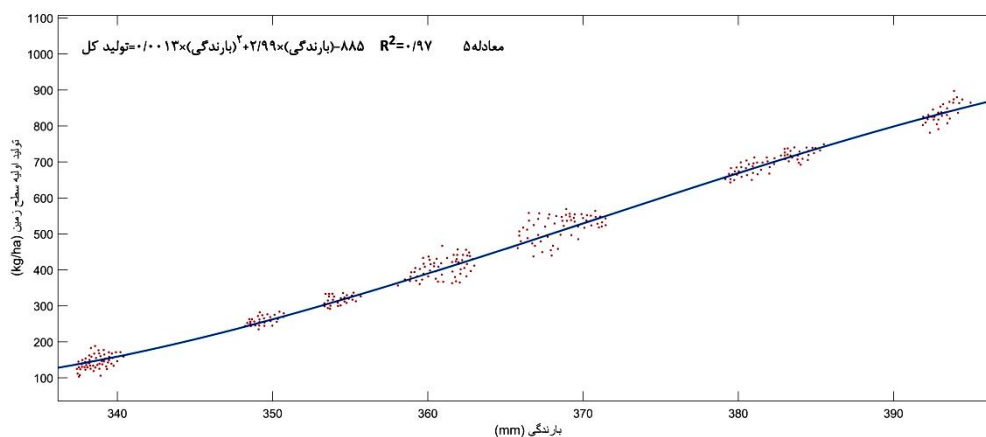
مدل‌سازی تولید و پوشش تاجی گیاهی

پس از مشخص شدن مؤثرترین عوامل محیطی (مؤلفه اول) در مرحله قبل، هم‌بستگی بین عوامل نام‌برده، یعنی پارامترهای مؤلفه اول انجام شد و چون عوامل انتخاب شده هم‌بستگی بالا (بیش از ۰/۸) داشتند، بنابراین مؤثرترین عامل (بارندگی سالیانه) برای مدل‌سازی انتخاب شد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که عامل بارندگی سالیانه، ۲۴/۵۴ درصد از تغییرات را بر عهده دارد. برای انجام این کار از معادله پیش‌بین چندجمله‌ای درجه دو استفاده شد که معادله ۵ (شکل ۴)، مدل پیش‌بینی تولید توسط عامل بارندگی سالیانه و معادله ۶ (شکل ۵) مدل پیش‌بینی پوشش تاجی گیاهی توسط بارندگی سالیانه را نشان می‌دهد.

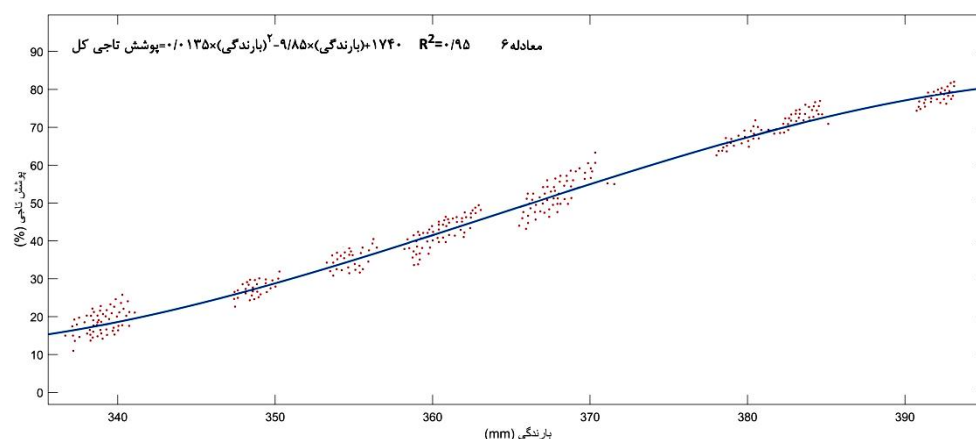
با استفاده از مدل‌های استخراج شده اقدام به شبیه‌سازی نقشه تولید (شکل ۶) و پوشش تاجی گیاهی (شکل ۷)، توسط نقشه بارندگی سالیانه در محیط GIS گردید که تولید بین ۱۸۲ تا ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و پوشش تاجی بین ۳۳ تا ۵۹ درصد به دست آمد.

واحدهای زیست‌محیطی و تغییرات تولید و پوشش تاجی نکات زیر قابل توجه بوده است. هر چه نقطه معرف رویشگاه‌ها از مبدأ مختصات دورتر و به یک محور (مؤلفه خاص) نزدیک‌تر است، بیش‌تر تحت تأثیر آن مؤلفه بوده است. هم‌چنین در تفسیر این نمودار به علامت جبری ضرایب هم‌بستگی بین خصوصیات با مؤلفه‌ها توجه شده است.

که در آن Sand: شن، CTI: شاخص توپوگرافی، P: فسفر، Ks: پتاسیم محلول، Elev: ارتفاع از سطح دریا، Rain: بارندگی سالیانه، Srain: بارندگی فصل بهار، Ca: کلسیم، Mg: منیزیم، VM: رطوبت حجمی، TNV: آهک، Kx: پتاسیم تبادلی، silt: سیلت، OM: مواد آلی، POM: مواد آلی ذره‌ای، OC: کربن آلی، POC: کربن آلی ذره‌ای، Asp: جهت دامنه، clay: رس، Na: سدیم، EC: هدایت الکتریکی، Tem: دمای سالیانه، Stem: دمای فصل بهار، pH: خاصیت اسیدی و بازی و Slop: شیب دامنه است.



شکل ۴. مدل ارتباط بین تولید توسط عامل بارندگی سالیانه



شکل ۵. مدل ارتباط بین پوشش تاجی توسط عامل بارندگی سالیانه

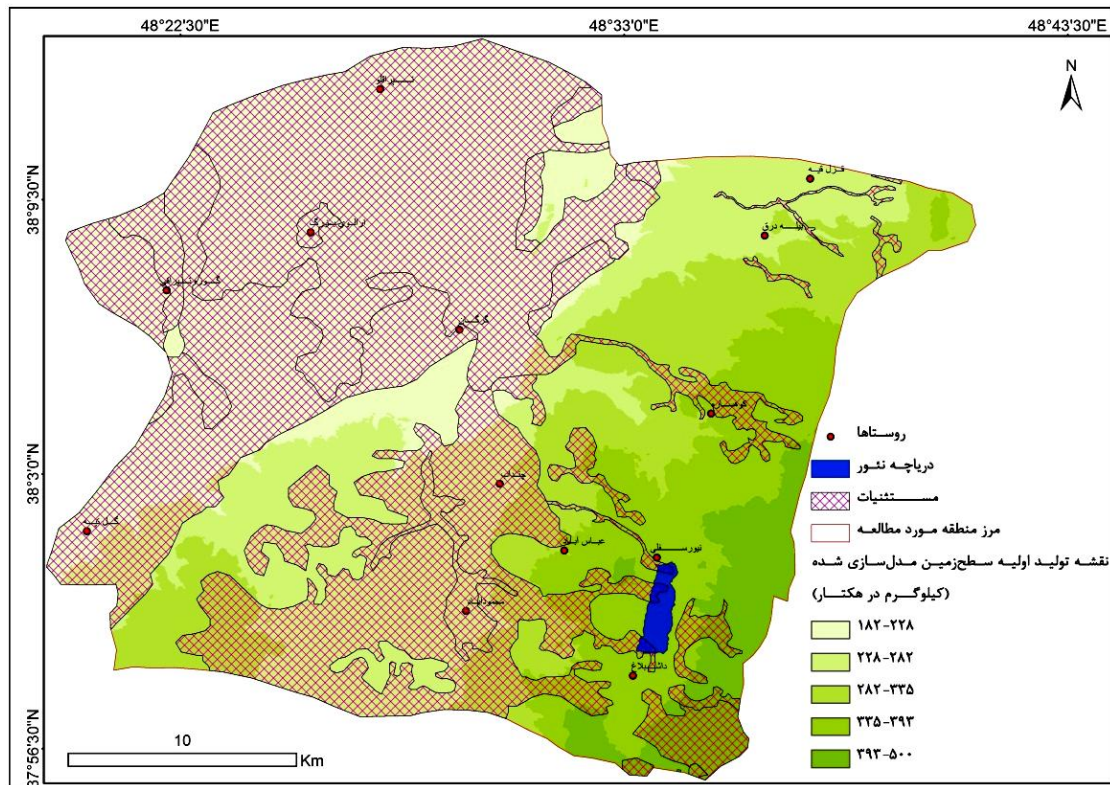
دیگری باشد. قیطوری و همکاران (۱۱) نیز به تغییرات و تخریب پوشش گیاهی مراتع در اثر چرای دام تأکید کرده‌اند که در نتیجه باعث تغییرات تولید و پوشش تاجی خواهد شد. این امر با نتایج ونگ و همکاران (۳۴) هم‌خوانی داشت؛ آن‌ها اطلاع از شدت چرا را لازمه مدیریت مراتع و افزایش صحت برآورد تولید و پوشش تاجی می‌دانند.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد، مؤلفه اول (شامل ارتفاع از سطح دریا، عوامل اقلیمی و pH خاک) بیش‌ترین تأثیر بر تولید و پوشش تاجی را دارد. علت اهمیت فراوان ارتفاع از سطح دریا می‌تواند تغییرات اقلیمی باشد. به‌طوری‌که با افزایش ارتفاع از دمای منطقه کاسته شده و بارندگی افزایش می‌یابد.

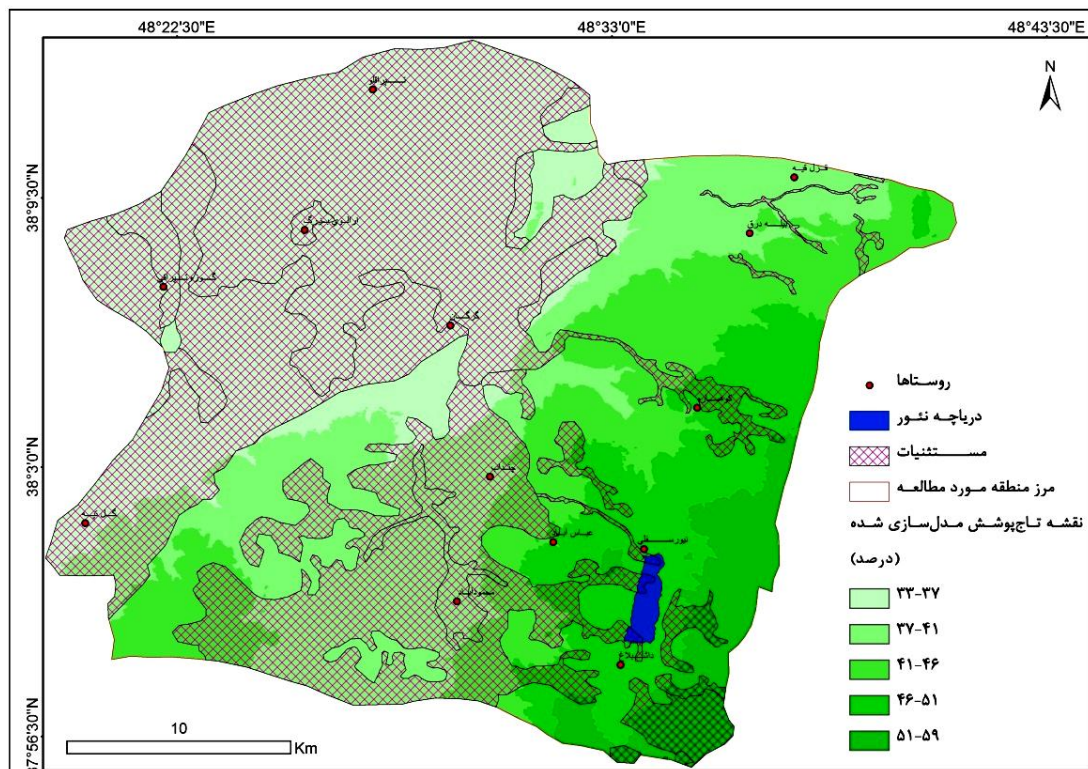
نتایج حاصل از ارزیابی صحت نقشه‌ها توسط ۲۰ درصد داده‌ها و هم‌چنین میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و مدل‌سازی شده که در جدول ۴ ارائه شده است، صحت بالای مدل‌ها را نشان داد.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مشاهده شد که ۷۷/۶۵ درصد تغییرات تولید و پوشش تاجی گیاهی تحت تأثیر عوامل محیطی (پستی و بلندی، اقلیمی و خاک) است. درصد باقی‌مانده می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلف مانند میزان بهره‌برداری، چرای دام، تخریب پوشش گیاهی و عوامل متعدد



شکل ۶. نقشه تولید کل که توسط عامل بارندگی سالیانه مدل‌سازی شده است



شکل ۷. نقشه پوشش تاجی کل که توسط عامل بارندگی سالیانه مدل‌سازی شده است

جدول ۴. میانگین و ارزیابی صحت داده‌های اندازه‌گیری شده و برآورد شده از مدل برای عوامل تولید و پوشش تاجی

عوامل	میانگین مقدار اندازه‌گیری شده	هم‌بستگی مقادیر اندازه‌گیری شده	میانگین مقدار برآورد شده از مدل	جذر مربعات خطا (RMSE)
تولید کل (Kg/ha)	۴۴۲	۰/۵۱	۴۴۰	۰/۷۶
پوشش تاجی کل (%)	۴۲		۴۳	۰/۴۸

بافت خاک متغیر است. احتمالاً به این دلیل گیاهان مختلف پاسخ‌های متفاوتی به انواع بافت خاک می‌دهند. این قسمت از نتایج با نتایج تحقیقات سایر محققان از جمله (۱۸، ۳۶) مطابقت داشته و بافت خاک را از مهم‌ترین عوامل در تغییرات خصوصیات گیاهی گزارش کرده‌اند. از عوامل دیگر اثرگذار که به آن اشاره شد کربن و مواد آلی بود که تأثیر به‌سزایی در نگهداری مواد آب و مواد غذایی و در نتیجه حاصل‌خیزی خاک دارند. یکی از علل تغییرات تولید و به تبع آن پوشش تاجی می‌تواند مقدار حاصل‌خیزی خاک باشد. این قسمت از نتایج با نتایج تحقیقات لی و همکاران (۲۱) و المجاهد و همکاران (۹) هم‌خوانی دارد. از دیگر عوامل مهم و مؤثر در تغییرات تولید و پوشش تاجی رطوبت خاک است که تغییرات آن می‌تواند تحت تأثیر عوامل اقلیمی و پستی و بلندی باشد که توسط سان و دو (۳۱) نیز به آن اشاره شده است. نتایج این قسمت از تحقیق با نتایج تحقیقات روکارپین و همکاران (۲۹) مطابقت داشته و رطوبت خاک را از مهم‌ترین عوامل بر تغییرات پوشش گیاهی معرفی کرده‌اند. با توجه به مؤلفه سوم مشاهده شد که عوامل کلسیم خاک و شاخص توپوگرافی ۷/۵۰ درصد از تغییرات را برعهده دارند. هو و پاپادوپولوس (۱۷) نیز کلسیم را از عوامل مهم در خصوصیات و رشد گیاهان معرفی کرده‌اند. شاخص توپوگرافی نیز با تغییرات خود باعث تغییر در مساحت و شیب حوضه مورد نظر شده و در نتیجه باعث تغییرات جذب و نگهداری رطوبت خاک می‌شود (۱۳، ۲۵)؛ که در نتیجه باعث تغییرات تولید و پوشش تاجی می‌شود. با توجه به عوامل مؤلفه چهارم که عبارتند از رس، شیب و پتانسیم محلول؛ که رس نیز از عوامل بافت خاک بوده و همان‌طور که اشاره شد بر اساس تغییرات خود و هم‌چنین سرعت تجزیه مواد درون خاک با

نتایج به‌دست‌آمده در این قسمت از تحقیق با نتایج مطالعه تمرتاش و همکاران (۳۳) و قربانی و همکاران (۱۵) مطابقت داشته و از بین عوامل پستی و بلندی، ارتفاع را به‌عنوان مهم‌ترین عامل در تغییرات تولید گیاهی معرفی کرده‌اند. با توجه به این‌که تغییرات ارتفاع منجر به تغییرات اقلیمی شده و پاسخ اکولوژیکی گیاهان مختلف نسبت به مقدار بارندگی و دما متفاوت است، احتمالاً عوامل اقلیمی نیز از مهم‌ترین عوامل در تغییرات تولید و پوشش تاجی خواهد بود. این بخش از نتایج با نتایج تحقیقات سایر محققان از جمله (۲، ۳۱) که ارتفاع و عوامل اقلیمی را مهم‌ترین عوامل در تغییرات تولید معرفی کرده‌اند مطابقت دارد. از دیگر عوامل مؤثری که ذکر شد pH خاک است که علت آن می‌تواند نیازهای گیاهان مختلف به انواع خاک‌های اسیدی و قلیایی باشد. این پارامتر در اثر وجود سنگ آهک، مواد اسیدی و ... در خاک می‌تواند تغییر کند. هم‌چنین جذب و حلالیت عناصر و مواد غذایی خاک تحت تأثیر pH خاک قرار دارند. معمولاً با افزایش pH، حلالیت عناصر غذایی کاهش می‌یابد؛ در نتیجه عوامل ذکر شده باعث تغییرات تولید و پوشش تاجی گیاهان منطقه می‌شود. در این راستا، نتایج با نتایج تحقیق زارع چاهوکی و همکاران (۳۶) مطابقت داشته و pH خاک را از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تغییرات پوشش گیاهی مراتع معرفی کرده‌اند. پس از عوامل ذکر شده، پارامترهای مؤلفه دوم که بیش‌ترین تأثیر در تغییرات تولید و پوشش تاجی منطقه مورد مطالعه را داشتند عبارتند از: سیلت، کربن آلی، مواد آلی، کربن آلی ذره‌ای، مواد آلی ذره‌ای، شن، پتانسیم تبدلی، رطوبت حجمی. از میان این عوامل، سیلت و شن مربوط به بافت خاک بوده و توانایی جذب آب و املاح و مواد معدنی و هم‌چنین میزان تخلخل خاک در نسبت‌های متفاوت

از خود نشان می‌دهند. این امر باعث تغییرات خصوصیات گیاهی از جمله تولید و پوشش تاجی می‌شود که این قسمت از نتایج با نتایج تحقیقات زارع چاهوکی و همکاران (۳۶) مطابقت دارد. همان‌طور که بیان شد، از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین عوامل در تغییرات تولید و پوشش تاجی گیاهان، عامل بارندگی سالیانه بود. بنابراین با استفاده از این عامل اقدام به تهیه مدل پیش‌بینی و شبیه‌سازی نقشه تولید و پوشش تاجی گردید که صحت و هم‌بستگی بالا با هر دو عامل نشان داد. در این راستا نتایج تحقیق حاضر با نتایج دادجو و همکاران (۶) و قربانی و همکاران (۱۵) مطابقت داشت که از بین عوامل محیطی، عامل بارندگی سالیانه را مهم‌ترین عامل در تغییرات و هم‌چنین مدل‌سازی تولید عنوان کردند که در این مطالعه پوشش تاجی نیز مورد بررسی قرار گرفت.

با استفاده از یافته‌های این تحقیق نه تنها میزان اثرگذاری عوامل محیطی مختلف بر روی تولید و پوشش تاجی بررسی و مشخص شد، بلکه با در دست داشتن نقشه شبیه‌سازی شده دو عامل ذکر شده برای کل منطقه، می‌توان در جهت مدیریت میزان عرضه و تقاضا، جلوگیری از فرسایش و تخریب و توازن کربن مراتع هیر استان اردبیل گام مهمی برداشت.

تغییرات رس، تولید و پوشش تاجی نیز تغییر می‌کند. شیب نیز یکی از عوامل بسیار مهم است، به‌طوری‌که با افزایش شیب قدرت چرای دام کاهش یافته و البته مقدار جذب آب در مناطق پر شیب نیز کاهش می‌یابد. در این امر بسته به نوع فرم رویشی و نوع گونه‌ها، تغییرات متفاوتی قابل مشاهده خواهد بود. این قسمت از نتایج با مطالعه قربانی و همکاران (۱۳) هم‌خوانی داشته و شیب را از مهم‌ترین عوامل تولید اولیه معرفی کرده‌اند. مؤلفه پنجم شامل فسفر، منیزیم، هدایت الکتریکی و جهات دامنه است. از بین این عوامل، پارامترهای خاکی (فسفر، منیزیم و هدایت الکتریکی) در تحقیقات سایر محققان از جمله (۱۷)، (۳۵، ۳۶) نیز از عوامل مهم در تغییرات خصوصیات گیاهی گزارش شده است. جهات دامنه نیز احتمالاً با تغییر در جذب مقدار نور و رطوبت باعث تغییر در مقدار تولید و پوشش تاجی می‌شود که با نتایج مطالعه قربانی و همکاران (۱۳) مطابقت دارد. مؤلفه ششم با کم‌ترین میزان اثرگذاری (۵/۵۵ درصد)، شامل عوامل سدیم و آهن بود که این عوامل نیز احتمالاً با تغییرات خود باعث تغییر در خصوصیات خاک از جمله تغییرات pH خاک می‌شود. همان‌طور که گفته شد گیاهان مختلف واکنش‌های متفاوتی به میزان خصوصیات مختلف خاک

منابع مورد استفاده

1. Abdollahi, J., H. Arzani and H. Naderi. 2011. Effective meteoroidal factors for forage production of Nodoushan steppe rangelands in Yazd province. *Iranian Journal of Rangeland* 5(1): 45-56. (In Farsi)
2. Ahmadi, H., K. Javanshir, Gh. A. Ghanbarian and S. H. Habibian. 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. (In Farsi)
3. Allan, E., W. W. Weisser, M. Fischer, E. D. Schulze, A. Weigelt and C. Roscher. 2013. A comparison of the strength of biodiversity effects across multiple functions. *Journal of Oecologia* 173: 223-237.
4. Beers, T. W., P. E. Dress and L. C. Wensel. 1966. Aspect transformation in productivity research. *Journal of Forestry* 64: 691-692.
5. Bork, E. W., T. Thomas and B. Mcdougall. 2001. Herbage response to precipitation in central Alberta boreal grasslands. *Journal of Range Management* 54: 243-248.
6. Dadjou, F., A. Ghorbani, M. Moameri and M. Bidar Lord. 2018. Effect of temperature and rainfall on Aboveground Net Primary Production of Hir and Neur rangelands in Ardabil province. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 25 (3): 566-575. (In Farsi)
7. Ehleringer, J. R., S. Schwinning, and R. Gebauer. 1999. Water use in arid land ecosystems. In: Press, M. C., Scholes, J. D. and M. G. Barker. (Eds.), *Physiological Plant Ecology*. pp. 347-365, Blackwell Science, Boston, USA.
8. Ehrlich, P.R. and A. H. Ehrlich. 1991. Healing the planet: Strategies of solving the environmental crisis. Addison Wesley Reading Ma.

9. Elmojahid, L., X. Leroux, S. Michalet, F. Bellvert, A. Weigelt and F. Poly. 2017. Effect of plant diversity on the diversity of soil organic compounds. *Journal of Plos One* 12(2): 0170494.
10. Gervasio Pineiroa, G., S. Perelman, J. P. Guerschman and J. M. Paruelo. 2008. How to evaluate models: Observed vs. predicted or predicted vs. observed? *Journal of Ecological Modeling* 216: 316-322.
11. Ggeitury, M., N. Ansari and M. Heshmati. 2007. The effective factors of destruction in Kermanshah rangelands. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 13(4): 314-323. (In Farsi)
12. Ghorbani, A. and A. Asghari. 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. (In Farsi)
13. Ghorbani, A., F. Dadjou, M. Moameri, M. Bidar Lord and K. Hashemi Majd. 2018. Investigating the relationships between net primary production with physiographic factors in Hir and Neur rangelands in Ardabil province. *Iranian Journal of Rangeland* 12(1): 73-88. (In Farsi)
14. Ghorbani, A., F. Dadjou, M. Moameri and A. Biswas. 2020a. Estimating aboveground net primary production (ANPP) using landsat 8-based indices: a case study from Hir_Neur rangelands, Iran. *Rangeland Ecology & Management* 73(5): 649-657.
15. Ghorbani, A., M. Moameri, F. Dadjou, S. A. Seyedi Kaleybar, A. Pournemati and Sh. Asghari. 2020b. Determinization of Environmental Factors Effects on Plants Production in QezelOzan-Kosar Rangelands, Ardabil Province. *ECOPERSIA* 8(1): 47-56.
16. Griffiths, R. P., M. D. Madritch and A. K. Swanson. 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.
17. Hao, X. and A. Papadopoulos. 2004. Effects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning, and fruit yield of winter greenhouse tomato. *Hort Science* 39(3): 512-515.
18. Jafari, M., M. A. Zare Chauouki, A. Tavili and A. Kouhandel. 2007. Soil-vegetation relationships in rangelands of Qom Province. *Pajouhesh va Sazandegi* 19(3): 110-116. (In Farsi)
19. Jafarian, Z., R. Omidipour and L. Zandi. 2021. Effects of Altitude and Soil Properties on Alpha and Beta Diversity in Plour Rangelands of Mazandaran. *Iranian Journal of Applied Ecology* 10(1): 79-92. (In Farsi)
20. Khumalo, G. F. and J. Holechek. 2005. Relationship between Chihuahuan desert perennial grass production and precipitation. *Journal of Rangeland and Ecology Management* 58(3): 239-246.
21. Li, H., K. Shi and D. Xu. 2005. Effects of plant process on soil organic carbon concentration. *Journal of Applied Ecology* 16(6): 8-1163.
22. Mao, D., Z. Wang, L. Li and W. Ma. 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.
23. Mesdaghi, M. 2015. Range Management in Iran. Seventh ed. Sadjad University of Technology, Mashhad. (In Farsi)
24. Mirzaei Mossivand, A., A. Ghorbani, M. A. Zare Chahoki, F. Keivan Behjou and K. Sefidi. 2016. Environment factors affecting the distribution of species *Prangos ferulacea* Lindl. in rangelands of Ardabil Province. *Iranian Journal of Rangeland* 10(2): 191-203. (In Farsi)
25. Moore, I. D., R. B. Grayson and A. R. Ladson. 1991. Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Journal of Hydrological Processes* 5: 3-30.
26. Munkhtsetseg, E., R. Kimura, J. Wang and M. Shinoda. 2007. Pasture yield response to precipitation and high temperature in Mongolia. *Journal of Arid Environment* 70: 94-110.
27. Ni, J. 2003. Plant functional types and climate along a precipitation gradient in temperate grasslands, north-east China and south-east Mongolia. *Journal of Arid Environments* 53: 501-516.
28. Pournemati, A., A. Ghorbani, J. Sharifi, F. Mirzaei Aghche Gheshlagh, M. Amirkhani and M. Ghodarzi. 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. (In Farsi)
29. Rocarpian, P., S. Gachet, K. Metzner and A. Saatkamp. 2016. Moisture and soil parameters drive plant community assembly in Mediterranean temporary pools. *Journal of Hydrobiologia* 781(1): 55-66.
30. Ruppert, J. and Ch. A. Lindstadter. 2014. Convergence between ANPP estimation methods in grassland - A practical solution to the comparability dilemma. *Journal of Ecological Indicators* 36: 524-531.
31. Sun, J. and W. Du. 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.
32. Taghipour, A. and S. Rasgar. 2010. Role of physiography on vegetation cover using GIS (Case of Hezarjarib's Rangelands, Mazandaran province). *Iranian Journal of Rangeland* 4(2): 168-177. (In Farsi)
33. 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. (In Farsi)

34. Wang, X., F. Li, R. Gao, Y. Luo and T. Liu. 2014. Predicted NPP spatiotemporal variations in a semiarid steppe watershed for historical and trending climates. *Journal of Arid Environments* 104: 67-79.
35. Yu, M. M., Y. H. Chen, Z. B. Zhu, L. Liu, L. X. Zhang and Q. S. Guo. 2016. Effect of phosphorus supply on plant productivity, photosynthetic efficiency and bioactive-component production in *Prunella vulgaris* L. under hydroponic condition. *Journal of Plant Nutrition* 39(12): 1672-1680.
36. Zare Chahouki, M. A., A. Zare Chahouki and M. Zare Ernani. 2010. Effects of topographic and edaphic characteristics on distribution of plant species in Eshtehard rangelands. *Iranian Journal of Natural Resources* 63(3): 331-340. (In Farsi)
37. Zareh Hesari, B., A. Ghorbani, F. Azimi Motam, K. Hashmi Majd and A. Asghari. 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. (In Farsi)
38. Zarekia, S., Z. Niloofar, A. Ehsani, F. Jafari and H. Yeganeh. 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. (In Farsi)

Modeling Production and Canopy Cover Parameters to identify the Most Effective Environmental Factors in Baghrou Semi-Steppe Rangelands of Ardabil Province, Iran

F. Dadjou¹, A. Ghorbani^{2*}, M. Moameri², R. Mostafazadeh² and Z. Hazbavi²

(Received: August 22-2021; Accepted: November 01-2021)

Abstract

The aim of the study was to determine the most important environmental factors (topography, climate, and soil) affecting changes in production and canopy cover of plant variations and to prepare prediction maps, based on the most important factor, in semi-steppe rangelands of Hir-Baghrou, Ardabil province, Iran. First, by detecting the vegetation types and different classes of environmental factors, the production and canopy cover were estimated in 1-m² plots at full flower stage of dominant species. Then, to determine the most important environmental factors, affecting the production and canopy cover changes, the principal component analysis (PCA) was used. For modeling, first, the correlation between the most effective environmental factors was obtained from the PCA. Then, the highly correlated factors were eliminated and the quadratic polynomial models were obtained. Finally, the obtained models were simulated in GIS. The results of the PCA showed that the first six components with 71.65% had the greatest effect on the production and canopy cover changes. Based on the root mean squared error (RMSE), Simulating maps of production (RMSE=0.76) and canopy cover (RMSE=0.48) by effective factor (annual precipitation) showed the highest accuracy. The results of this study can be used to manage the rangelands of Ardabil province to create a balance between supply and demand of production and also to balance carbon.

Keywords: Simulation, Rangeland, Physiography, Climate, Soil parameters, Ecoregion

1. PhD Student in Rangeland Science and Engineering, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

2. Department of Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

*: Corresponding Author, Email: a_ghorbani@uma.ac.ir