

## Evaluation on the response of *Bromus tomentellus* Boiss and *Festuca ovina* L., to some environmental variables using the Generalized Additive Model(GAM) in the rangeland of Galandrood watershed in Mazandaran province, Iran

Fatemeh Heidari<sup>1</sup>, Ghasem Ali Dianati Tilaki<sup>1\*</sup>, Seyed Jalil Alavi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor City, Mazandaran province, Iran

<sup>2</sup> Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor City, Mazandaran province, Iran

### Abstract

Investigation on the shape of the curve for responses of plant species to environmental gradients is one of the basic topics in the science of rangeland ecology. The objective of this study was investigation on the response of *Bromus tomentellus* and *Festuca ovina* species to some environmental variables using the generalized additive model (GAM) in the rangeland of Galandrood watershed in Mazandaran province. Towards this attempt, 153 quadrates of 1m<sup>2</sup> along altitudinal gradient were taken. The sampling method was randomized-systematic. In the area sampled, presence of *B. tomentellus* and *F.ovina*, altitude, slope and aspect were recorded. Soil samples were taken from 0-20 cm in each quadrate. In each quadrate, soil properties including: pH, N, EC, organic carbon, the percentage of sand, silt and clay were measured. In order to study the shape of response curve in relation to the mentioned variables, GAM model was used with binomial distribution function. The data were analyzed by R<sub>ver.3.0.2</sub> computer program. Results showed that altitude was the most important variable affecting the presence of *B. tomentellus*, While variables such as temperature and slope were the most important factors affecting the presence of *F.ovina* species. Clay and silt content in the soil were parameters that had significant negative impact on *B. tomentellus* and *F.ovina* species distribution. So, with an increase in clay and silt content of the soil, the possibility of the *B. tomentellus* and *F.ovina* presence were reduced.

**Keywords:** *Bromus tomentellus*, *Festuca ovina*, Environmental variables, Generalized additive model (GAM), Response curve.

\* Corresponding Author: dianatig@modares.ac.ir

## ارزیابی عکس‌العمل دو گونه *Festuca* و *Bromus tomentellus* Boiss نسبت به متغیرهای محیطی با الگوی جمعی تعمیم‌یافته (GAM) در مراتع منطقه آبخیز گلندرود استان مازندران

فاطمه حیدری<sup>۱</sup>، قاسمعلی دیان‌تی تیلکی<sup>۱\*</sup>، سید جلیل علوی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

<sup>۲</sup> گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

### چکیده

بررسی شکل نمودار پاسخ گونه‌های گیاهی نسبت به متغیرهای محیطی یکی از مسائل و موضوعات اساسی در علم بوم‌شناسی (اکولوژی) مرتع است. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی پاسخ گونه‌های *Bromus tomentellus* و *Festuca ovina* در منطقه آبخیز گلندرود استان مازندران نسبت به متغیرهای محیطی با الگوی جمعی تعمیم‌یافته بود. برای انجام پژوهش حاضر، ۱۵۳ پلات یک متر مربعی در طول شیب ارتفاعی برداشت شدند. نمونه‌برداری با روش تصادفی-سیستماتیک انجام و در سطح نمونه‌گیری، حضور دو گونه *B. tomentellus* و *F. ovina*، ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت ثبت شد. همچنین در مرکز هر پلات، نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری برداشت شدند. در هر پلات ویژگی‌های خاک‌شناسی شامل pH محلول، نیتروژن (N)، هدایت الکتریکی (EC)، کربن آلی، درصد شن، سیلت و رس اندازه‌گیری شدند. برای بررسی شکل نمودار پاسخ برای متغیرهای یاد شده، از الگوی GAM با پراکنش دو جمله‌ای استفاده شد. داده‌ها با نرم‌افزار R، نسخه 3.0.2، تحلیل و ارزیابی شد. نتایج نشان دادند که متغیر ارتفاع از سطح دریا مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر احتمال حضور گونه *B. tomentellus* است؛ در حالی که مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار بر حضور گونه *F. ovina*، متغیر درجه حرارت و درصد شیب است. مقدار رس و سیلت، شاخص‌هایی هستند که تأثیر منفی بر توزیع دو گونه *F. ovina* و *B. tomentellus* داشته‌اند و با افزایش درصد رس و سیلت خاک امکان حضور هر دو گونه کاهش یافته است.

**واژه‌های کلیدی:** متغیرهای محیطی، مدل جمعی تعمیم‌یافته، منحنی پاسخ، *Bromus tomentellus*، *Festuca ovina*

\* نگارنده مسئول: نشانی پست الکترونیک: dianatig@modares.ac.ir، شماره تماس: ۰۱۱-۴۴۵۵۳۱۰۱

## مقدمه

گیاهان در طبیعت در شرایطی ویژه مستقر می‌شوند و خود را با آن شرایط سازگار می‌کنند. هدف از مطالعه زندگی گونه‌های مرتعی، شناسایی عوامل بوم‌شناسی مهم در رویشگاه آنها و تعیین عوامل مؤثر بر رویش و پراکنش آنهاست تا با دستاوردهای این بررسی‌ها، در طرح‌های اصلاح، احیاء و مدیریت مراتع اقدام‌های لازم انجام شود (Ahmadi and Shahmoradi, 2005). بررسی شکل نمودار عکس‌العمل گونه‌های گیاهی نسبت به شیب‌های محیطی و اینکه کدام‌یک از روش‌ها و الگوها در آشیان بوم‌شناختی، دامنه و حد بهینه بوم‌شناختی (اکولوژیک) گونه گیاهی را نسبت به شیب‌های محیطی بتواند بهتر نشان دهد، یکی از مسائل اساسی در علم بوم‌شناسی مرتع است. دانشمندان امروزی درحال توسعه الگوهای آماری و ریاضی برای پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی گونه‌ها در مقیاس فضایی متفاوت با داده‌های محیط‌زیست (بیوکلیماتیک) هستند (Pearson and Dawson, 2003). الگوی جمعی تعمیم‌یافته (Generalized Additive Model)، روشی بسیار مناسب را برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی رابطه بین متغیرهای مستقل و پاسخ ارائه می‌دهد. الگوهای جمعی تعمیم‌یافته توانایی زیادی در تجزیه و تحلیل داده‌های بوم‌شناختی و مشخص کردن رابطه غیرخطی بین متغیرهای مختلف دارند (Guisan et al., 2002) و Yee و Mitchell (1991) در پژوهش خود الگوی جمعی تعمیم‌یافته را ابزاری در تجزیه و تحلیل توزیع گونه‌ها با توجه به عامل آب‌وهوا معرفی کردند. Aertsen و همکاران (2010) فن‌های مختلف الگوسازی را برای پیش‌بینی رویشگاه‌های

ویژه گونه‌های *Pinus nigra*، *Pinus brutia* و *Cedrus libani* در جنگل‌های کوهستانی مدیترانه‌ای در جنوب ترکیه بررسی و روش‌های GAM، CART، BRT، GAM و ANN را مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که روش GAM بهترین الگو برای تعیین شکل پاسخ گونه‌های بررسی‌شده است. Ahmadi و همکاران (2015) از الگوی جمعی تعمیم‌یافته برای بررسی توان تولید گونه راش استفاده کردند و با توجه به نتایج الگوی جمعی تعمیم‌یافته توانستند بیش از ۵۳ درصد تغییرات را در شکل رویشگاه توجیه کنند که بیان‌کننده کارایی مناسب این الگو در ارزیابی توان رویشگاه نسبت به الگوی خطی تعمیم‌یافته است. و از بین متغیرهای تبیینی بررسی‌شده، متغیر وزن مخصوص ظاهری خاک، ارتفاع از سطح دریا، درصد سیلت، نیتروژن و رطوبت اشباع ارتباط معنی‌داری با شکل رویشگاه داشتند. داشتن هموارسازها یکی از مزایای مهم الگوی جمعی تعمیم‌یافته است که آن را از سایر الگوها متمایز می‌کند. این توابع قابلیت جمع‌پذیری دارند. از آنجاکه اثر هر متغیر به صورت جداگانه بیان می‌شود، هر تابع می‌تواند برای آزمون نقش متغیرها در پیشگویی پاسخ، به صورت جداگانه بررسی شود. وجود هموارسازها در این الگو، توانایی آن را در شناسایی روابط غیرخطی باعث شده است. به‌طور کلی مزیت الگوهای جمعی تعمیم‌یافته را به‌طور کلی می‌توان این‌گونه بیان کرد که ساختار جمعی به بیان نتایج تفسیرشدنی برای هر کدام از متغیرهای تبیینی وارد شده به الگو می‌پردازد و نکته مهم درباره این الگوها این است که به جای الگومحوری، داده‌محور هستند؛ به همین علت،

خاک مراتع دارد و گونه مرتعی مقاوم در برابر چرای دام بوده است (Esmaeili et al., 2010). حداکثر تراکم این گونه در هدایت الکتریکی ۰/۵ تا ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر است (Ghorbani et al., 2013). گونه *B. tomentellus* بیشتر در اقلیم نیمه‌خشک سرد رویش دارد و یکی از بهترین گندمیان کوهستانی برای اصلاح و توسعه مراتع بیلاقی به شمار می‌رود (Ehsani, 2013). گونه *B. tomentellus* از جمله گندمیان کلیدی و باارزش مرتعی است که به‌علت تنوع رویشگاهی در مراتع مناطق مختلف رویشی به‌ویژه مناطق نیمه‌استپی کشور، گونه چیره و همراه در ترکیب تیپ‌های مرتعی است و علاوه بر خوش‌خوراکی و ارزش زیاد علوفه‌ای و تعلیف دام سبک و سنگین (گوسفند و گاو)، به‌علت داشتن سطح یقه درخور توجه، در حفاظت خاک، کاهش روان‌آب سطحی، افزایش نفوذ آب در خاک و کاهش فرسایش خاک نقش مهمی دارد (Ghorbani, 1995). گونه *B. tomentellus* گیاهی نیمه‌مقاوم و نیمه‌حساس در مقابل شوری است و سازوکار مقاومت به شوری آن از طریق ریزش برگ‌های مسن‌تر انجام می‌شود (Karimi and Aryavand, 2007).

بررسی شکل عکس‌العمل گونه‌های گیاهی نسبت به متغیرهای محیطی، نشان‌دهنده چگونگی تاثیر عوامل محیطی بر پراکنش گونه‌های گیاهی در مرتع است که در علم بوم‌شناسی (اکولوژی) مرتع اهمیت زیادی دارد. با توجه به این موضوع و اهمیتی که گونه‌های بررسی شده دارند، هدف از پژوهش حاضر، بررسی شکل پاسخ (نمودارهای پاسخ) گونه‌های گیاهی *B. tomentellus* و *F. ovina* نسبت به متغیرهای محیطی با الگوی GAM بود تا

استفاده از GAM روزبه‌روز در حال توسعه است (Salehi et al., 2012). الگوی جمعی تعمیم‌یافته به‌علت انعطاف‌پذیری در تعیین نوع و درجه ارتباط و تفسیرپذیری مناسب، به الگویی محبوب تبدیل شده است و از آن می‌توان برای گستره وسیعی از داده‌ها استفاده کرد. الگوی جمعی تعمیم‌یافته، کیفیت پیش‌بینی متغیر پاسخ را به حداکثر می‌رساند و روابط غیرخطی و غیریکنواخت را بین متغیر پاسخ و مجموعه متغیرهای پیشگو کشف می‌کند. هدف از به‌کاربردن الگوهای آماری تنها تعیین روابط بین متغیرهای پاسخ و توضیحی و برآورد شاخص‌های الگو نیست؛ بلکه علاوه بر آن ما همیشه به دنبال الگویی هستیم که بتواند پیش‌بینی بهتری نسبت به سایر الگوهای مشابه داشته باشد. بدین معنی که الگویی مطلوب‌تر است که دقت برازش بیشتری داشته باشد. بدین منظور، در بررسی حاضر، از الگوی جمعی تعمیم‌یافته استفاده شد.

مراتع شمال ایران با تنوع فراوان گیاهان علفی از مهم‌ترین بوم‌سامانه‌های (اکوسیستم‌های) طبیعی به شمار می‌روند. دو گونه *Bromus tomentellus* و *Festuca ovina* که در مناطق مرتفع و کوهستانی می‌رویند، از گونه‌های فصل سرد هستند و قادر به ادامه حیات در سرمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد هستند. گونه *F. ovina* گیاهی است چندساله، پشته‌ای متراکم با ساقه‌های خزنده زیرزمینی که از مهم‌ترین گونه‌های خانواده گندمیان در رویشگاه‌های مرتعی به شمار می‌رود (Moghimi, 2005). گونه‌ای نسبتاً خوش‌خوراک، پرتولید مراتع بوده و برای بذرکاری و بذریاشی در مناطق استپی و نیمه‌استپی کشور در پروژه‌های مرتع‌کاری توصیه شده است و نقش مهمی در تولید علوفه و حفاظت

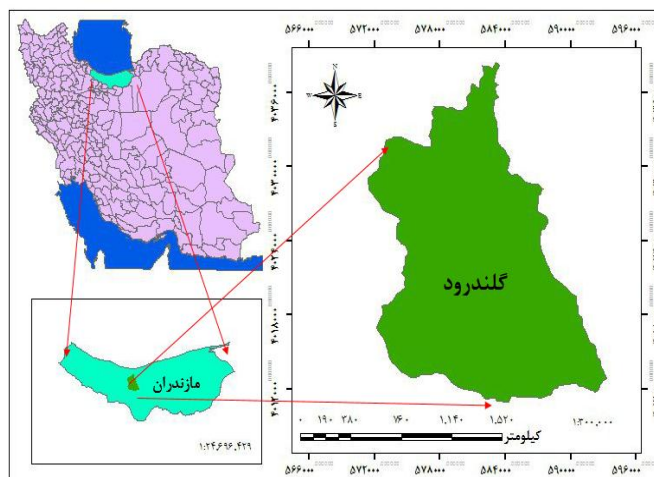
دقیقه و ۴۴ ثانیه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). مساحت کل منطقه آبخیز گلندرود حدود ۳۳۵۰۰ هکتار است و همچنین جایگاه پژوهش‌های مرتعی و معرف ناحیه ایرانی-تورانی است. پژوهش حاضر در ارتفاعات منطقه یعنی در مراتع ییلاقی انجام شده است. منطقه آبخیز گلندرود به صورت کوهستانی است که کمترین ارتفاع آن ۱۹۰۰ و بیشترین ارتفاع آن ۳۲۰۰ متر از سطح دریا و میانگین بارش سالیانه آن ۶۰۰ میلی‌متر است (Ghlichnia, 2006).

چگونگی تاثیر متغیرهای محیطی بر پراکنش گونه‌های گیاهی بررسی شده در منطقه آبخیز گلندرود مشخص شود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه بررسی شده: منطقه بررسی شده در شمال

ایران، استان مازندران، شهرستان نور و در منطقه آبخیز گلندرود در ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه و ۱۳ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه و ۲۰ ثانیه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۹ دقیقه و ۱ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۵۶



شکل ۱- موقعیت منطقه گلندرود در استان مازندران

جهت دامنه که در هر طبقه ارتفاعی، سه ترانسکت ۱۰۰ متری که به فاصله ۱۰۰ متر افقی از هم قرار داشتند مستقر شدند و سه پلات یک متر مربعی در امتداد هر ترانسکت در نقاط ۲۵، ۵۰ و ۷۵ متری نسبت به نقطه صفر ترانسکت مستقر و عمل نمونه‌گیری و برداشت انجام شد. در مجموع ۱۵۳ پلات برداشت شد؛ سپس داخل هر قطعه نمونه؛ شاخص حضور یا نبود گونه، عوامل توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا) و متغیرهای

### روش پژوهش: در بررسی حاضر، باتوجه به

نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ و عملیات صحرائی و پیمایش زمینی بر مبنای عوارض طبیعی و عوامل توپوگرافی، رویشگاه‌های گونه‌های بررسی شده مشخص شدند. با در نظر گرفتن طبقات ارتفاعی، شیب و جهت دامنه، نمونه‌گیری از خاک و پوشش گیاهی با روش تصادفی-سیستماتیک انجام شد. بدین صورت که نمونه‌برداری در طبقات ارتفاعی (از ارتفاع ۲۱۰۰ تا ۳۰۰۰) و در چهار

نرم‌افزار Excel مانند بانک اطلاعاتی ذخیره شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار آماری R، نسخه 3.0.2 انجام شد. الگوی جمعی تعمیم‌یافته در بسته mgcv در نرم‌افزار آماری R استفاده شد. از الگوی جمعی تعمیم‌یافته با پراکنش توزیع دوجمله‌ای برای بررسی شکل نمودار عکس‌العمل گونه گیاهی بررسی شده نسبت به متغیرهای محیطی به‌طور جداگانه استفاده شد. از مقادیر معیار اطلاعاتی Akaike (Akaike, 1974) برای تعیین الگوی بهینه در برازش نمودار پاسخ گونه‌های *B. tomentellus* و *F. ovina* استفاده شده است. یک الگو با AIC پایین‌تر، مناسب‌ترین الگو در برازش نمودار عکس‌العمل گونه است (AIC, 1974).

**آزمون تشخیص هم‌خطی:** یکی از اساسی‌ترین مشکلاتی که محققان با آن روبرو هستند، وجود هم‌خطی بین متغیرهای مستقل است. برای بررسی هم‌خطی یا هم‌راستایی بین متغیرهای مستقل از عامل تورم واریانس (VIF) استفاده شد (Fernández et al., 2004) متغیرهایی که VIF آنها کمتر از ۱۰ باشد، مشکل هم‌راستایی نخواهند داشت (Guisan et al., 2002). بدین‌منظور، ابتدا مقدار VIF برای همه متغیرهای مستقل محاسبه شد.

## نتایج

برازش الگوی جمعی تعمیم‌یافته GAM به متغیرهای محیطی درباره داده‌های فراوانی گونه‌های *B. tomentellus* و *F. ovina* در شکل‌ها و جدول‌های زیر ارائه شده‌اند. جداول ۱ تا ۳، نتایج تجزیه مولفه‌های اصلی را برای ۱۲ ویژگی محیطی (ویژگی‌های خاک و ارتفاع از سطح دریا) در

خاکی تعیین شدند. در مرکز هر قطعه نمونه، به‌علت عمق ریشه‌دوانی این دو گونه، نمونه‌برداری از خاک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری انجام شد. بافت خاک با روش هیدرومتری، نیتروژن با روش کج‌جلدال، کربن آلی با روش والکی بلاک، EC با هدایت سنج (مدل LFG13، شرکت مارتینی، آلمان) برحسب دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته با دستگاه pH متر (مدل PP50، شرکت سارتوریس، آلمان) تعیین شد (Amiri et al., 2008) محل استقرار همه قطعات نمونه و ارتفاع از سطح دریا با سامانه مکان‌یاب جهانی (GPS) مشخص شد. شیب نیز با دستگاه شیب‌سنج (مدل PM5، شرکت ساناتو، فنلاند) و جهت نیز به‌صورت آزیموت با قطب‌نما (مدل KB14.360، شرکت ساناتو، فنلاند) تعیین شد. همچنین برای برازش نمودار پاسخ گونه‌های *B. tomentellus* و *F. ovina* به جهت جغرافیایی، روش‌های مختلفی برای تبدیل آزیموت به متغیری کمی ابداع شده است. Moisen و Frescino (۲۰۰۲) در پژوهش خود از رابطه ۱ برای تبدیل جهت استفاده کرده‌اند که به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{رابطه ۱} \quad \text{TRASP} = [1 - \cos((\pi/180)(\theta - 30))]/2$$

که در آن  $\theta$  جهت پلات برحسب درجه است. مقدار TRASP از صفر تا ۱ متغیر است و عدد ۱ نشان‌دهنده گرم‌ترین جهت (جنوب و جنوب غربی) و عدد صفر نشان‌دهنده سردترین جهت (شمال و شمال شرقی) است. برای جهت، نمی‌توان بردباری و دامنه بوم‌شناختی برآورد کرد.

**تحلیل آماری:** اطلاعات به‌دست‌آمده از داده‌های پوشش گیاهی و متغیرهای محیطی در

متغیر هدایت الکتریکی خاک و pH، معنی‌دار شناخته شدند و برای حضور گونه *F. ovina*، متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، درصد کربن آلی خاک، هدایت الکتریکی خاک و pH، تاثیر معنی‌داری نداشتند؛ درحالی‌که تاثیر متغیرهای جهت دامنه، بارش، نیتروژن خاک، درجه حرارت و درصد شن، رس و سیلت خاک، معنی‌دار بود.

برای تعیین اهمیت نسبی هر کدام از متغیرها از بسته MuMin در نرم‌افزار آماری R نسخه 3.0.2 استفاده شد. در جدول ۲ اهمیت نسبی هر یک از متغیرهای اثرگذار ارائه شده است. اهمیت نسبی، سهم هر یک از متغیرهای پیشگو را در توجیه تغییرپذیری به صورت ترکیب با سایر متغیرها نشان می‌دهد (Kabacoff, 2011).

رویشگاه گونه‌های بررسی‌شده در منطقه آبخیز گلندرود و شکل‌های ۲ تا ۴، چگونگی حضور گونه‌ها را نسبت به متغیرهای محیطی نشان می‌دهند. در جدول ۱، نتایج معنی‌داری هموارسازها در الگوی جمعی تعمیم‌یافته برای بررسی اثر متغیرهای محیطی بررسی شده بر پراکنش گونه‌ها و نیز نتایج تحلیل مولفه‌های هموارسازی اسپلین ارائه شده‌اند. درجه آزادی یک، در جدول ۱ بیان‌کننده آن است که عبارت هموارسازی به صورت خطی آزمون می‌شود. در این جدول، درجه آزادی غیر یک بیان‌کننده گرایش غیرخطی متغیرهای بررسی شده با حضور گونه‌های بررسی شده است. پس از تخصیص متناسب درجه آزادی به متغیرهای توضیحی با نرم‌افزار مشاهده می‌شود که برای حضور گونه *B. tomentellus*، همه متغیرها بجز دو

جدول ۱- نتایج حاصل از برازش الگوی جمعی تعمیم‌یافته بر متغیرهای بررسی‌شده با بسته نرم‌افزار mgcv

معنی‌داری		p-value		درجه آزادی		متغیر
<i>F. ovina</i>	<i>B. tomentellus</i>	<i>F. ovina</i>	<i>B. tomentellus</i>	<i>F. ovina</i>	<i>B. tomentellus</i>	
-	***	۰/۲۱۶	۰/۰۰۰	۲/۱۵۹	۱/۴۳	ارتفاع از سطح دریا (متر)
-	*	۰/۲۲۳	۰/۰۱۱۲	۲/۱	۲/۷۲	شیب (درصد)
*	***	۰/۰۴۶	۰/۰۰۰	۱	۱	جهت (آزیموت)
۰	***	۰/۰۸۷	۰/۰۰۰	۲/۳۱	۱/۸۰	بارش (میلی متر)
***	**	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵۱	۲/۷۳	۲/۰۴	درجه حرارت (سانتی‌گراد)
***	***	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴۸	۱/۹۴	۱	شن (درصد)
***	**	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۸	۲/۷۵	۱/۶۹	رس (درصد)
***	**	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۲۶	۱	۱	سیلت (درصد)
**	*	۰/۰۰۱۵۵	۰/۰۰۵۶	۲/۶۳	۱	نیتروژن (درصد)
-	۰	۰/۸۲۱	۰/۰۱۸	۱	۱	کربن آلی (درصد)
-	-	۰/۹۷۹	۰/۳۷۳	۱	۱	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
-	-	۰/۱۵۸	۰/۳۲	۱/۷۲	۲/۷۶	pH

\*\*\* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطوح ۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۰۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ هستند.





جدول ۲- نتایج برازش الگوی جمعی تعمیم‌یافته با متغیرهای بررسی شده

AIC		اهمیت نسبی		متغیر محیطی
<i>F. ovina</i>	<i>B. tomentellus</i>	<i>F. ovina</i>	<i>B. tomentellus</i>	
۱۱۵/۶۴	۹۰/۶۶	۰/۴۷	۰/۸۳	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۱۱۷/۳۹	۹۳/۲۰	۰/۷۹	۰/۵۲	بارش (میلی‌متر)
۱۵۲/۵۹	۱۰۹/۷۰	۰/۶۰	۰/۵۴	جهت (آزیموت)
۱۷۵/۷۵	۱۱۲/۸۸	۰/۷۹	۰/۵۲	شن (درصد)
۱۸۱/۰۴	۱۱۵/۱۰	۰/۵۱	۰/۵۰	رس (درصد)
۱۸۳/۰۳	۱۱۶/۴۰	۰/۷۷	۰/۴۹	سیلت (درصد)
۱۸۳/۹۸	۱۱۹/۰۶	۰/۶۷	۰/۴۹	کربن آلی (درصد)
۱۱۷/۱۵	۹۳/۶۵	۰/۵۶	۰/۵۴	درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)
۱۹۰/۰۳	۱۲۱/۶۸	۰/۵۰	۰/۵۰	نیترژن کل (درصد)
۱۹۶/۴۶	۱۱۳/۷۵	۰/۷۷	۰/۵۸	pH
۱۹۲/۵۹	۱۱۵/۹۲	۰/۸۵	۰/۵۱	شیب (درصد)

و نتایج نشان دادند که مقدار VIF برای متغیر ارتفاع از سطح دریا و بارش و درصد شن بیشتر از ۱۰ است؛ در نتیجه، این متغیرها نیز از تجزیه و تحلیل حذف و الگوسازی با باقیمانده متغیرها انجام شد (جدول ۳).

جدول ۳- اهمیت نسبی ترکیبی متغیرها بدون وجود هم‌خطی

Vif		متغیر محیطی
<i>F. ovina</i>	<i>B. tomentellus</i>	
-	۱	ارتفاع از سطح دریا (متر)
-	-	بارش (میلی‌متر)
۰/۶۱	۰/۵۴	جهت (آزیموت)
-	۰/۵۰	شن (درصد)
۰/۶۰	۰/۵۰	رس (درصد)
۰/۵۲	-	سیلت (درصد)
۰/۵۲	-	کربن آلی (درصد)
۱	-	درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)
۰/۴۹	۰/۴۶	نیترژن کل (درصد)
۰/۶۲	۰/۵۸	pH
۰/۹۳	۰/۵۰	شیب (درصد)

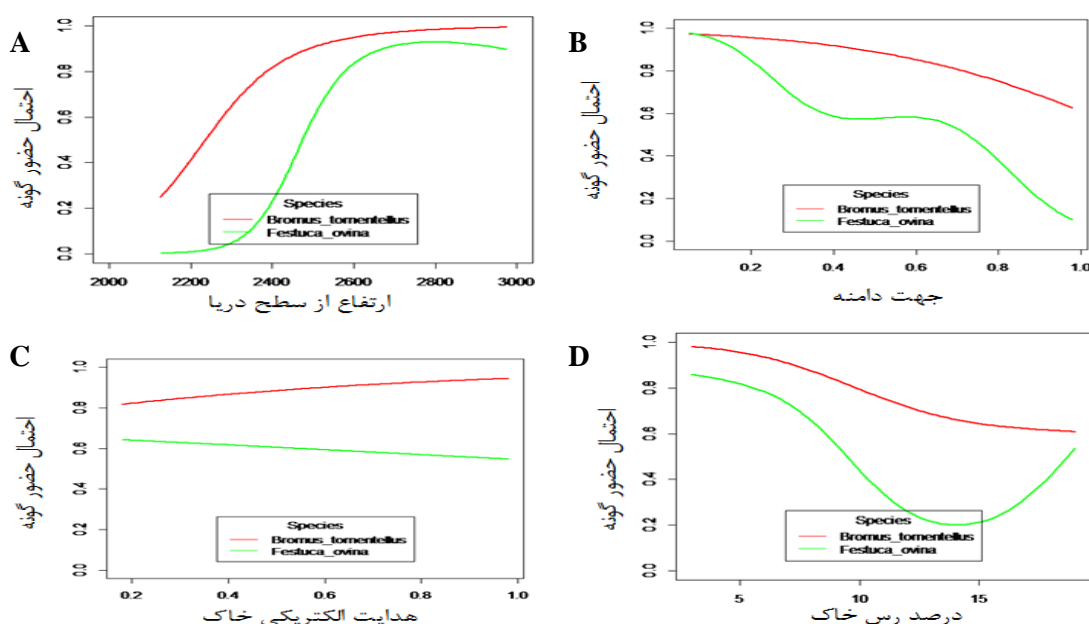
با مراجعه به جدول ۲ ملاحظه می‌شود که درباره حضور گونه *B. tomentellus*، ارتفاع از سطح دریا مهم‌ترین متغیر برای حضور این گونه در مراتع منطقه آبخیز گلندرود است؛ در حالی که برای حضور گونه *F. ovina* مهم‌ترین متغیر بارش و درصد شیب است و مقدار AIC هر کدام از متغیرها برای حضور دو گونه نشان داده شده است. بر این اساس، برای حضور گونه *B. tomentellus*، متغیر ارتفاع از سطح دریا و برای حضور گونه *F. ovina*، متغیر ارتفاع از سطح دریا و سپس درجه حرارت، کمترین مقدار AIC را دارند.

درباره گونه *B. tomentellus*، نتایج نشان دادند که مقدار VIF برای متغیرهای درصد سیلت، درجه حرارت، بارش، هدایت الکتریکی و کربن آلی خاک، بیشتر از ۱۰ است؛ در نتیجه، این متغیرها از تجزیه و تحلیل حذف و الگوسازی با باقیمانده متغیرها انجام شده است. برای گونه *F. ovina*، مقدار VIF برای همه متغیرهای مستقل محاسبه شد

دارد؛ یعنی با افزایش ارتفاع از سطح دریا حضور گونه‌های بررسی‌شده ابتدا افزایش می‌یابد و پس از آن روندی ثابت را نشان می‌دهد (شکل ۲-۲A). متغیر جهت دامنه، رابطه کاهنده و خطی دارد که در آن هرچه به سمت جنوب و جنوب غربی یعنی مناطق گرم‌تر می‌رویم از حضور گونه‌های *B. tomentellus* و *F. ovina* کاسته می‌شود (شکل ۲-۲B). متغیر هدایت الکتریکی خاک تاثیر معنی‌داری بر حضور گونه *B. tomentellus* نگذاشته است (شکل ۲-۲C). همان‌گونه که در شکل‌های ۲-۲D و ۲-۳B مشاهده می‌شود، درباره متغیرهای درصد رس و سیلت خاک، هر دو گونه عملکرد مشابهی دارند و رابطه کاهنده و خطی دارند که در آنها با افزایش مقدار رس و سیلت خاک، از حضور گونه‌های *B. tomentellus* و *F. ovina* کاسته می‌شود. متغیر درصد شن خاک یکی از متغیرهای موثر بر احتمال حضور گونه‌های بررسی‌شده در منطقه آبخیز گلندرود بود.

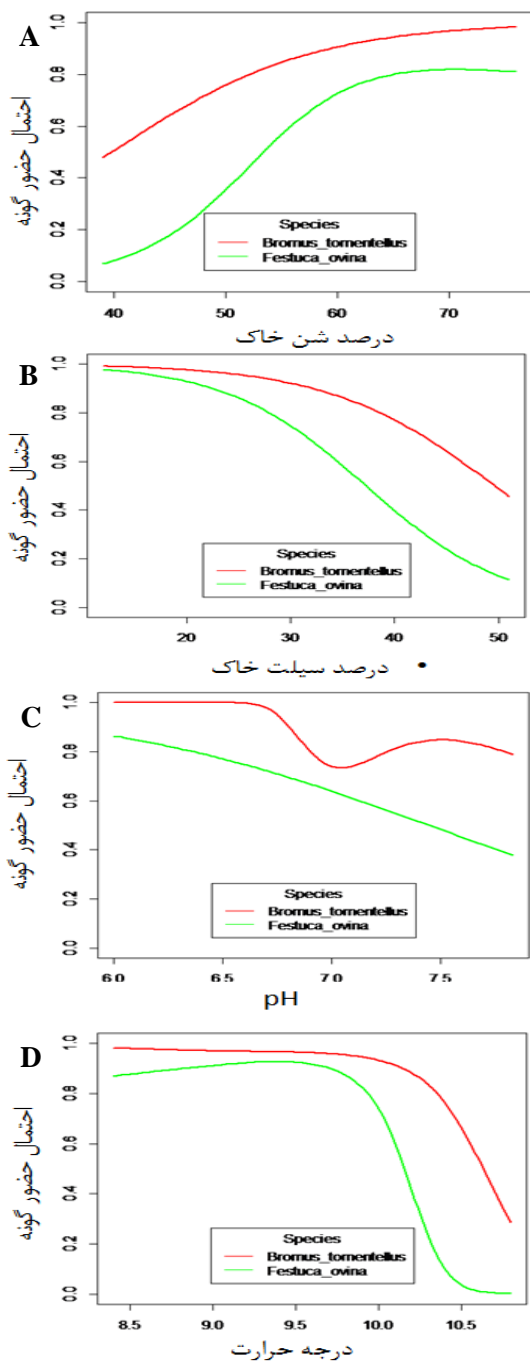
در جدول ۳، همچنین متغیرهایی که اهمیت نسبی ترکیبی آنها در حدود ۰/۹ یا بیشتر باشد، متغیرهای دارای اهمیت زیاد و تاثیر قوی بر حضور گونه بررسی‌شده هستند؛ اگر اهمیت نسبی آنها بین ۰/۶ تا ۰/۹ باشد، متغیرهایی هستند که تاثیر متوسط بر گونه بررسی‌شده دارند و اگر اهمیت نسبی آنها بین ۰/۵ تا ۰/۶ باشد، این متغیرها کمترین تاثیر را بر گونه بررسی‌شده دارند (logan, 2011). براساس این جدول برای حضور گونه *B. tomentellus*، متغیر ارتفاع از سطح دریا و برای حضور گونه *F. ovina*، متغیر درصد شیب و درجه حرارت تاثیر قوی بر حضور این گونه‌ها داشتند.

نتایج مربوط به الگوی جمعی تعمیم‌یافته برای تاثیر متغیرهای محیطی بررسی‌شده بر پراکنش گونه‌های *B. tomentellus* و *F. ovina* در جدول ۱ ارائه شده‌اند. باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده از برازش الگوی جمعی تعمیم‌یافته (GAM)، ارتفاع از سطح دریا رابطه افزایشی با حضور گونه‌های بررسی‌شده



شکل ۲- الگوی GAM برازش داده‌شده به متغیرهای محیطی درباره داده‌های فراوانی دو گونه *B. tomentellus* و *F. ovina*: A (ارتفاع)، B (جهت دامنه)، C (هدایت الکتریکی خاک) و D (درصد رس خاک)

احتمال حضور گونه مد نظر ابتدا ناچیز بود و سپس شدت یافت (شکل ۴-۳D).



شکل ۳- الگوی GAM برازش داده شده به متغیرهای محیطی درباره داده‌های فراوانی دو گونه *F. ovina* و *B. tomentellus*: A (درصد شن خاک)، B (درصد سیلت خاک)، C (pH) و D (درجه حرارت)

همان‌طور که در شکل ۳-۳A مشاهده می‌شود، این متغیر، رابطه افزایشی با حضور گونه مد نظر دارد. متغیر pH خاک بر حضور گونه‌های مطالعه شده اثر کاهنده دارد (شکل ۳-۳C). متغیر درجه حرارت و حضور گونه‌های *B. tomentellus* و *F. ovina* نیز از نوع کاهنده درجه ۲ است و با افزایش درجه حرارت و گرم‌تر شدن هوا، تأثیر آن بر کاهش احتمال حضور گونه مد نظر ابتدا ناچیز است و سپس شدت می‌یابد (شکل ۳-۳D).

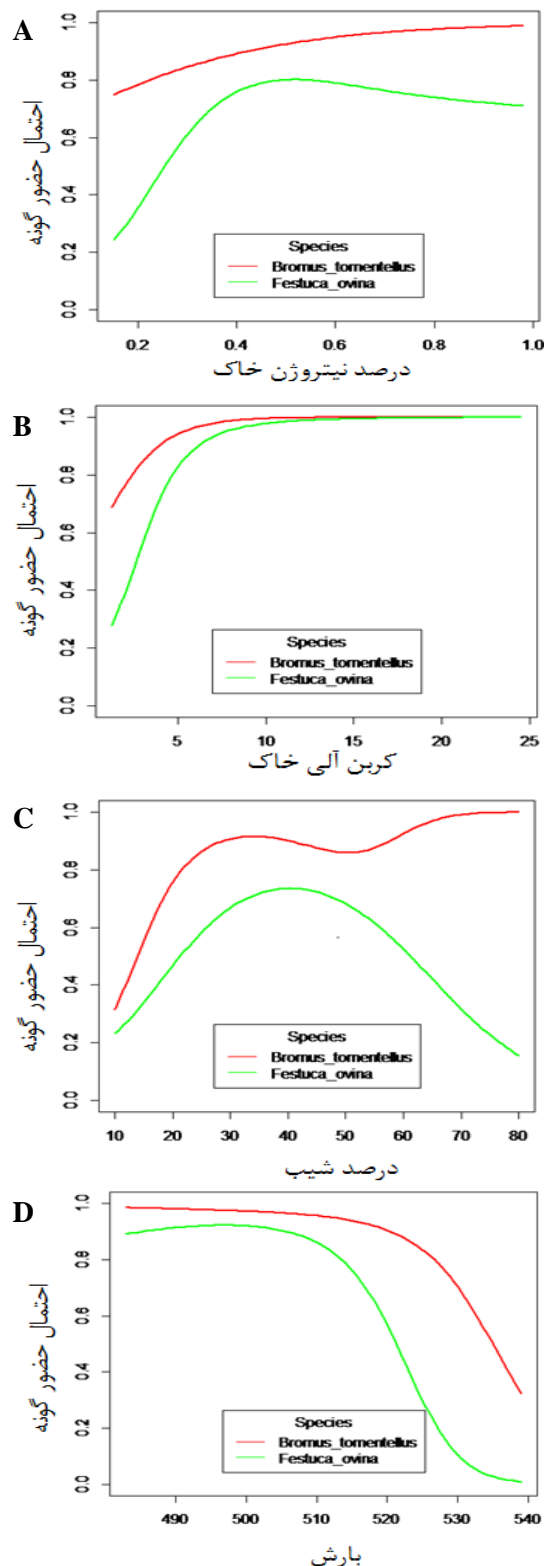
همان‌طور که در شکل ۳-۳A مشاهده می‌شود، متغیر درصد نیتروژن کل خاک تأثیر معنی‌داری بر حضور گونه *B. tomentellus* نگذاشته است؛ درحالی که با افزایش این متغیر، حضور گونه *F. ovina* افزایش می‌یابد تا زمانی که درصد نیتروژن به حدود ۰/۵ برسد؛ سپس با افزایش بیشتر این متغیر، به تدریج حضور گونه کاهش پیدا می‌کند. عکس‌العمل هر دو گونه در برابر متغیر درصد کربن آلی خاک یکسان است؛ در ابتدا روند افزایشی و پس از آن روندی ثابت را در پیش می‌گیرند (شکل ۳-۳B). متغیر درصد شیب دامنه تأثیر معنی‌داری بر حضور گونه *B. tomentellus* می‌گذارد و همان‌طور که در شکل ۳-۳C مشاهده می‌شود، متغیر درصد شیب رابطه افزایشی با درجه آزادی ۲ دارد که در آن با افزایش درصد شیب بر حضور گونه *B. tomentellus* افزوده می‌شود؛ درحالی که بیشترین حضور گونه *F. ovina* در شیب ۴۰ تا ۵۰ درصد است و با افزایش و کاهش این متغیر از حضور این گونه کاسته می‌شود. رابطه بارش و حضور گونه‌های *B. tomentellus* و *F. ovina* نیز از نوع کاهنده و با افزایش میزان بارش ابتدا تأثیر آن در کاهش

## بحث

هدف از بررسی زندگی گونه‌های مرتعی، شناسایی عوامل بوم‌شناسی مهم در رویشگاه آنها و تعیین عوامل مؤثر بر رویش و پراکنش آنهاست تا با دستاوردهای این بررسی‌ها در طرح‌های اصلاح، احیاء و مدیریت مراتع، اقدام‌های لازم انجام شوند (Ahmadi and Shahmoradi, 2005)

به‌همین‌علت، در بررسی حاضر، عوامل مؤثر بر پراکنش گونه‌های *B. tomentellus* و *F. ovina* مطالعه شدند. در الگوهای جمعی تعمیم‌یافته بایستی از داده‌های پیوسته استفاده کنیم و در پژوهش حاضر نیز از داده‌های پیوسته استفاده شده است. حضور و پراکنش گونه‌های گیاهی مطالعه‌شده، حاصل عوامل زنده و غیرزنده و برهم‌کنش این عوامل در رویشگاه است که تنها برخی از این عوامل می‌توانند شناسایی و اندازه‌گیری شوند؛ به‌همین‌علت، عوامل خاک و فیزیوگرافی از جمله عواملی هستند که می‌توان آنها را اندازه‌گیری و تاثیر آنها را بر حضور این گونه‌ها برآورد کرد. در پژوهش حاضر، عوامل خاک و توپوگرافی و اقلیمی تاثیر معنی‌داری بر حضور این دو گونه داشتند.

نتایج پژوهش حاضر نشان دادند که این دو گونه در منطقه آبخیز گلدرود استان مازندران در ارتفاعات بالا عملکرد چشمگیری دارند و با افزایش ارتفاع از سطح دریا، بر حضور هر دو گونه در این منطقه افزوده می‌شود که نشان دهنده شرایط بهینه در این ارتفاع برای حضور این گونه‌ها است. Ghorbani و همکاران (۲۰۱۳)، نیز به این نتیجه رسیدند که گونه *F. ovina* در دامنه‌های جنوب شرقی سبلان در محدوده ارتفاعی ۱۳۵۰ تا ۳۵۰۰ متر از سطح دریا انتشار گسترده‌ای دارد Ghelijnia و همکاران



شکل ۴- الگوی GAM برازش داده شده به متغیرهای محیطی درباره داده‌های فراوانی دو گونه *B. tomentellus* و *F. ovina* A) درصد نیتروژن خاک، B) درصد کربن آلی خاک، C) درصد شیب و D) بارش

متغیر، کم‌اهمیت‌ترین متغیر تشخیص داده شد؛ به‌طوری‌که با افزایش یا کاهش این متغیر، تغییر معنی‌داری در احتمال حضور هر دو گونه حاصل نشده است. این مسئله می‌تواند از دامنه تحمل وسیع این گونه‌ها به مقادیر مختلف هدایت الکتریکی و تحمل این گونه‌ها به متغیر یادشده در بالا ناشی شده باشد. Ghorbani و همکاران (۲۰۱۳) نیز به این نتیجه رسیدند که حضور گونه *F. ovina* در هدایت الکتریکی ۰/۵ تا ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شده است که با نتایج ما مطابقت دارد و پژوهش‌های Karimi و Aryavand (۲۰۰۷)، بیان‌کننده این است که *B. tomentellus* گیاهی نیمه‌مقاوم و نیمه‌حساس در مقابل خاک‌هایی با هدایت الکتریکی زیاد است و سازوکار مقاومت آن از طریق ریزش برگ‌های مسن‌تر انجام می‌شود. Ghelijnia و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که این گونه، خاک‌هایی با هدایت الکتریکی ۰/۴ تا ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر می‌پسندد. Nazarian و همکاران (۲۰۰۴)، نیز به این نتیجه رسیدند که این گونه در شمال ایران در محدوده هدایت الکتریکی ۰/۷ تا ۰/۸۲ دسی‌زیمنس بر متر انتشار گسترده‌ای دارد؛ بنابراین این گونه، هم خاک‌های شور و هم خاک‌های با هدایت الکتریکی کمتر را می‌پسندد؛ به‌همین‌علت، این متغیر تأثیر معنی‌داری بر پراکنش این گونه نداشت و در الگوی جمعی تعمیم‌یافته نیز از مقدار هدایت الکتریکی اندک تا زیاد، این گونه حضور داشته است. فراوانی هر دو گونه *B. tomentellus* و *F. ovina* نسبت به درصد رس و سیلت خاک برخلاف شن به‌ترتیب، هم‌نوا کاهشی و هم‌نوا افزایشی بوده است که این نتایج، نشان‌دهنده این موضوع است که هر دو گونه از

(۲۰۰۷) نیز به این نتیجه دست یافتند که رویشگاه‌های گونه *B. tomentellus* در مناطق غربی استان مازندران در ارتفاعات ۲۳۰۰ تا ۳۳۰۰ متر از دریا واقع شده‌اند. این گونه در ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر از سطح دریا به‌صورت پراکنده و در دامنه ارتفاعی ۲۴۰۰ تا ۲۸۰۰ متر از سطح دریا به‌صورت گسترده حضور دارد. Abdi و Madah Arefi (۲۰۰۴)، گزارش کردند که حضور گونه *B. tomentellus* با ارتفاع رابطه مثبت دارد و ارتفاع، معرف حضور این گونه است که این یافته‌ها با نتایج به‌دست‌آمده در منطقه آبخیز گلندرود مطابقت دارد. از جنبه جهت‌های جغرافیایی، این گونه‌ها در جهات جنوبی و جنوب غربی کمترین حضور را دارد؛ در حالی که در جهات شمال و شمال شرقی حضور و پراکنش بیشتری دارد که این مورد با نتایج محققان Eftekhari و Kolahi (۱۹۹۵) و Ghorbani (۲۰۰۶)، بیان کردند که در نواحی مرتفع و شیب شمالی حضور گونه *B. tomentellus* بیشتر از نقاط پست است؛ زیرا در شیب‌های شمالی، درجه حرارت نسبت به شیب‌های جنوبی کمتر است و با نتایج ما همسو است؛ در حالی که با یافته‌های پژوهش‌های Abdi و Madah Arefi (۲۰۰۴)، و Ghelijnia و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت ندارد که بیان کردند، گونه *B. tomentellus* بیشتر، از عامل جهت شیب تأثیر می‌پذیرد و در زمین‌های شیب‌دار جنوب و جنوب شرقی، فراوانی و پوشش تاجی بیشتری دارد. گونه *F. ovina* تقریباً در همه جهات حضور داشت؛ اما بیشترین احتمال حضور گونه در دامنه شمال شرقی بود. این یافته‌ها با نتایج سایر محققان (Ghorbani et al., 2013, Grime et al., 1998) مطابقت دارد. برای هدایت الکتریکی خاک، این

درباره واکنش این گونه‌ها به pH، این گونه‌ها در خاک‌هایی با pH=۶ به مقدار بهینه خود از نظر حضور رسیده‌اند؛ به طوری که هرچه بر میزان قلیایی بودن خاک افزوده می‌شود، از میزان حضور هر گونه کاسته می‌شود. همچنین این گونه‌ها تحمل اندکی به ویژگی قلیایی بودن خاک دارند و نسبت به افزایش pH روندی کاهنده را نشان می‌دهند که نتایج ما همسو با نتایج محققان (Amiri et al., 2008; Kolahi and Atri, 2014) است؛ درحالی که با نتایج Ghlichnia و همکاران (۲۰۰۶) همسو نیست. درجه حرارت از دیگر متغیرهای تاثیرگذار بر حضور دو گونه بررسی شده بوده است که هر دو گونه در درجه حرارت اندک ۸/۴ درجه سانتی‌گراد، بیشترین حضور را داشته‌اند و جزء گونه‌های مناطق سرد به شمار می‌روند که این یافته‌ها با نتایج محققان (Moghimi, 2005; Ghorbani, 1995) همخوانی دارد. از دیگر عوامل موثر بر پراکنش گونه‌های بررسی شده در پژوهش حاضر، مقدار ازت خاک است و در الگوی جمعی تعمیم یافته، متغیر نیتروژن خاک با حضور هر دو گونه مد نظر رابطه افزایش یافته دارد که این نتایج با نتایج بررسی Kia و همکاران (۲۰۱۱) در مراتع چهارباغ استان گلستان که نشان می‌دهند گونه *B. tomentellus* در خاک‌هایی با نیتروژن فراوان، گرایش بیشتری برای استقرار دارد همخوانی دارند. درباره عکس‌العمل حضور گونه *B. tomentellus* و *F. ovina* نسبت به درصد کربن آلی خاک می‌توان گفت که باتوجه به نتایج به دست آمده از الگوی جمعی تعمیم یافته نیز متغیر کربن آلی خاک با حضور هر دو گونه مد نظر،

خاک‌هایی با درصد رس و سیلت فراوان گریزان هستند؛ ولی به راحتی می‌توانند در خاک‌هایی با درصد شن فراوان، رویش کنند. در ارتفاعات بالا به علت شیب بیشتر، شستشوی خاک، بیشتر و از میزان درصد رس و سیلت خاک کاسته و بر میزان شن افزوده شده است و احتمال حضور این گونه‌ها به علت مجموعه ریشه‌ای قوی، قدرت نگهداری ذرات درشت‌تر در کنار یکدیگر و نیاز به نگهداری کم، این گونه‌ها بیشتر و هرچه بر میزان سیلت خاک افزوده شده است، از حضور این گونه‌ها کاسته شده است. Amiri و همکاران (۲۰۰۸)، بیان کردند که بافت متوسط تا سبک، افزایش حضور گونه *B. tomentellus* را سبب شده است. نتایج حاصل از مطالعات Nazarian و همکاران (۲۰۰۴) و Kolahi و Atri (۲۰۱۴) حاکی از این است که گونه *B. tomentellus* در شمال ایران در خاک‌هایی با بافت سنی، بیشترین پراکنش را دارد مطابقت دارد؛ درحالی که Ghelijnia و همکاران (۲۰۰۷) و Bagheri و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که این گونه مرتعی در خاک‌های با بافت لومی و سیلتي لومی نسبت به دیگر بافت‌ها با داشتن آب در دسترس و درصد ذرات سیلت (ذرات حاصلخیزکننده خاک) حضور بیشتری دارد، همسو نیست. باتوجه به نتایج به دست آمده از الگوی جمعی تعمیم یافته نیز متغیر درصد رس و سیلت با حضور گونه‌های مد نظر، رابطه کاهنده دارند؛ درحالی که متغیر درصد شن رابطه افزایش یافته با حضور این گونه‌ها دارد. Karimi (۱۹۹۰)، در پژوهش خود بیان کرده است که این گونه‌ها در خاک‌های سبک سنی، قلوه‌سنگی و درشت‌بافت گسترش بیشتری دارند که با نتایج ما همسو است.

### جمع‌بندی

با الگوی جمعی تعمیم‌یافته و نیز روش اعتبارسنجی متقابل، تاثیر عوامل محیطی بر پراکنش دو گونه *F. ovina* و *B. tomentellus* شناخته شد. علاوه‌براین، با این الگو نحوه ارتباط حضور گونه نیز با این متغیرها بررسی شد. نتایج بیان‌کننده وجود هر دو رابطه خطی و رابطه غیرخطی بین حضور گونه‌ها و متغیرهای محیطی هستند. به‌طور کلی نتایج نشان‌دهنده آن هستند که الگوی جمعی تعمیم‌یافته، علاوه‌بر شناسایی روابط خطی، به کشف روابط غیرخطی بین متغیرها با حضور گونه‌های بررسی‌شده نیز قادر است که این یکی از مزایای الگوی جمعی تعمیم‌یافته است که در پژوهش حاضر نشان داده شد. این دو گونه، بردباری وسیعی در مقابل عوامل مختلف بوم‌شناختی دارند و به سبب ویژگی‌های سازگاری و همچنین خوش‌خوراکی مطلوب می‌توانند گونه‌های مناسبی برای احیا و اصلاح مراتع و تولید علوفه در مناطق نیمه‌استپی با بارندگی حدود ۳۰۰ تا ۵۶۰ استفاده شوند.

### سپاسگزاری

پژوهش حاضر، بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است که با حمایت مالی دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است.

### References

Abdi, N. and Madah Arefi, H. (2004) Using multivariate canonical correspondence analysis for seed collection management of natural areas. Iranian Journal of Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic Research 12(4): 393-418 (in Persian).

رابطه افزایش‌دهنده دارد؛ به طوری که با توجه به شرایط بوم‌شناختی منطقه آبخیز گلندرود استان مازندران، افزایش میزان کربن آلی خاک، افزایش حضور این دو گونه را سبب شده است. Kia و همکاران (۲۰۱۱) نیز تاثیر کربن آلی بر پراکنش و استقرار گونه *B. tomentellus* تأیید کرده‌اند. درباره درصد شیب، با توجه به نتایج به دست آمده از الگوی جمعی تعمیم‌یافته گونه *B. tomentellus* در شیب‌های بیشتر، بیشترین احتمال حضور را دارد که این شاید به علت توان استقرار زیاد این گونه در شیب‌های تند و نداشتن دسترسی زیاد دام در شیب‌های تند باشد. Ghelijnia و همکاران (۲۰۰۷)، درباره ارتباط حضور این گونه با درصد شیب به این نتایج دست یافتند که رویشگاه این گونه در شیب ۱۵ تا ۴۰ درصد است و این گونه به علت داشتن ریشه افشان و درهم‌خور، اتصال ذرات خاک را باعث می‌شود و از این گونه می‌توان برای ایجاد پوشش دائمی در شیب‌های تند استفاده کرد. گونه *F. ovina* در شیب حدود ۵۰ درصد به مقدار بهینه خود می‌رسد و با افزایش کاهش شیب، از حضورش کاسته می‌شود.

در بررسی حاضر، این دو گونه برای همه متغیرها بجز درصد شیب، رفتار یکسانی نشان داده‌اند و در بیشتر پلات‌های نمونه‌برداری، دو گونه در کنار هم قرار داشته‌اند؛ در نتیجه، دو گونه ویژگی‌های بوم‌شناختی یکسانی دارند. در پژوهش حاضر، از الگوی جمعی تعمیم‌یافته برای بررسی عکس‌العمل دو گونه مرتعی *B. tomentellus* و *F. ovina* نسبت به متغیرهای محیطی استفاده شده و نتایج پذیرفتنی نیز به دست آمده است.

- Aertsen, W., Kint, V., Van Orshoven, J., Ozkan, K. and Muys, B. (2010) Comparison and ranking of different modeling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Journal of Ecological Modelling* 221(8): 1119-1130.
- Ahmadi, K., Alavi, S. J. and Tabari Kouchaksaraei, M. (2015) Evaluation of oriental beech (*Fagus orientalis* L.) site productivity using generalized additive model (Case study: Tarbiat Modares University, Forest Research Station). *Iranian Journal of Forest* 7(1): 17-32 (in Persian).
- Ahmadi, A. and Shahmoradi, A. (2005) An Autecological study of *Agropyron cristatum* West Azarbijan province. *Journal of Natural Resources of Iran* 58(3): 691-701 (in Persian).
- Akaike, H. (1974) A new look at the statistical model identification, *Automatic Control, IEEE Transactions on*, 19(6): 716-723.
- Amiri, F., khajoddin, S. J. and Mokhtari, K. (2008) Determine environmental factors affecting the establishment of *Bromus tomentellus* using ordination. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 44: 347- 356 (in Persian).
- Bagheri, S., Jafari, M., Tavili, A., Abbasi, H. R. and Moeini, A. (2013) Effects of soil characteristics on available soil moisture and *Bromus tomentellus* forage production. *Iranian Journal of Range Management Society* 7(2): 134-143 (in Persian).
- Eftekhari, M. (2006) Outecology of species *Bromus tomentellus* Isfahan Province. The Research Center of Agriculture and Natural Resources on Isfahan Province 91p (in Persian).
- Ehsani, A. (2013) Proper grazing management by consideration of *Bromus tomentellus* phenological stages. *Iranian Journal of Range Management Society* 7(2): 100-109 (in Persian).
- Esmaeili, M. M., Kheirfam, H., Deilam, M., Akbarloo, M. and Saboori, H. (2010) Study on effects of cutting on production of *Agropyron elongatum* and *Festuca ovina* species. *Journal of Range Management* 4(1): 72-81 (in Persian).
- Fernández, B., Herrera, J. J. and Kleinn, C. C. (2004) Site productivity estimation using height-diameter relationships in Costa Rican secondary forests sistemasy recursos forestales 13(2): 295-303.
- Ghelijnia, H., Shahmoradi, A. A. and Zarekia, S. (2007) Autecology of two range plants species of *Bromus tomentellus* and *Agropyronpectiniforme* in Mazandaran Province. *Iranian journal of Range and Desert Research* 15(3): 348-359 (in Persian).
- Ghlichnia, H. (2006) Research report rangeland evaluation in different climates, Research Institute of Forests and Rangelands 110p (in Persian).
- Ghorbani, A. (1995) Investigation of some ecological characteristics of the *Bromus tomentellus* and *Psathyrostachys fragilis* species in Tehran Watershed, MSc Thesis, Natural Resources Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (in Persian).
- Ghorbani, A., Sharifieniarogh, J. A., Kavianpoor, A. H., Malekpoor, B.



- and Mirzaee, F. (2013) Investigation on ecological characteristics of *Festuca ovina* L. in south-eastern rangelands of Sabalan. *Journal of Range and Desert Research* 2(2): 379- 396 (in Persian).
- Grime, J. P., Hudson, J. G. and Hunt, R. (1988) *Comparative plant ecology*. Oxford University press, London.
- Guisan, A., Edwards, T. C. and Hastie, T. J. (2002) Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Journal of Ecological modeling* 157(2): 89-100.
- Kabacoff, R. (2011) *R in action*. Manning Publications Co., 447 pp.
- Karimi, H. (1990) *Range management*, Tehran University Press, Tehran (in Persian).
- Karimi, Z. and Aryavand, A. (2007) Anatomical and morphological diversity of populations species *Bromus tomentellus* some of habitats Iran. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 14(4): 1-11 (in Persian).
- Kia, F., Tavili, A. and Javadi, S. A. (2011) Relationship between some rangeland species distribution and environmental factors in Chahar-Bagh region of Golestan Province. *Journal of Rangeland* 5(3): 292-301.
- Kolahi, M. and Atri, m. (2014) The effect of ecological factors on vegetation in Hamedan Alvand Region (Iran). *International Journal of Farming and Allied Sciences* 3(5): 489-496.
- Logan, M. (2011) *Biostatistical design and analysis using R: a practical guide*. John Wiley and Sons.
- Moghimi, J. (2005) Introduce some appropriate range species for development and reformation Iran rangeland, Arvan Publications, Tehran (in Persian).
- Moisen, G. G. and Frescino, T. S. (2002) Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling* 157(2): 209-225.
- Nazarian, H., Ghahreman, A., Atri, M. and Assadi, M. (2004) Ecological factors affecting parts of vegetation in north Iran (Elika and Duna watersheds) by employing eco-phytosociological method. *Pakistan Journal of Botany* 36(1): 41-64.
- Pearson, R .G. and Dawson, T. P. (2003) Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bio climate envelope models useful?. *Journal of Global Ecology and Biogeography* 12(5): 361-371.
- Salehi, M., Vazirinasab, H., Khoshgam, M. and Rafati, N. (2012) Application of the generalized additive model in determination of the retinopathy risk factors relation types for Tehran diabetic patients, *Razi Journal of Medical Sciences* 19(97): 1-9 (in Persian).
- Yee, T. W. and Mitchell, N. D. (1991) Generalized additive models in plant ecology. *Journal of Vegetation Science* 2(5): 587-602.



