بررسی مدل‌های رگرسیونی در برآورد تولید گیاهان مرتعی

پژمان طهماسبی[1*]، عطاالله ابراهیمی[1] و محسن فعال[2]

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۵ – تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۵

چکیده

آگاهی از تولید گیاهان مرتعی اطلاعات مناسبی از چگونگی سلامت و کارکرد اکوسیستم‌های مرتعی را در اختیار مدیران این اکوسیستم‌ها قرار می‌دهد. تخمین تولید گیاهان مرتعی از طریق ویژگی‌های مورفولوژی موجب افزایش سرعت، کاهش زمان و افزایش تعداد نمونه می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی ارتباط بین تولید گونه‌های *Stipa hohenackeriana* Trin Rupr *Bromus tomentellus* Boiss، *Astragalus effesus*، *Astragalus caragana*، *Astragalus cyclophylus* و *Onobrychis gaoba* و ویژگی‌های مورفولوژیک آنها شامل قطر تاج، قطریقه، محیط یقه، قطر میانهٔ گیاه، ارتفاع گیاه، تاج پوشش گیاه با بررسی طیف وسیعی از مدل‌های رگرسیونی در دو سطح گونه و سطح فرم رویشی است. به این منظور از هر گیاه ۳۰ پایه به شکل تصادفی در منطقهٔ استپی حاشیهٔ زاینده‌رود انتخاب و ویژگی‌های بالا در آنها اندازه‌گیری شد. سه گروه مدل رگرسیونی شامل مدل‌هایی که تنها از یک ویژگی برای برآورد تولید استفاده می‌کردند (مدل تک‌بعدی)، مدل‌هایی که از تلفیق چند ویژگی استفاده می‌کردند (مدل‌های دو بعدی) و مدل‌های رگرسیونی چندگانه استفاده شد. پس از استخراج مدل‌های معنی‌دار، عملیات اعتبارسنجی برای انتخاب بهترین مدل، از بین مدل‌های معنی‌دار انجام شد. نتایج نشان داد که هر یک از ویژگی‌های بررسی‌شده با تولید گیاهان در ارتباط مستقیم است. با این وجود هر کدام از این ویژگی‌ها، نوع خاصی از ارتباط را با تولید داشته و در مدل‌های مختلفی می‌توانند برآورد مناسبی از تولید داشته باشند. قطر و محیط یقه و میانگین قطر تاج بهترین برآورد را در تولید گیاهان در قالب مدل‌های تک‌بعدی داشتند و ارتفاع به‌عنوان ضعیف‌ترین ویژگی شناسایی شد. همچنین استفاده ترکیبی از چندین ویژگی شامل: محیط یقه، قطر میانهٔ گیاه به‌همراه ارتفاع که تقریبی از حجم گیاه هستند برآورد بهتری را از تولید در مقایسه با مدل‌هایی که تنها از یک ویژگی استفاده می‌کردند داشت. نتایج حاکی این موضوع است که: ۱) تلفیق دو یا چند ویژگی در مدل‌های رگرسیونی باعث افزایش کارآیی تخمین تولید می‌شود، ۲) تخمین تولید از ویژگی‌های مورفولوژیک در گونه‌های با ساختار قامتی راست مانند *B. tomentellus* امکان‌پذیر است، در صورتی‌که در گیاهان طوقه‌ای شکل مانند *A. effusus* برآورد مناسبی در مقایسه با گروه قبلی به‌دست نمی‌آید.

واژه‌های کلیدی: تخمین تولید، ویژگی‌های مورفولوژیک، اعتبارسنجی، مدل‌های رگرسیونی، فرم رویشی، طوقه‌ای.

۱- استادیار دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد

*: نویسندهٔ مسئول: pejman.tahmasebi@nres.sku.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

آگاهی از مقدار تولید علوفهٔ گونه‌های مرتعی از مسائل اساسی در تحقیقات ارزیابی مرتع به‌شمار می‌رود و اطلاعات زیادی در ارتباط با چگونگی کارکرد اکوسیستم در اختیار مدیر مرتع قرار می‌دهد (۱۷) و از آن می‌توان برای مدیریت بهینهٔ چرای دام استفاده کرد. اهمیت تولید به‌دلیل تأثیر مستقیم آن بر میزان ظرفیت چرای مراتع دامهای اهلی و جانوران وحشی بیان شده است (۳ و ۵) و آن را زیست‌توده یا انرژی یک اکوسیستم در طول یک فصل یا سال عنوان کردند (۱۰).

روش‌های متعددی تاکنون برای اندازه‌گیری میزان تولید ابداع و به‌کار برده شده است که از نظر میزان دقّت مورد انتظار، زمان، هزینه و مهارت فرد با یکدیگر اختلاف دارند (۹). از میان روش‌های موجود، قطع و توزین یکی از بهترین روش‌های مورد استفاده بود که از آن به‌عنوان دقیق‌ترین روش‌ها نام برده شده است (۲). اگرچه این روش به‌عنوان کامل‌ترین و اساسی‌ترین روش مستقیم اندازه‌گیری تولید بیان شده است و رایج‌ترین روش اندازه‌گیری تولید به‌شمار می‌آید، بسیار وقت‌گیر، هزینه‌بر و مخرب است (۱، ۲، ۳ و ۹). بسیاری بر این اعتقادند که وقت‌گیری و کار زیاد روش قطع و توزین باعث محدودیت بهره‌گیری از آن می‌شود (۴، ۷، ۸ و ۹). این موضوع در ارتباط با گیاهان بوته‌ای که لازم است رشد سال جاری از رشد سال‌های پیش جدا شود، بسیار حادتر است. بر همین اساس محققان همواره سعی در جایگزینی این روش و بهره‌گیری از روش‌هایی را داشته‌اند که ساده و عملی و مناسب باشند (۱۲ و ۱۳). از این‌رو بررسی‌هایی در زمینهٔ ارتباط ویژگی‌های گیاهی با تولید صورت گرفته است. برای مثال پاین[1] (۱۹۷۴) نشان داد که پوشش گیاهی شاخص خوبی برای تعیین وزن علوفه گیاهان علفی و گندمیان است و رابطهٔ معنی‌داری بین پوشش تاجی و وزن شانزده گونهٔ گیاهی را گزارش داد. همچنین گزارش‌هایی در ارتباط با امکان برآورد تولید از طریق اندازه‌گیری پوشش شاخ و برگ برای بعضی از گونه‌های گیاهی وجود دارد (۱۱). برآورد تولید با استفاده از اندازه‌گیری ابعاد هندسی گیاه نیز از جمله روش‌های جایگزین است. به‌عنوان مثال لودویچ[2] و همکارانش (۱۹۷۵) برآورد تولید را از طریق اندازه‌گیری حجم چندین گونهٔ بوته‌ای پیشنهاد دادند و ارتباط معنی‌داری بین حجم و تولید این گونه‌ها استخراج کردند. همچنین در بررسی ارتباط بین وزن گیاه *Atriplex vesicaria* با سه عامل پوشش تاجی و پوشش شاخ و برگ و حجم نشان داده شد که تفاوت چندانی در استفاده از هر کدام از ویژگی‌های بالا در برآورد تولید وجود ندارد (۱). در نتیجه بهتراست باتوجه به دقت و هزینهٔ موجود برای برآورد تولید فقط یکی از سه عامل ذکرشده و به‌ویژه از پوشش تاجی برای کارشناسان باتجربه و از پوشش شاخ و برگ برای کارشناسان کم تجربه استفاده شود. در فرم‌های رویشی مختلف، تولید با ویژگی‌های مورفولوژیک مختلفی در ارتباط است. برای مثال در بررسی ارتباط بین تولید و ویژگی‌های مورفولوژیک دو گونهٔ بوته‌ای *Artemisia sieberi* و *Eurotia ceratoides* نشان داده شد که تنها سطح تاج پوشش بهترین برآوردکنندهٔ تولید است، در حالی‌که در فرم رویشی علف‌های پهن‌برگ (برای مثال گونهٔ *A. cyclophylus*) بین بیشتر ویژگی‌های مورفولوژیک و تولید ارتباط معنی دار موجود است (۱۶).

گونه‌های گیاهی اشکال متفاوتی دارند، بنابراین برای کاهش میزان خطا و زمان لازم برای اندازه‌گیری تولید باید به یک روش معین و یکسان دست یافت. بیشتر مطالعاتی که در زمینهٔ ارتباط بین ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه و تولید انجام شده است تنها یک یا تعدادی محدودی از ویژگی‌های گیاهی را در سطح گونه لحاظ کرده است. در اندازه‌گیری برای برآورد ظرفیت، نیاز به داشتن اطلاعات تولید کلیهٔ گیاهان موجود در جامعهٔ گیاهی است و باید یا ارتباط بین تولید و ویژگی‌های مورفولوژیک برای کلیهٔ گونه‌ها محاسبه شود که کاری بسیار سخت و پرهزینه است یا اینکه گونه‌هایی را که نمایندهٔ شکل‌های رویشی مختلف هستند، انتخاب کرد. سپس با استخراج روابط رگرسیونی بین تولید و خصوصیات مورفولوژیک شکل‌های رویشی بتوان اندازه‌گیری تولید را در سطح جامعهٔ گیاهی از طریق استفاده از این ویژگی‌ها گسترش داد. علاوه بر این ضعف بیشتر تحقیقات انجام شده استفاده از تعداد محدودی از مدل‌های رگرسیونی است در نتیجه باید

1- Payne

2- Ludwig

Archive of SID

www.SID.ir

مدل‌های رگرسیونی زیادتری در بررسی ارتباط بین تولید و این ویژگی‌ها در نظر گرفته شود تا از بین آنها بهترین را انتخاب کرد.

در مطالعهٔ حاضر هدف برآورد تولید از طریق ویژگی‌های مورفولوژیک شامل قطر تاج، قطر یقه، محیط یقه، قطر میانهٔ گیاه، ارتفاع گیاه، تاج پوشش گیاه دو گونهٔ گندمی *S. hohenackeriana* و*B. tomentellus* و چهار گونهٔ پهن‌برگ علفی *A. effusus*، *A. caragana*، *A. cyclophylus* و *O. gaoba* بود. برای این منظور با بررسی طیف وسیعی از مدل‌های رگرسیونی در دو سطح گونه و سطح فرم رویشی بهترین مدل‌ها را استخراج می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه، در منطقهٔ استپی حاشیهٔ زاینده‌رود در قرق تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در مرز بین استان چهارمحال و بختیاری و اصفهان با مساحت ۸۰۰ هکتار با مختصات جغرافیایی۳۲ درجه و۴۰ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی در شمال‌غربی استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد. پوشش غالب منطقه از گون‌های علفی و گندمیان چندساله به‌همراه گون‌های بوته‌ای تشکیل شده است.

پس از انتخاب مناطق نمونه‌برداری، از هر گونه تعداد ۳۰ پایه به شکل تصادفی انتخاب شد. از هر پایه ویژگی‌های مورفولوژیک شامل قطر تاج (در سه جهت)، قطر یقه، محیط یقه، قطر میانهٔ گیاه و ارتفاع گیاه همه برحسب سانتی‌متر مصادف با مرحلهٔ گلدهی کامل (در مورد گندمیان سنبل کامل) اندازه‌گیری شد. تصویر گیاهان بر روی زمین به‌صورت یک شکل هندسی است. یک شکل هندسی می‌تواند بی‌نهایت قطر داشته باشد (۲ و ۵). در این مورد قطر تاج پوشش در ۳ جهت اندازه‌گیری شد. انتخاب قطرها به تجربه و مهارت کارشناس بستگی دارد. جهت‌های انتخابی باید به‌صورتی باشد که میانگین آنها تا حد ممکن برابر قطر متوسط گیاه باشد. برای اندازه‌گیری قطر یقهٔ گیاهان از قسمت یقهٔ گیاه (چسبیده به سطح خاک) به‌وسیلهٔ متر و به‌صورت دقیق اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع، پایین‌ترین حد رشد سال جاری در تاج پوشش گیاه تا حد بالایی آن در نظر گرفته شد (۹). برای اندازه‌گیری قطر میانه گیاه از ۱/۲ ارتفاع گیاه اقدام به اندازه‌گیری و اطلاعات مربوطه ثبت شد. سپس هر گیاه از پایه قطع و در پاکت‌های جداگانه برای حمل به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های قطع‌شده در هوای آزاد خشک و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن علوفهٔ خشک هرنمونه با دقت بالا اندازه‌گیری شد.

مدل‌های رگرسیونی متنوعی به شرح جدول (۱) برای بررسی ارتباط هر یک از ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه (متغیر مستقل) و تولید (متغیر وابسته) مورد استفاده قرار گرفت. مدل‌های یک تا ۹ تنها از یک ویژگی برای بررسی ارتباط استفاده می‌کند (تک‌بعدی). این مدل‌ها معمول‌ترین و همچنین ساده‌ترین مدل‌های رگرسیونی مورد استفاده برای تخمین روابط متغیرهای مستقل و وابسته بوده و سادگی برآورد و تفسیر روابط به استفاده زیاد از آنها منجر شده است (۱۴).

مدل‌های۱۰-۱۷ از تلفیق دو ویژگی استفاده می‌کند و تقریبی از حجم گیاه هستند (دو بعدی). برای اجرای مدل‌های رگرسیونی و انتخاب بهترین مدل از بین آنها داده‌ها به دو قسمت تقسیم شد. دو سوم از داده‌ها (۲۰ تکرار) برای ساخت مدل[1] و یک سوم باقی‌مانده (۱۰ تکرار) برای اعتبارسنجی[2] مدل‌های استخراجی استفاده شد. برای هر کدام از ویژگی‌ها، مدل‌های جدول (۱) اجرا شد و از بین آنها برای هر ویژگی مدل با ضریب تبیین بالا انتخاب شد. علاوه بر این، از رگرسیون چندگانه (روش رو به عقب) برای بررسی ارتباط بین تولید (متغیر وابسته) و تمامی ویژگی‌های مورفولوژیک (متغیرهای مستقل) برای هر گیاه استفاده شد. روش رو به عقب برای کاهش اثرات هم‌راستایی که در نتیجهٔ همبستگی زیاد بین متغیرهای مستقل در مدل به‌وجود می‌آید، استفاده شد (۱۳و ۱۴).

بعد از اجرای مدل‌های بالا فرض‌های مربوط به مدل‌های رگرسیونی (شامل نرمال‌بودن توزیع باقیمانده،

1- Model Building
2- Model Validation

Archive of SID

www.SID.ir

همگنی واریانس‌ها، استقلال باقیمانده‌ها و هم‌راستایی) آزمون شد. سپس عملیات اعتبارسنجی با استفاده از معیارهای جدول (۲) با استفاده از یک سوم داده‌ها برای انتخاب بهترین مدل از بین مدل‌های انتخابی ذکرشده انجام شد. با توجه به اینکه این معیارها اختلافات بین مشاهده‌ها و تخمین‌های رگرسیونی را محاسبه می‌کنند. مدلی که کمترین اختلافات را بر اساس این معیارها داشته باشد، به‌عنوان بهترین مدل معرفی می‌شود (۱۲ و ۱۴). موارد بالا در سطح شکل‌های رویشی گندمیان و پهن‌برگ چندساله با ادغام‌کردن داده‌های گونه‌های مربوط به هر سطح انجام شد. شمای کلی تجزیهٔ آماری در شکل (۱) آورده شده است.

جدول ۱- مدل‌های رگرسیونی مورد استفاده در این مطالعه. X متغیر مستقل (ویژگی گیاهی) و Y متغیر وابسته (تولید) است.

	عنوان مدل	شکل مدل
۱	خطی (Linear)	$Y=bx+b_o$
۲	لگاریتمی (Logarithmic)	$Y= b_o + b_1 Lnx$
۳	معکوس (Inverse)	$Y= b_o + b_1/x$
۴	درجه دو (Quadratic)	$Y= b_o+ b_1x+ b_2x^2$
۵	درجه سه (Cubic)	$Y= b_o + b_1x+ b_2x^2+ b_3x^3$
۶	ترکیبی (Compound)	$Y= b_o+ b_1{}^{x}$
۷	توانی (Power)	$Y= b_o\, x_1{}^{b1}$
۸	سیگموئید (S)	$Y= e^{(bo+\, b1/x)}$
۹	نمایی (Exponential)	$Y= b_o +e^{\, b1x}$
۱۰	دو بعدی (Two-dimensional)	$Y= b_o+ b_1$ (قطرمیانه گیاه× ارتفاع)
۱۱	دو بعدی (Two-dimensional)	$Y= b_o+ b_1$ (قطریقه × ارتفاع)
۱۲	دو بعدی (Two-dimensional)	$Y= b_o+ b_1$ (قطرتاج پوشش × ارتفاع)
۱۳	دو بعدی (Two-dimensional)	$Y= b_o+ b_1$ (قطرمیانه) ^{2}/۲) × ارتفاع)
۱۴	دو بعدی (Two-dimensional)	$Y= b_o+ b_1$ (قطریقه) ^{2}/۲) × ارتفاع)
۱۵	دو بعدی (Two-dimensional)	$Y= b_o+ b_1$ (قطرتاج پوشش) ^{2}/۲) × ارتفاع)
۱۶	دو بعدی (Two-dimensional)	$Y= b_o+ b_1$ ((قطرمیانه+قطر تاج+قطریقه)/۳) × ارتفاع)
۱۷	دو بعدی (Two-dimensional)	$Y= b_o+ b_1$ (قطرمیانه+قطر تاج+قطریقه)) ^{2}/۶) × ارتفاع)

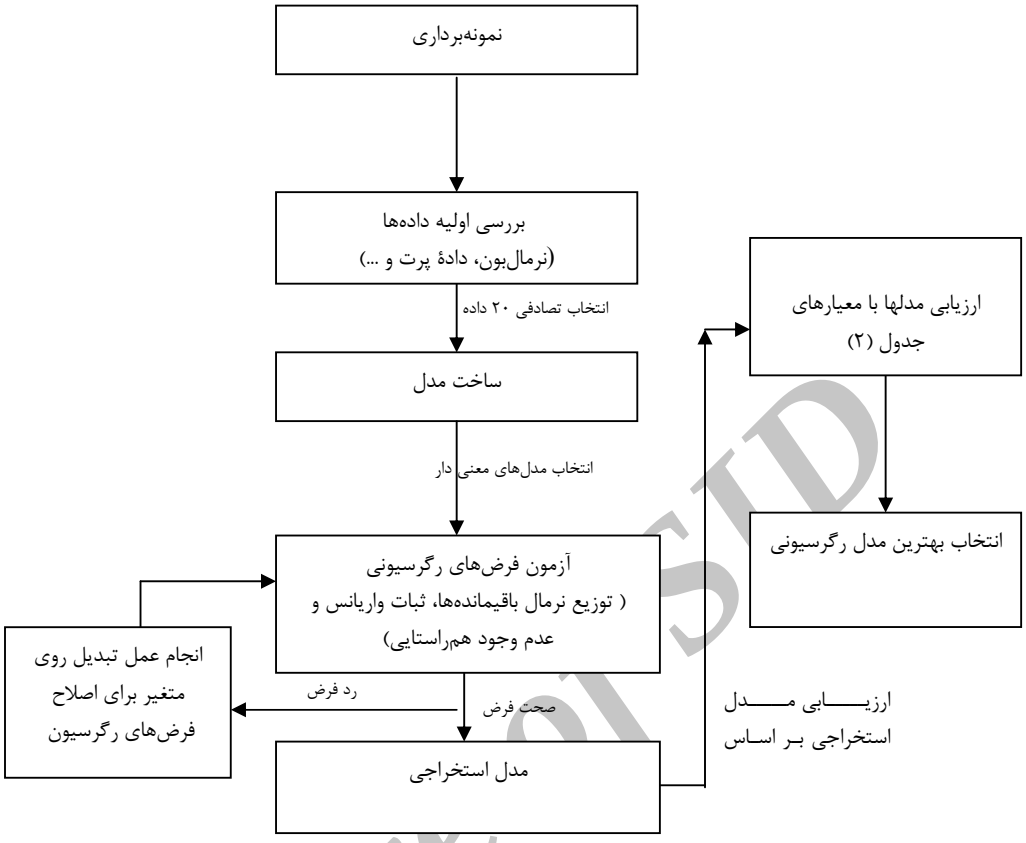
جدول۲- معیارهای استفاده در اعتبارسنجی مدل‌های رگرسیونی(*Xm*: متغیر وابسته مشاهده‌شده، *Xp*: متغیر وابسته تخمین‌زده شده و *n* تعداد مشاهده‌هاست)

	عنوان	شکل
۱	میانگین اختلافات (ME[1])	$\frac{\sum (x_m - x_p)}{n}$
۲	ریشه دوم میانگین مربع اختلافات (RMSE[2])	$\sqrt{\frac{\Sigma(x_m - x_p)^2}{n}}$
۳	میانگین مربع اختلافات (MSEE[3])	$\frac{1}{n}\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(x_m - x_p\right)\right]^2$
۴	میانگین مربعات اختلاف مشاهده‌ها از میانگین (MSV[4])	$\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\left[(x_m-\bar{x})-(y_m-\bar{y})\right]^2$

1- Mean error
2- Root mean square error
3- Mean square estimation error
4- Mean square variation

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- مراحل انتخاب بهترین مدل رگرسیونی

نتایج

نتایج نشان داد که هر یک از ویژگی‌های بررسی‌شده با تولید گیاهان ارتباط مستقیم دارد. با این وجود هر کدام از این ویژگی‌ها نوع خاصی از ارتباط را با تولید دارند و در مدل‌های مختلف برآورد مناسبی از تولید داشته‌اند (جدول ۱). بهترین ویژگی برای تخمین تولید گونهٔ *B. tomentellus* در شرایطی که از مدل‌های تک بعدی استفاده می‌شد میانگین قطر تاج بوده است ($Y= ۰/۰۱x^{۱/۸۱}$). بقیهٔ ویژگی‌ها توانایی یکسانی در برآورد تولید این گونه داشته‌اند (مقایسهٔ ضرایب تبیین و معیارهای اعتبارسنجی در جدول ۳). این در حالی است که استفادهٔ ترکیبی از قطر میانه، قطر تاج و ارتفاع گیاه که نشان‌دهندهٔ حجم گیاه هستند در مدل دو بعدی ($(۶/)$(قطرمیانه+قطر تاج+ قطر یقه) × ارتفاع) $Y=۰/۲۶۳+۰/۰۰۱$ بهترین برآورد را از تولید برای این گونه داشته است. همچنین نتایج نشان داد که تولید گونهٔ *S. hohenackeriana* را می‌توان به‌خوبی با محیط یقه در یک مدل نمایی برآورد کرد ($Y=e^{۴/۹۱-۶۹/x}$) با این وجود استفادهٔ ترکیبی از ارتفاع و محیط یقه (قطر×ارتفاع) $Y=۳/۹+۰/۰۱۷$ برآورد بهتری را نسبت به شرایطی که تنها از محیط یقه استفاده می‌شود، داشت (جدول ۳). در این گونه، اگرچه مدل‌های رگرسیونی یک بعدی که متغیر مستقل آنها، قطر میانهٔ گیاه، ارتفاع گیاه و میانگین قطر تاج بود معنی‌دار شد، ولی نتایج اعتبارسنجی آنها بسیار ضعیف بود و در مقایسه با بقیهٔ مدل‌ها عملکرد ضعیفی داشت.

بین محیط یقه، قطر میانهٔ گیاه و ارتفاع با تولید گونهٔ *A. effusus* هیچ ارتباط معنی‌داری وجود نداشت و بقیه مدل‌های بررسی‌شده عملکرد یکسانی داشتند. همچنین ضریب تبیین بین تولید و خصوصیات بررسی‌شده برای این گونه در مقایسه با سایر گونه‌ها پایین بود. برخلاف *A. effusus*، ویژگی‌های بررسی‌شده گونهٔ *A. caragana* با

Archive of SID

www.SID.ir

تولید با ضریب تبیین بالاتر ارتباط معنی‌داری داشتند. در این میان میانگین قطر تاج با مدل Y=۳/۷۹x-۸۶ بهترین برآورد تولید را داشته است.

جدول ۳- بهترین مدل‌های استخراجی با بیشترین ضریب تبیین به‌تفکیک گونه. (مدلی که کمترین مقدار را از نظر معیارهای اعتبارسنجی (ME، RMSE، MSE، MSV) دارد بهترین مدل است. معیارهای اعتبار سنجی در جدول (۲) تعریف شده‌اند).

گونه	نوع مدل	ویژگی	مدل معنی‌دار با بیشترین ضریب	R^2	ME	RMSE	MSE	MSV
B. tomentellus	تک بعدی	قطر یقه	$Y=-۴+۱/۰۴X$	۰/۵۶	۰/۰۲	۰/۰۱۸	۰/۰۲۱	۰/۱۱
	تک بعدی	محیط یقه	$Y=-۱/۸۱+۰/۴۹۶X$	۰/۴۳	۰/۰۳	۰/۰۱۸	۰/۰۱۷	۰/۱۶
	تک بعدی	قطر میانه	$Y=۱۳-۱/۰۶X+۰/۰۴x^{۲}$	۰/۶۳	۰/۰۲	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۲
	تک بعدی	ارتفاع گیاه	$Y=e^{(۵/۳-۱۹۳/x)}$	۰/۲۳	۰/۰۳	۰/۰۲۷	۰/۰۲۲	۰/۱
	تک بعدی	میانگین	$Y=۰/۰۱x^{۱/۸۱}$	۰/۶۱	۰/۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۱
	دو بعدی	-	$(۶/)^{۲}$(قطر میانه+قطر تاج+قطر	۰/۷۸	۰/۰۰۱	۰/۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰
	رگرسیون‌چندگانه	-	۱۷-(میانگین قطر تاج)۰/۴۳+(قطر میانه	۰/۶۲	۰/۰۲۱	۰/۰۱۲	۰/۰۱۶	۰/۰۱
S. hohenackeriana	تک بعدی	قطر یقه	$Y=e^{(۴/۸۸-۲۹/x)}$	۰/۵۶	۰/۰۰	۰/۰۱۸	۰/۰۱۷	۰/۰۹
	تک بعدی	محیط یقه	$Y=e^{(۴/۹۱-۶۹/x)}$	۰/۶۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱
	تک بعدی	قطر میانه	$Y=e^{(۴/۶۹-۳۷/x)}$	۰/۴۹	۰/۰۱	۰/۰۲۵	۰/۰۲۶	۰/۱۸
	تک بعدی	ارتفاع گیاه	$Y=-۷/۳۴+۰/۴۸x$	۰/۳۳	۰/۰۱۵	۰/۰۳۱	۰/۰۲۹	۰/۱۹
	تک بعدی	میانگین	$Y=۰/۳۶x۱/۱۸$	۰/۳۲	۰/۰۱۶	۰/۰۳۱	۰/۰۳۰	۰/۲
	دو بعدی	-	(ارتفاع×قطر یقه)$Y=۳/۹+۰/۰۱۷$	۰/۵۳	۰/۰۱۱	۰/۰۲۳	۰/۰۲۵	۰/۱۷
	رگرسیون‌چندگانه	-	۲۴/۳۴-(ارتفاع گیاه)۰/۲۸+ (محیط	۰/۶۲	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱
A.effusus	تک بعدی	قطر یقه	$Y=۳/۱۴+۰/۵۴X$	۰/۳۱	۰/۰۲	۰/۰۳۶	۰/۰۳۴	۰/۲۵
	تک بعدی	محیط یقه	عدم استخراج مدل معنی دار	-	-	-	-	-
	تک بعدی	قطر میانه	عدم استخراج مدل معنی دار	-	-	-	-	-
	تک بعدی	ارتفاع گیاه	عدم استخراج مدل معنی دار	-	-	-	-	-
	تک بعدی	میانگین	$Y=۲۲-۰/۷۷x+۰/۰۱x^{۲}$	۰/۳۱	۰/۰۲	۰/۰۳۵	۰/۰۳۱	۰/۲۴
	دو بعدی	-	$(۲)^{۲}$(قطر میانه)	۰/۲۵	۰/۰۳	۰/۰۴۱	۰/۰۳۹	۰/۳۱
	رگرسیون‌چندگانه	-	۶/۰۶-(قطر یقه)۰/۳۶+(میانگین قطر	۰/۳۶	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۲
A.caragana	تک بعدی	قطر یقه	$Y=۲۱x^{۱/۰۸۵}$	۰/۵۲	۰/۰۱	۰/۱۹	۰/۰۲۱	۰/۰۳۱
	تک بعدی	محیط یقه	$Y=۵۵۵-۳۰x+۰/۵۶x^{۲}-۰/۰۰۳x^{۳}$	۰/۶۶	۰/۰۰۵	۰/۱۲	۰/۰۱۶	۰/۰۱
	تک بعدی	قطر میانه	$Y=۰/۵۲۸x^{۱/۳۸۵}$	۰/۴۵	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۰۲۴	۰/۰۳۷
	تک بعدی	ارتفاع گیاه	$Y=e^{(۶/۶۷-۹۵/x)}$	۰/۴۴	۰/۰۱۸	۰/۱۹	۰/۰۲۷	۰/۰۳۶
	تک بعدی	میانگین	$Y=۳/۷۹x-۸۶$	۰/۷۷	۰/۰۰۱	۰/۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰
	دو بعدی	-	$(۶/)^{۲}$(قطر میانه+قطر تاج+قطر	۰/۶۵	۰/۰۰۴	۰/۱۲	۰/۰۱۸	۰/۰۱۱
	رگرسیون‌چندگانه	-	۸۶-(میانگین قطر تاج)$Y=۳/۷۹$	۰/۷۷	۰/۰۰۳	۰/۱	۰/۰۱۲	۰/۰۰۱
A. syclophylus	تک بعدی	قطر یقه	$Y=۱۵+۳/۱۷X$	۰/۲۲	۰/۰۲۵	۰/۲۱	۰/۰۲۷	۰/۰۳۶
	تک بعدی	محیط یقه	$Y=۳۸-۱/۳۵x+۰/۰۵x^{۲}$	۰/۳۳	۰/۰۰۲	۰/۱۸	۰/۰۱۹	۰/۰۳۰
	تک بعدی	قطر میانه	$Y=۳۷ +۰/۴۹x+۰/۰۲x^{۲}-۰/۰۰۵x^{۳}$	۰/۲۲	۰/۰۳	۰/۲۱	۰/۰۲۳	۰/۰۳۹
	تک بعدی	ارتفاع گیاه	$Y=۴۵ -۰/۷۶x+۰/۰۲۳x^{۲}$	۰/۴۱	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۲۹
	تک بعدی	میانگین	$Y=۹۵-۷۵۵/x$	۰/۴۱	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۰۳۱
	دو بعدی	-	(ارتفاع×قطر یقه)$Y=۲۸+۰/۰۶$	۰/۴۲	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۰۲۱	۰/۰۳
	رگرسیون‌چندگانه	-	۲۳/۸۹+(میانگین قطر تاج)$Y=۱/۰۸$	۰/۴۵	۰/۰۱	۰/۱	۰/۰۱۹	۰/۰۳۰
O.guoba	تک بعدی	قطر یقه	$Y=-۲۰+۴/۴X$	۰/۶۳	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۰۱۴	۰/۱
	تک بعدی	محیط یقه	$Y=-۲۶+۲/۷۴X$	۰/۸۲	۰/۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	تک بعدی	قطر میانه	$Y=-۴۳/۶۵+۴/۹۲X$	۰/۷۴	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۱۶	۰/۰۹
	تک بعدی	ارتفاع گیاه	$Y=۱۳۵ -۴/۲۷x+۰/۰۰۱x^{۳}$	۰/۲۳	۰/۰۲	۰/۲۱	۰/۰۳۳	۰/۲۳
	تک بعدی	میانگین	$Y=۶/۵۷+e^{۰/۰۴۷X}$	۰/۷۵	۰/۰۱۱	۰/۰۹	۰/۰۱۱	۰/۰۹
	دو بعدی	-	$(۶/)^{۲}$(قطر میانه+قطر تاج+قطر	۰/۸۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	رگرسیون‌چندگانه	-	۵۲-(میانگین قطر تاج)۱/۲+(محیط یقه)$Y=۲/۰۱$	۰/۸۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- بهترین مدل‌های استخراجی با بیشترین ضریب تبیین به‌تفکیک فرم‌های رویشی. (مدلی که کمترین مقدار را از نظر معیارهای اعتبار سنجی (ME، RMSE، MSE، MSV) دارد بهترین مدل است. برای تعریف شاخص‌ها به جدول (۲) مراجعه کنید).

فرم رویشی	نوع مدل	ویژگی	شکل مدل	R^2	ME	RMSE	MSE	MSV
گندمی	تک بعدی	قطر یقه	$Y=14-3/5x+34x2-0/007x3$	۰/۴۵	۰/۰۲۷	۰/۲۱	۰/۰۲۱	۰/۱۷
	تک بعدی	محیط یقه	$Y=0/1x^{1/45}$	۰/۵۴	۰/۰۲۱	۰/۱۹	۰/۰۲۱	۰/۰۱۴
	تک بعدی	قطر میانه گیاه	$Y=4+e^{0/06x}$	۰/۵۷	۰/۰۲	۰/۱۶	۰/۰۱۹	۰/۱۱
	تک بعدی	ارتفاع گیاه	$Y=-176+46Lnx$	۰/۳۱	۰/۰۳۱	۰/۲۱	۰/۰۲۴	۰/۱۶
	تک بعدی	میانگین قطر	$Y=e^{(4/27-52/x)}$	۰/۳۱	۰/۰۲۹	۰/۲۴	۰/۰۲۴	۰/۱۹
	دو بعدی	-	(۶/(قطر میانه+قطر تاج+قطر یقه)×ارتفاع)۰/۰۱۴+۴/۷۵=Y	۰/۵۴	۰/۰۲	۰/۲	۰/۰۱۹	۰/۱۳
	رگرسیون‌چندگانه	-	(ارتفاع)۰/۲۸+ (قطر میانه گیاه)۰/۷۲+ (قطر	۰/۶۳	۰/۰۱۶	۰/۱۵	۰/۰۱۷	۰/۱۱
پهن برگ	تک بعدی	قطر یقه	عدم استخراج مدل معنی دار	-	-	-	-	-
	تک بعدی	محیط یقه	$Y=5/28+1/6X$	۰/۲۲	۰/۰۳۶	۰/۲۷	۰/۰۳۵	۰/۳۲
	تک بعدی	قطر میانه گیاه	$Y=50-2/2x+0/08x^2$	۰/۳۲	۰/۰۲۵	۰/۲۱	۰/۰۲۲	۰/۲
	تک بعدی	ارتفاع گیاه	$Y=183-14/5x+0/4x^2+0/03x^3$	۰/۲۶	۰/۰۳۱	۰/۲۴	۰/۰۳۱	۰/۲۹
	تک بعدی	میانگین قطر	$Y=61-2/42x+0/46x^2$	۰/۲۸	۰/۰۲۹	۰/۲۳	۰/۰۲۶	۰/۲۷
	دو بعدی	-	(۶/(قطر میانه+قطر تاج+قطر یقه)×ارتفاع)۰/۰۰۴+۱۶/۷=Y	۰/۴	۰/۰۲۱	۰/۱۹	۰/۰۲۱	۰/۱۹
	رگرسیون‌چندگانه	-	(ارتفاع)۱/۲۸+ (محیط یقه)۱/۳+ (قطر یقه)۱/۳=Y	۰/۶۳	۰/۰۱۴	۰/۱۳	۰/۰۱۹	۰/۱

مشابه دو گونهٔ گندمی، استفاده همزمان از ارتفاع گیاه و قطر یقه به‌عنوان تقریبی از حجم گیاه نتیجهٔ بهتری را برای برآورد تولید این گونه در غالب مدل روبرو استخراج کرد ((ارتفاع× قطر یقه)۰/۰۶+۲۸= Y) (جدول ۳). نتایج مشابهی برای گونهٔ *O. gaoba* به‌دست آمد و استفاده ترکیبی از قطر میانهٔ گیاه، قطر تاج، قطر یقه و ارتفاع (ترکیب این چهار ویژگی تقریبی از حجم است) در مدل (۶/(قطرمیانه+قطر تاج+قطر یقه)×ارتفاع)۰/۰۰۶+۴/۹۴= Y بهترین بر آورد از تولید این گونه را داشته است.

نتایج بررسی ارتباطات رگرسیونی برای فرم‌های رویشی نشان می‌دهد که می‌توان تولید یک گونهٔ گیاهی را از مدل رگرسیونی مربوط به فرم رویشی آن برآورد کرد (جدول ۴). از بین ویژگی‌های مورد بررسی برای گندمیان قطر یقه، محیط یقه و قطر میانهٔ گیاه در مدل‌های تک بعدی برآورد بهتری را موجب می‌شوند (جدول ۴) و بهترین برآورد توسط مدل رگرسیونی چندگانه ((ارتفاع) ۰/۲۸+ (قطر میانه گیاه) ۰/۷۲+(قطر یقه) ۰/۰۵۴+۲۶-

=Y) حاصل شد. این نتایج تا حدی شبیه به نتایج فرم رویشی پهن‌برگ بود، با این تفاوت که قطر یقه هیچ ارتباطی را با تولید نشان نداد. افزون بر این در فرم رویشی پهن‌برگان مدل رگرسیون چندگانه: (ارتفاع گیاه)۱/۲۸+(محیط یقه)۱/۳+(قطر یقه)۱/۳=Y بهترین عملکرد را داشته است (جدول ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که استفاده از یک یا چند ویژگی مورفولوژیک گیاهی برای برآورد تولید گیاهان بررسی‌شده مناسب است. این نتایج مشابه به نتایج پاین (۱۹۷۴)، لودویچ و همکاران (۱۹۷۵)، (ارزانی ۱۹۹۰) و (سعیدفر، ۲۰۰۴) است. با این وجود تفاوت‌های زیادی بین ویژگی‌های برآوردکننده وجود دارد. از بین ویژگی‌های بررسی‌شده، قطر و محیط یقه و میانگین قطر تاج در مدل‌های تک‌بعدی نسبتاً عملکرد یکسانی را داشته‌اند. به احتمال زیاد همبستگی زیاد بین این ویژگی‌ها موجب این

Archive of SID

www.SID.ir

امر شده است و این موضوع را ثابت می‌کند که در انتخاب چند ویژگی مرتبط با یکدیگر، استفاده از یکی از آنها که از نظر اندازه‌گیری راحت‌تر می‌باشد، مناسب است (۲، ۳، ۴ و ۱۰). از بین سه ویژگی بالا محیط یقه برای اندازه‌گیری گندمیان و میانگین قطر تاج برای اندازه‌گیری پهن‌برگان علفی راحت‌تر و دقت بالاتری دارد. نتیجه دور از انتظار در مورد ارتفاع بود که در مدل‌هایی که به‌تنهایی ازآن استفاده شد، ضعیف‌ترین برآورد از تولید را برای گندمیان داشت. ارتفاع یکی از ویژگی‌های تک‌بعدی است که مطالعات زیادی در بررسی ارتباط آن با تولید انجام گرفته است (۲، ۷ و ۱۶). یکی از دلایلی که باعث می‌شود ارتفاع عملکرد ضعیفی در برآورد تولید داشته باشد، توزیع غیریکنواخت توده زندهٔ گیاه با افزایش ارتفاع است (۹ و ۱۰). در بیشتر گیاهان گندمی قسمت اعظم تودهٔ زنده در یقه گیاه قرار دارد و با رسیدن گیاه به ارتفاع میانه از وزن توده به شدت کاسته می‌شود (۹). این در حالی است‌که قرار گرفتن گل آذین (سنبله) در بالاترین ارتفاع گیاه دوباره باعث افزایش وزن توده می‌شود. این الگوی توزیع وزن در گندمیان باعث می‌شود که ارتفاع متغیر پیش‌بینی‌کنندهٔ مناسبی برای تولید گیاه نباشد. این موضوع برای پهن‌برگان طوقه‌ای مانند *A. effusus* و *O. gaoba* نیز صدق می‌کند. در عوض برای پهن‌برگانی مانند *A. caragana* و *A. cyclophylus* که از پهن‌برگان با ساختار راست هستند، ارتفاع می‌تواند تولید را برآورد کند. نتایج این مطالعه این موضوع را تأیید می‌کند.

از بین گونه‌های مورد بررسی ضعیف‌ترین ارتباط برای گونهٔ *A. effusus* به‌دست آمد. گونهٔ *A. effusus* یک گونهٔ طوقه‌ای است که بر روی سطح زمین گسترش می‌یابد. این نتایج بیانگر این موضوع است که گیاهانی که شکل رویشی راست‌قامت دارند، برآورد تولید آنها از طریق ویژگی‌های مورفولوژیک در مقایسه با اشکال رویشی طوقه‌ای و نیمه‌طوقه‌ای امکان‌پذیر است (۸ و ۹). تولید گونه‌های با شکل رویشی طوقه‌ای احتمالاً با بیشتر ویژگی‌های تک بعدی در ارتباط نیست و باید از تلفیق دو ویژگی برای برآورد تولید استفاده کرد. با این وجود حتی تلفیق انواع ویژگی‌ها که تقریبی از حجم گیاه بود، مدل رضایت‌بخشی را موجب نشد و اغلب مدل‌های استخراجی ضریب تبیین و اعتبارسنجی ضعیفی داشتند (جدول ۳). استفاده از مدل‌های جدیدتر با تلفیق ویژگی‌های جدیدتر در مطالعه‌ای جداگانه ضروری است (۸، ۹، ۱۰ و ۱۵).

مقایسهٔ مدل‌هایی که تنها از یک ویژگی استفاده می‌کنند با مدل‌هایی که از ترکیب دو یا چند ویژگی استفاده می‌کنند، نشان داد که در بیشتر موارد مدل‌های ترکیبی عملکرد قابل قبول‌تری داشتند و تا ۰/۳ ضریب تبیین را به شکل معنی‌داری افزایش داده است. مدل‌های ترکیبی از تلفیق دو یا چند ویژگی (محیط یقه، قطر یقه، قطر میانه و قطر تاج گیاه به‌همراه ارتفاع) شکل گرفته‌اند و در اغلب موارد، تقریبی از حجم گونه هستند. با توجه به اینکه اندازه‌گیری حجم بسیار سخت است و در بسیاری از تحقیقات از ارتباط بسیار قوی حجم و تولید ثابت شده است (۹، ۱۱ و ۱۳) می‌توان نتیجه گرفت استفاده از این مدل‌ها تقریب مناسب‌تری از تولید ارایه می‌دهند. افزون بر این تفاوت چندانی بین مدل‌های ترکیبی و رگرسیون چندگانه در برآورد تولید با مقایسهٔ ضرایب تبیین و اعتبارسنجی آنها وجود ندارد و بین این دو، با توجه به ویژگی‌هایی که هر کدام در خود لحاظ می‌کنند محقق می‌تواند یکی را انتخاب کند. در این مطالعه ارتباط ویژگی‌های مورفولوژیک شکل‌های رویشی مختلف گندمیان و پهن‌برگان علفی با تولید آنها نیز بررسی شد. همانند بالا، ارتفاع به‌عنوان ویژگی که با ضعیف‌ترین برآوردکننده برای هر دو فرم گندمیان و پهن‌برگان معرفی شد که دلیل آن در بالا توضیح داده شد. همچنین تفاوت چندانی بین قطر یقه، قطر تاج و قطر میانهٔ گیاه در برآورد تولید در مدل‌های تک‌بعدی مشاهده نشد و مدل‌های دوبعدی و رگرسیون چندگانه عملکرد بهتری را داشتند. این موضوع بیان‌گر آن است که می‌توان برای هر شکل رویشی یک ارتباط مشخص رگرسیونی یا تجربی استخراج کرد و بر این اساس به‌جای استخراج مدل برای همهٔ گونه‌های گیاهی، با تقسیم‌بندی گیاهان به شکل‌های رویشی مختلف شامل: گندمی چندساله، گندمی یکساله، پهن‌برگ چندساله، پهن‌برگ یکساله، بوته‌ای کوچک و بوته‌ای بزرگ و حتی زیر گروه‌های جزیی‌تر برای هر کدام یک مدل رگرسیون استخراج کرد و از آن برای برآورد تولید استفاده کرد (۵ و ۱۳).

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1. Arzani, H., 1990. Investigation on relationship between plant cover, foliage and absal area with rangeland production. MSc thesis, Faculty of Natural Resource, University of Tehran, 140p. (In Persian)
2. Arzani, H. & G.W. King, 1994. Comparison of wheel point and point frame methods for plant cover measurement of semiarid and arid rangeland vegetation of New South Wales. J. of Rangeland, 16 (1): 94-105.
3. Arzani, H. & G.W. King, 1995. A double sampling method for estimating forage production from cover measurement. In proceeding of 8th biennial Australian rang lands conference, 201-202pp.
4. Baghestani N., H. Arzani & M.T. Zare, 2006. Relationship between cover and yield of some range species in steppic region of Yazd province, J. of Desert.11: 57-67, (In Persian).
5. Benkobi, L., D.W. Uresk, G. Schenbeck, & R.M. King, 2000. Protocol for monitoring standing crop in grasslands using visual obstruction. J. Range Manage. 53:627-633.
6. Ludwig, J.A., J.F. Reynolds & P.D. Whitson, 1975. Size-biomass relationships of several Chihuahuan desert shrubs. American Midland Naturalist, 94: 451-461.
7. Petteri M., R. Makipaa, R. Laiho, K. Minkkinen, H. Vasander & L. Finer, 2006. Relationship between biomass and percentage cover in under storey vegetation of boreal coniferous forests. Silva Fennica, 40(2): 231–245.
8. Ebrahimi, A., 2007. Towards an Integrated Framework of Determining Grazing Capacity in Low-productive, Spatially Heterogeneous Landscapes [PhD thesis]. Ghent University, Ghent, Belgium, 193p.
9. Ebrahimi, A., B. Bossuyt & M. Hoffmann, 2008. Effects of species aggregation, habitat and season on the accuracy of double-sampling to measure herbage mass in a lowland grassland ecosystem. Grass Forage Sci., 63: 79-85.
10. Ebrahimi, A., B. Bossuyt & M. Hoffmann, 2010. A herbivore specific grazing capacity model accounting for spatio-temporal environmental variation: A tool for a more sustainable nature conservation and rangeland management. Ecological Modeling, 221: 900-910.
11. Evans, R.A & M.B. Jones, 1958. Plant height times ground cover versus clipped samples for estimating forage production. J. of Agronomy, 50: 504-506.
12. Frank, D.A. & S.J. McNaughton, 1990. Aboveground biomass estimations with the canopy intercept method: a plant growth form caveat. Oikos, 57(1): 57-60.
13. Hermy, M., 1988. Accuracy of visual cover assessments in predicting standing crop and environmental correlation in deciduous forests. Vegetation, 75: 57-64.
14. Kutner, M., C. Nachtshein, J. Neter, & W. Li, 2004. Applied Linear Regression. McGraw-Hill. Boston, USA. 1396p.
15. Payne, G.F., 1974. Cover-weight relationships. Journal of Range Management, 27(5):403-404.
16. Saeadfar, M., 2004. Investigation of possible statistical model in order to estimate some rangeland plant in Isfahan province, Msc thesis, Faculty of Natural resource, University of Tehran. 155p. (In Persian)
17. Tahmasebi, P. 2009. Analysis of Rangeland Ecosystems. Pelk Publication, 275 p. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir