فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۲۴، شماره ۴، صفحه ۷۵۶- ۷۴۲ (۱۳۹۶)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijrdr.2017.114065

انتخاب بهترین مدل پیش‌بینی تغییرات عملکرد بوم‌سازگان در گرادیان چرایی مناطق نیمه‌خشک (مطالعه موردی: دشت گرگان)

غلامعلی حشمتی[۱]، حمید سیروسی[۲*] و اسماعیل شیدای کرکج[۳]

۱- استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۲*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکترای علوم مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران پست الکترونیک: h.siroosi@gmail.com
۳- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۱۷

چکیده

مراتع بوم‌سازگان‌های پویا و دینامیکی هستند که به ناهنجاری‌هایی مانند نوسانهای اقلیمی و عواملی مانند الگوهای مدیریتی و چرای دام واکنش نشان می‌دهند. استخراج روند مکانی این تغییرات می‌تواند در برنامه‌ریزی برای مدیریت و احیای چشم‌اندازهای تخریب شده کمک شایانی بکند. در این مطالعه روند تغییرات عملکرد بوم‌سازگان بوته‌ای تحت تأثیر چرای دام نسبت به آغل مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور در گرادیان چرای دام در مراتع قشلاقی دشت گرگان در نقاط تعیین شده اقدام به ارزیابی چرخه عناصر غذایی، نفوذپذیری و پایداری خاک به‌عنوان عملکرد بوم‌سازگان این مراتع در سه تکرار شد. شاخص‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از روش‌های آماری و مدل‌های رگرسیونی به‌منظور مشخص کردن روند تغییرات عملکرد بوم‌سازگان در طول گرادیان چرا مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که روند تغییرات شاخص‌های عملکردی در طول گرادیان چرای دام روند معنی‌داری داشت. مناطق نزدیک به آغل کمترین مقدار و نقاط انتهای گرادیان بیشترین میزان این شاخص‌ها را به خود اختصاص دادند. با بررسی انواع مدل‌های رگرسیونی از لحاظ میزان ضریب اطلاعات آکائیک، بهترین مدل پیش‌بینی روند تغییرات عملکرد بوم‌سازگان در گرادیان چرای دام از نظر شاخص‌های پایداری و چرخه عناصر غذایی بوم‌سازگان مدل سیگموئید سه پارامتری و از نظر شاخص نفوذپذیری مدل سیگموئید چهار پارامتری با کمترین میزان ضریب اطلاعات آکائیک و سطح اطمینان بالاتر انتخاب شدند. بنابراین نتایج این مطالعه می‌تواند به‌عنوان ورودی مدل‌های کمی‌سازی مرتع برای شناسایی مناطق بحرانی و پیش‌بینی اثرات مدیریت بر تولید و پایداری بوم‌سازگان به‌کار رود.

واژه‌های کلیدی: ناهنجاری، آستانه، شاخص عملکردی، سیگموئید، مراتع نیمه‌خشک.

مقدمه

مراتع بوم‌سازگان‌های پویا و دینامیکی هستند که به تغییرات و عوامل خارجی مثل تغییر آب و هوا، الگوهای مدیریتی و چرای دام واکنش نشان می‌دهند. ارزیابی این تغییرات تاکنون بر اساس نظرات مختلفی انجام شده است که می‌توان نظریه توالی و حال و انتقال را نام برد. بر اساس نظریه و مدل حال و انتقال تغییرات بوم‌سازگان از طریق فرایندها یا مداخله‌گرهایی رخ می‌دهد و در مسیر این تغییرات وضعیت بوم‌سازگان از حالتی به حالت دیگر تغییر می‌کند. این تغییرات در نقاطی به نام آستانه‌ها رخ می‌دهد.

Archive of SID
www.SID.ir

Walkerو Meyers (۲۰۰۳) معتقدند آستانه اکولوژیک نقطه‌ای است بین دو حالت متوالی که هنگامی که سیستم از آن عبور کند یک تغییر ناکهانی رخ می‌دهد. Friedel (۱۹۹۱) آستانه را به‌عنوان مرزهایی در مکان و زمان بین دو حالت معرفی می‌کند. Wiens و همکاران (۲۰۰۲) آستانه‌ها را به‌عنوان مناطق یا نواحی انتقالی در سیستم‌های دارای تغییر معرفی می‌کنند. Radford و Bennett (۲۰۰۳) آستانه‌ها را نواحی و نقاطی معرفی می‌کنند که تغییرات سریع از یک وضعیت اکولوژیکی به وضعیت دیگر در آن رخ می‌دهد. به‌طور کلی دو نوع آستانه وجود دارد، نقطه و زون که در سیستم‌های طبیعی رخ می‌دهد. Wiens و همکاران (۲۰۰۲) معتقدند آستانه‌ها مناطقی هستند که میزان تغییرات در آن شدت گرفته است. از دیگر آستانه‌ها در مرتع می‌توان به تبدیل شدن گیاهان خوشخوراک چندساله به گیاهان خوشخوراک کوتاه عمر اشاره کرد، به‌عنوان مثال در استرالیا تبدیل از آتریپلکس به گراس نمونه‌ای از این آستانه است (Wilson, 1989). برای درک آستانه‌ها و کشف تغییرات در پوشش گیاهی و خاک نیاز به پایش در طی دوره زمانی طولانی‌مدت است اما راه بهتر و مفیدتر برای تعیین تأثیر مداخله‌گرها بر روی عملکرد و ساختار بوم‌سازگان مطالعه گرادیان چرای دام است.

پوشش گیاهی با فاصله گرفتن از محل اتراق دام‌ها افزایش می‌یابد که این ایجاد یک گرادیان چرایی می‌کند. البته تغییرات ساختاری و عملکردی در بوم‌سازگان را می‌توان با استفاده از نشانه‌هایی درک کرد. به‌عنوان مثال تغییر در ترکیب گیاهی، فراوانی و تغییرات ساختاری و فیزیکی را در برخی پارامترهای خاک می‌توان برای درک تغییرات و کشف آستانه‌ها استفاده کرد (Brich, 2000). در مطالعه گرادیان چرای دام فرض بر این است که با فاصله گرفتن از محل تمرکز دام‌ها اثرات چرا کم می‌شود که این اثرات را می‌توان هم بر روی گیاه و هم خاک دریافت (Graetz & Ludwig, 1978). البته اندازه‌گیری‌های خاک و پوشش گیاهی با استفاده از روش‌های دقیق می‌تواند بسیار کمک کننده باشد اما مشکلی که وجود دارد هزینه‌بر بودن و زمان‌گیر بودن این روش‌هاست که استفاده از آنها را در برشی از زمان با محدودیت مواجه می‌کند. اما به‌هرحال روش‌هایی که به هر دو عامل خاک و پوشش گیاهی بپردازند در اولویت خواهند بود.

برای تعیین آستانه‌های تغییر در بوم‌سازگان درک رفتار عملکردی و ساختاری بوم‌سازگان در مواجه با مداخله‌گرها بسیار حائز اهمیت است. مطالعاتی تاکنون برای تعیین روند تغییرات ساختاری و عملکردی بوم‌سازگان در گرادیان چرا و یا در اثر مداخلات طبیعی و غیرطبیعی انجام شده است. به‌عنوان مثال، Graetz و Ludwig (۱۹۷۸) تأثیر گرادیان چرا بر روی برخی ویژگی‌های گیاهی و خاک را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که رابطه بین فاصله از آبشخور و واکنش بوم‌سازگان به شکل سیگموئید است. Bastin و همکاران (۱۹۹۳) نیز گزارش کردند که ارتباط بین گرادیان چرای دام و تغییرات گیاهان به شکل سیگموئید است. Toms و Lesparence (۲۰۰۳) مدل رگرسیون تکه‌ای را برای تعیین آستانه معرفی کردند. زید احمدی و همکاران (۱۳۸۷) تعیین آستانه بحرانی در بوم‌سازگان‌های مرتعی را با استفاده از این روش انجام دادند. برای تعیین آستانه‌های اکولوژیک از سه ویژگی عملکردی شامل پایداری، نفوذپذیری و چرخه عناصر غذایی و یک ویژگی ساختاری شامل حجم تاج پوشش گیاهی در هکتار استفاده گردید. آنان عملکرد و ساختار بوم‌سازگان را در فواصل ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۵۰۰۰ متری از سه روستا در شهرستان‌های گنبد و مراوه‌تپه استان گلستان اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که بین سه ویژگی عملکردی و یک ویژگی ساختاری در ابتدا و انتهای سه روستا اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به‌طوری‌که مراتع نزدیک روستا نسبت به مراتع انتهایی دارای مقادیر عملکردی و ساختاری بسیار کمتری است. در انتهای فاصله ۴۰۰۰ متری، اختلاف ساختاری و عملکردی بین دو طرف این فاصله، آستانه اکولوژیکی را نمایان کرد. Heshmati (۱۹۹۷) در مطالعه‌ای به‌منظور مشخص کردن زون‌های متمایز در اطراف آبشخور در بوته‌زارهای جنوب استرالیا از روش تجزیه‌وتحلیل عملکرد چشم‌انداز استفاده کرد. نتایج وی نشان

Archive of SID

www.SID.ir

داد که شاخص‌های نفوذپذیری، پایداری و چرخه عناصر تأثیر چرا در اطراف آبشخور را به وضوح نشان می‌دهند و با زون طبیعی همبستگی مثبت و با زون تخریب‌شده همبستگی منفی دارند.

هدف از این مطالعه یافتن مناسب‌ترین رابطه پیش‌بینی تغییرات عملکردی بوم‌سازگان در اثر چرای دام با استفاده از روش‌های آماری و مدل‌های رگرسیونی در بوم‌سازگان‌های نیمه‌خشک استان گلستان است. با توجه به اینکه برخی از مطالعات در گذشته در این مورد انجام شده است و مدل‌های غیرخطی برای برآورد تغییرات پیشنهاد شده است، این مطالعه به دنبال بررسی رفتار غیرخطی بوم‌سازگان و تعیین نوع مدل غیرخطی با بررسی مدلهای پیشنهاد شده در مطالعات گذشته و مدلهای غیرخطی جدید می‌پردازد تا بهترین مدل برای منطقه مورد مطالعه پیشنهاد گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه صوفیکم با طول جغرافیایی ´۲ °۵۴ تا ´۱۵ °۵۴ و عرض جغرافیایی ´۱۰ °۳۷ تا ´۱۸ °۳۷ در حاشیه شرقی دریای خزر و در ۳۵ کیلومتری شهرستان آق‌قلا و ۵۵ کیلومتری شمال گرگان واقع شده است. این منطقه از نظر توپوگرافی فاقد هر گونه عارضه طبیعی و پستی و بلندی است. حداقل ارتفاع آن از سطح دریای آزاد ۱۰- متر و حداکثر آن ۱۰ متر و متوسط بارندگی ۲۸۰/۱ میلی‌متر و معدل دمای سالانه ۱۷/۷ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه در تقسیم‌بندی دو مارتن در ردیف منطقه نیمه‌خشک قرار می‌گیرد. در حال حاضر تیپ عمده گیاهی منطقه *Salsola maritima* و *Halecnemum strabilceum* است (Sheidai Karkaj *et al.*, 2013).

یک سامان عرفی به‌عنوان کانون بحران انتخاب گردید؛ نمونه‌برداری در طول یک ترانسکت ۲۰۵۰ متری و از محل اتراق دام (اصطلاح محلی آرام) در نظر گرفته شد. در فواصل ۵۰، ۱۵۰، ۳۵۰، ۶۵۰،۱۰۵۰ و ۲۰۵۰ متری اقدام به ارزیابی عملکرد بوم‌سازگان با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل عملکرد چشم‌انداز شد. در هر نقطه ۳ ترانسکت ۳۰ متری با فاصله ۵۰ متر از یکدیگر عمود بر ترانسکت ۲۰۵۰ متری مستقر و اندازه‌گیری بر روی آنها انجام شد. برای تعیین وضعیت عملکردی منطقه مورد پایش سه متغیر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت:

۱) تعداد موانعی (Patch) که در طول واحد ترانسکت از جریان آب سطحی جلوگیری می‌کند؛

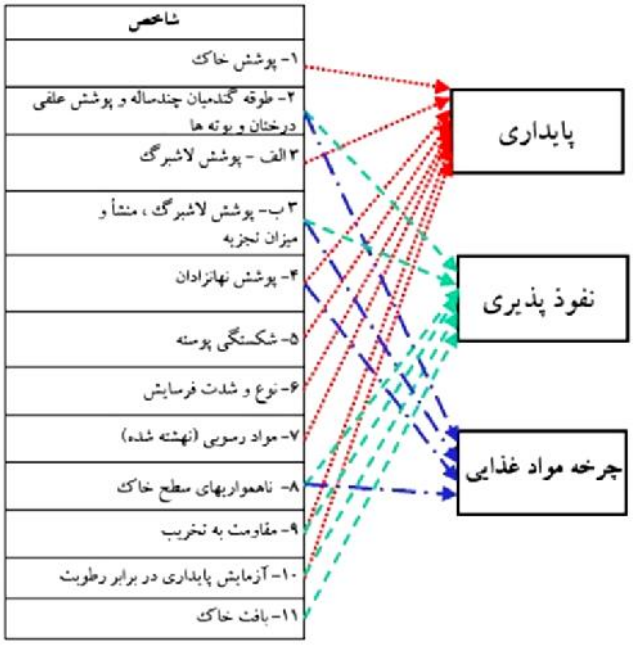
۲) عرض موانع در واحد طول ترانسکت؛

۳) میانگین طول و فاصله بین موانع در واحد طول ترانسکت.

به‌منظور اندازه‌گیری این پارامترها از متر نواری استفاده شد و با حرکت در مسیر ترانسکت هر گونه مانعی برای جریان آب در نظر گرفته و بعد طول و عرض آن در فرم‌های مخصوص یادداشت شد. همچنین نکته مورد توجه این است که نوع مانع (اعم از گیاه، سنگ و هر مانع دیگری) باید مشخص شود که می‌تواند شامل گیاهان، سنگ‌ها و باقی‌مانده‌های گیاهی و جانوری باشد. برای اینکه گیاهان به‌عنوان مانع در نظر گرفته شوند قاعده آنها حداقل باید یک سانتیمتر باشد، همچنین سنگ‌ها باید بزرگ‌تر از ۱۰ سانتی‌متر باشند (Tongway & Hindley, 2004). نکته دیگری که باید در نظر گرفته شود این است که عرض مانع را با زاویه قائمه نسبت به خط ترانسکت باید اندازه‌گیری کرد. پس از شناسایی نوع هر مانع باید انواع فضای بین هر دو مانع نیز شناسایی شود و این فضا به‌عنوان فضای بین لکه‌ای نیز می‌تواند خاک لخت، خاک لخت دارای سنگریزه و یا خاک لخت همراه با لاشبرگ‌های یکساله باشد. پس از شناسایی انواع لکه‌ها بر اساس دستورالعمل روش تجزیه‌وتحلیل عملکرد چشم‌انداز ۱۱ پارامتر مختلف در فضای لکه‌ها و میان لکه‌ها در پنج تکرار مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند که با استفاده از آنها سه شاخص عملکردی بوم‌سازگان استخراج گردد (شکل ۱). این پارامترها در فضای تحت تأثیر لکه مورد نظر و فضای بین لکه‌ای مورد ارزیابی می‌گیرند، به‌عنوان مثال پوشش سطح خاک و گیاهان چندساله در محدوده هریک از لکه‌های شناسایی‌شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شاخص‌های عملکردی حاصل برای هریک از لکه‌ها و فضای بین لکه‌ای محاسبه می‌گردد و در نهایت در محاسبه

Archive of SID
www.SID.ir

این شاخص‌های عملکردی در سطح کل چشم‌انداز طول و عرض لکه‌ها، تعداد آنها و میزان به‌دست آمده هریک از سه شاخص برای هریک از آنها مورد توجه قرار می‌گیرد. تمام این محاسبات در نرم‌افزار ارائه شده برای روش مورد اشاره به صورت خودکار مورد محاسبه قرار می‌گیرد. کمیت پوشش گیاهی به شکل تعداد لکه در چشم‌انداز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، همچنین طول و عرض لکه‌های حاصلخیز می‌تواند نشان‌دهنده کیفیت پوشش گیاهی باشد.



شکل ۱- ارتباط پارامترهای یازده‌گانه به سه ویژگی روش تجزیه‌وتحلیل عملکرد چشم‌انداز

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

با استفاده از نرم‌افزار LFA داده‌ها آنالیز شد و سه ویژگی عملکردی بر اساس امتیازات شاخص‌های مرتبط با آن تعیین گردید. از روش دانکن در نرم‌افزار SPSS برای مقایسه میانگین ویژگی‌های عملکردی نقاط نمونه‌برداری استفاده شد. برای پیش‌بینی روند تغییرات ویژگی‌های عملکردی در طول گرادیان فاصله از روستا از مدل‌های رگرسیونی زیر استفاده شد و برای رسم و برازش مدل‌ها از نرم‌افزار Sigma Plot,12 استفاده شد. به‌منظور مشخص کردن بهترین مدل رگرسیونی برای پیش‌بینی تغییرات شاخص‌های عملکردی بوم‌سازگان در طول گرادیان چرا از پارامترهای ضریب اطلاعات آکائیک (AIC: Akaike Information Criterion) و میزان معنی‌داری مدل‌ها استفاده شد. بر این مبنا مدلی مناسب خواهد بود که میزان ضریب اطلاعات آکائیک کمتری داشته باشد و در عین حال خود رگرسیون و پارامترهای برآوردی نیز معنی‌دار باشد (مصداقی، ۱۳۹۰).

نتایج

گونه‌های گیاهی مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه بیشتر از گونه‌های شورپسند و با خوشخوراکی پایین می‌باشند (جدول ۱). در فواصل نزدیک به آغل گونه خوشخوراک *Aeluropus littoralis* به طور کامل از بین رفته و تنها گونه‌های غیر خوشخوراک باقی مانده‌اند. *Halocnemum strobilaceum* در اطراف محل اتراق دام‌ها باقی مانده است، زیرا خوشخوراکی بسیار پایینی برای دام دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- گونه‌های گیاهی مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه بر حسب فاصله از آغل

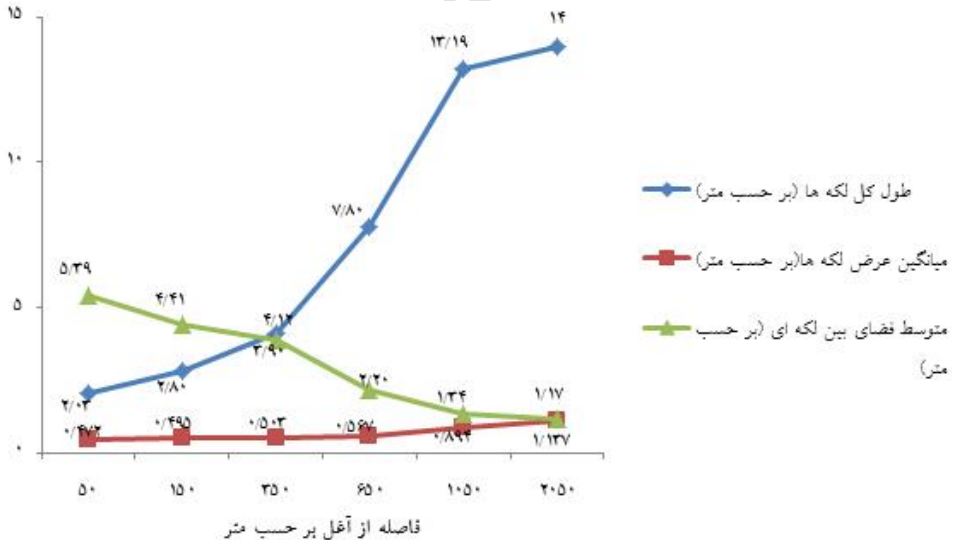
ردیف	گونه	فاصله حضور
۱	*Aeluropus littoralis*	از ۱۰۵۰ متری آغل
۲	*Halostachys caspica*	از ابتدای گرادیان
۳	*Halocnemum strobilaceum*	از ابتدای گرادیان
۴	*Salsola maritime*	از ۶۵۰ متری آغل
۵	*Salicornia herbacea*	از ابتدای گرادیان

کمیت لکه‌ها و فضای بین لکه‌ای

نتایج لکه‌های گیاهی و فضای بین لکه‌ای نشان داد که طول کل لکه‌ها بر روی ترانسکت در ابتدای گرادیان به‌شدت در قیاس با انتهای گرادیان کاهش یافته است (شکل ۲). همچنین متوسط عرض لکه‌ها با فاصله گرفتن از محل اتراق دام‌ها افزایش یافته است. متوسط فضای بین لکه‌ای در ابتدای گرادیان در قیاس با انتهای گرادیان بسیار بزرگ‌تر و به‌تدریج با فاصله گرفتن از محل اتراق دام‌ها کاهش یافته است (شکل ۲).

شاخص‌های عملکردی

آنالیز واریانس نشان داد که تغییرات سه شاخص حاصل از روش تجزیه‌وتحلیل عملکرد چشم‌انداز در طول گرادیان چرا در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۲).

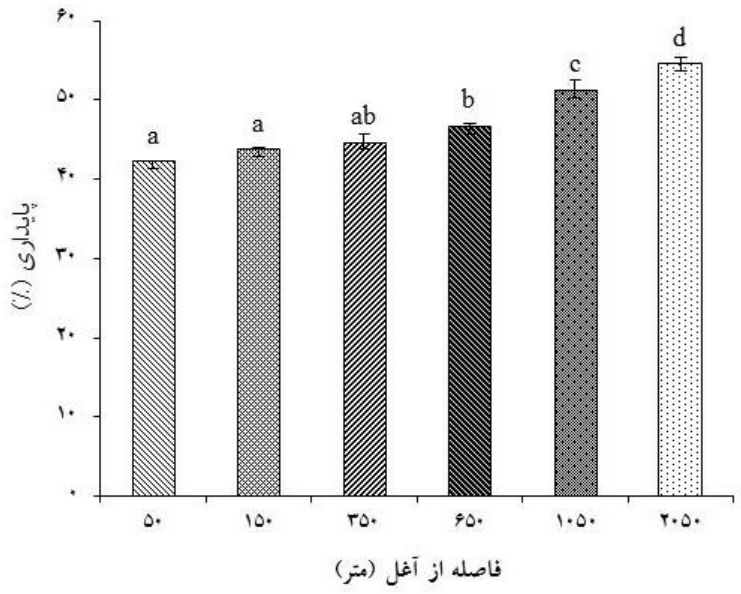


شکل ۲- تغییرات طول و عرض لکه‌ها و متوسط فضای بین لکه‌ای در طول گرادیان چرای دام

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های عملکردی بین فواصل مختلف

شاخص عملکردی	منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مجموع مربعات	F	Sig.
پایداری	درون گروه	۳۴۰/۴۲۴	۵	۶۸/۰۷۵	۳۰/۸**	۰/۰۰۰
	بین گروه	۲۶/۵۲۶	۱۲	۲/۲۱۱		
	کل	۳۶۶/۹۵۵	۱۷			
چرخه عناصر غذایی	درون گروه	۵۸۲/۵۰۵	۵	۱۱۶/۵۰۱	۶۳/۸۶۵**	۰/۰۰۰
	بین گروه	۲۱/۸۹	۱۲	۱/۸۲۴		
	کل	۶۰۴/۳۹۵	۱۷			
نفوذپذیری	درون گروه	۵۱۳/۸۴۱	۵	۱۰۲/۷۶۸	۱۳۱/۸۷۱**	۰/۰۰۰
	بین گروه	۹/۳۵۲	۱۲	۰/۷۷۹		
	کل	۵۲۳/۱۹۲	۱۷			



شکل ۳- مقایسه میانگین شاخص پایداری در گرادیان چرای دام

(حروف متفاوت بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد است)

مقایسه میانگین‌های شاخص‌های عملکردی در زون‌های چرایی

مقایسه میانگین شاخص‌ها توسط آزمون دانکن انجام شد که نتایج آن به‌شرح زیر است.

پایداری بوم‌سازگان

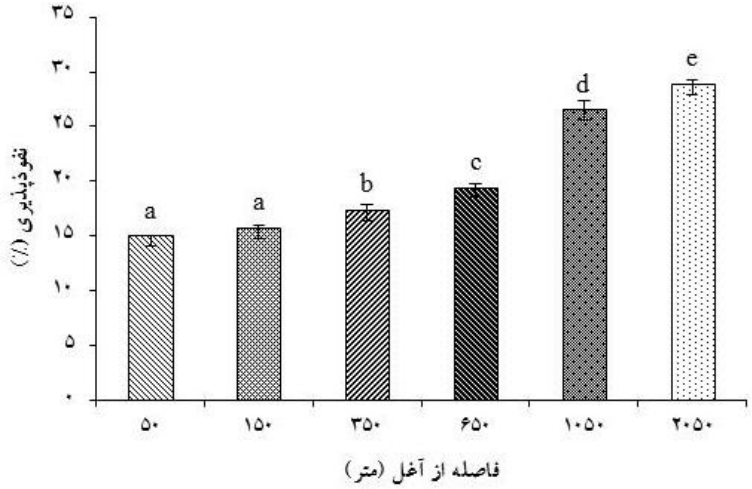
شاخص پایداری اندازه‌گیری شده از روش تجزیه‌وتحلیل عملکرد چشم‌انداز در فواصل با یکدیگر تفاوت آماری داشت. اولین تغییر اساسی در روند پایداری بوم‌سازگان در فاصله ۱۰۵۰ متری از گرادیان چرا رخ داد که دارای تفاوت معنی‌دار با سایر فواصل اندازه‌گیری شده بود. فاصله ۲۰۵۰ متری نیز که بیشترین میزان پایداری را داشت با سایر نقاط تفاوت آماری نشان داد. کمترین میزان پایداری در کلیه

www.SID.ir

فواصل اندازه‌گیری شده مربوط به فاصله ۵۰ متری آغل بود اما این نقطه با فواصل ۱۵۰ و ۳۵۰ متری از نظر آماری تفاوتی نداشت (شکل ۳).

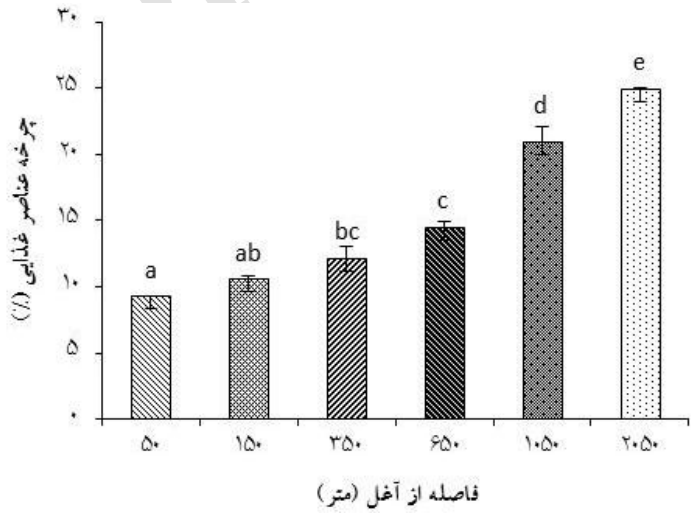
آستانه عملکردی برای نفوذپذیری

از نظر آماری در فاصله ۳۵۰ متری از آغل اولین تغییر مثبت به سمت افزایش نفوذپذیری بوم‌سازگان رخ داده است. به‌طور کلی با فاصله گرفتن از آغل میزان نفوذپذیری به‌تدریج افزایش یافت (شکل ۴). از ۳۵۰ متری به بعد تا انتهای گرادیان اندازه‌گیری بین تمامی فواصل اختلاف آماری در سطح ۰/۰۵ وجود داشت (شکل ۴). بیشترین میزان نفوذپذیری بوم‌سازگان در انتهای گرادیان چرایی و کمترین در نزدیکی آغل مشاهده شد (شکل ۴). تغییر اساسی در روند نفوذپذیری از نظر آماری در نقطه ۱۰۵۰ متری دیده شد.



شکل ۴- مقایسه میانگین شاخص نفوذپذیری در گرادیان چرای دام

(حروف متفاوت بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد است)



شکل ۵- مقایسه میانگین شاخص نفوذپذیری در گرادیان چرای دام

(حروف متفاوت بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد است)

www.SID.ir

آستانه عملکردی برای چرخه عناصر غذایی

با فاصله گرفتن از محل آغل میزان چرخه عناصر غذایی بوم‌سازگان به‌تدریج افزایش یافت اما مهمترین نقطه تغییر در روند چرخه عناصر در نقطه ۱۰۵۰ متری دیده شد (شکل ۵). بیشترین میزان چرخه عناصر غذایی مربوط به انتهای گرادیان اندازه‌گیری شده بود که با سایر نقاط از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۵).

بررسی و ارزیابی مدل‌های رگرسیونی پیش‌بینی تغییرات شاخص پایداری بوم‌سازگان

نتایج برازش مدل‌های مختلف برای شاخص پایداری بوم‌سازگان نشان می‌دهد که بهترین رابطه برای پیش‌بینی روند تغییرات شاخص پایداری بوم‌سازگان در طول گرادیان مدیریتی بر اساس ضریب اطلاعات آکائیک رابطه سیگموئید ۳ پارامتری است (جدول ۳). مدل سه پارامتری نیز برازش بسیار خوبی بر داده‌های پایداری بوم‌سازگان داشت. شکل ۴ نمایش گرافیکی مدل سیگموئید ۳ پارامتری بر روی پایداری بوم‌سازگان را نشان می‌دهد که با فاصله گرفتن از محل آغل میزان پایداری افزایش یافته و در انتها در حال یکنواخت است. در این گراف Y پایداری بوم‌سازگان و X میزان فاصله از محل اتراق دام است (شکل ۶).

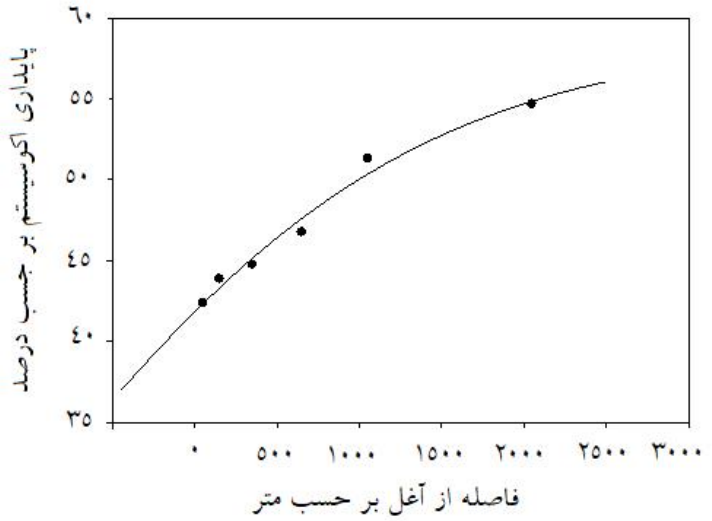
شاخص چرخه عناصر غذایی بوم‌سازگان

نتایج مدل‌های مختلف برازش یافته بر روی شاخص چرخه عناصر غذایی بوم‌سازگان نشان داد که بهترین مدل بررسی روند تغییرات چرخه عناصر غذایی در طول گرادیان چرای دام از نظر ضریب اطلاعات آکائیک مدل سیگموئید سه پارامتری بود (جدول ۴). مدل‌های هیل سه پارامتری و لجستیک سه پارامتری با بیشترین مقدار ضریب اطلاعات آکائیک و بیشترین خطای معیار نامناسب‌ترین مدل‌ها بودند (جدول ۴).

جدول ۳- نتایج برازش مدل‌های مختلف هم‌خانواده سیگموئید بر روی شاخص پایداری بوم‌سازگان

مدل	AICc	Adj.R Square	Std. Error	df1	df2	F	Sig.
سیگموئید ۴ پارامتری	۲۳/۶۰	۰/۹۰۳	۱/۴۳	۳	۱۴	۵۴/۳۰	۰/۰۰۰
سیگموئید ۳ پارامتری	۲۱/۹۳	۰/۸۹	۱/۴۸	۲	۱۵	۷۶/۱۲	۰/۰۰۰۱
سیگموئید ۵ پارامتری	۲۷/۶۴	۰/۸۹	۱/۴۶	۴	۱۳	۳۹/۲۱	۰/۰۰۰۱
لجستیک ۳ پارامتری	۳۶/۰۹	۰/۸۰	۲/۱۹	۲	۱۵	۵۷/۳۰	۰/۰۰۰۱
لجستیک ۴ پارامتری	۲۴/۷۳	۰/۸۹	۱/۴۸	۳	۱۴	۵۰/۷۲	۰/۰۰۰۱
گمپرتز ۴ پارامتری	۲۴/۱۷	۰/۹۰	۱/۴۶	۳	۱۴	۵۲/۴۷	۰/۰۰۰۱
گمپرتز ۳ پارامتری	۲۲/۰۶	۰/۸۹	۱/۴۸	۲	۱۵	۷۵/۵۵	۰/۰۰۰۱
ویبول ۴ پارامتری	۲۵/۴۶	۰/۸۹	۱/۵۱	۲	۱۵	۴۸/۵۳	۰/۰۰۰۱
ویبول ۵ پارامتری	۲۷/۹۲	۰/۸۹	۱/۴۸	۴	۱۳	۳۸/۵۵	۰/۰۰۰۱
چاپمن ۳ پارامتری	۳۵/۴۷	۰/۷۸	۲/۱۵	۲	۱۵	۳۱/۹۱	۰/۰۰۰۱
چاپمن ۴ پارامتری	۲۴/۷۷	۰/۸۹	۱/۴۸	۳	۱۴	۵۰/۶۰	۰/۰۰۰۱
هیل ۳ پارامتری	۳۰/۰۶	۰/۷۷	۲/۱۹	۲	۱۵	۳۰/۶۴	۰/۰۰۰۱
هیل ۴ پارامتری	۲۴/۷۳	۰/۸۹	۱/۴۸	۳	۱۴	۵۰/۷۲	۰/۰۰۰۱
تکه‌ای	۳۲/۳۸۶	۰/۸۹	۱/۵۰	۵	۱۲	۲۹/۵۶	۰/۰۰۰

www.SID.ir



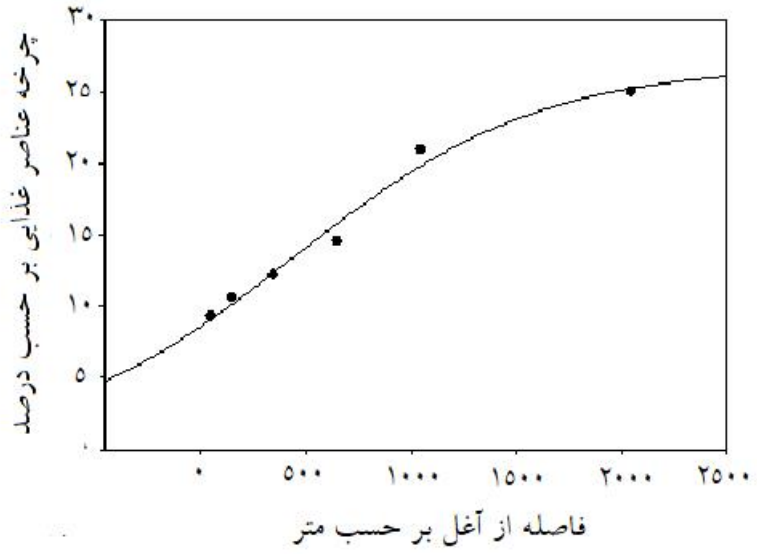
شکل ۶- منحنی غیرخطی تغییرات پایداری بوم‌سازگان در گرادیان چرای دام بر اساس مدل سیگموئید سه پارامتری

جدول ۴- نتایج برازش مدل‌های مختلف بر روی شاخص چرخه عناصر غذایی بوم‌سازگان

مدل	AICc	Adj.R Square	Std. Error	df1	df2	F	Sig.
سیگموئید ۴ پارامتری	۲۱	۰/۹۴۹	۱/۳۳	۳	۱۴	۱۰۷/۵۷	<۰/۰۰۱
سیگموئید ۳ پارامتری	۲۰/۹۹	۰/۹۴۲	۱/۴۴	۲	۱۵	۱۳۷/۶۶	<۰/۰۰۱
سیگموئید ۵ پارامتری	۲۴/۲۵	۰/۹۴۹	۱/۳۳	۵	۱۳	۸۱/۱۸	<۰/۰۰۱
لجستیک ۳ پارامتری	۳۳/۵۶	۰/۸۸	۲/۰۴	۲	۱۵	۶۴/۶۹	<۰/۰۰۱
لجستیک ۴ پارامتری	۲۳/۳۲	۰/۹۴۲	۱/۴۲	۳	۱۴	۹۴/۰۱	<۰/۰۰۱
گمپرتز ۴ پارامتری	۲۲/۵۰	۰/۹۴۵	۱/۳۹	۳	۱۴	۹۸/۶۱	<۰/۰۰۱
گمپرتز ۳ پارامتری	۲۲/۳۴	۰/۹۳	۱/۴۹	۲	۱۵	۱۲۷/۱۶	<۰/۰۰۱
ویبول ۴ پارامتری	۲۲/۹۹	۰/۹۴	۱/۴۱	۳	۱۴	۹۵/۸۴	<۰/۰۰۱
ویبول ۵ پارامتری	۳۱/۳۷	۰/۹۲	۱/۶۳	۴	۱۴	۵۳/۶۰	<۰/۰۰۱
چاپمن ۳ پارامتری	۳۳/۴۹	۰/۸۸	۲/۰۴	۲	۱۵	۶۴/۹۹	<۰/۰۰۱
چاپمن ۴ پارامتری	۲۳/۵۳	۰/۹۴	۱/۴۳	۳	۱۴	۹۲/۸۴	<۰/۰۰۱
هیل ۳ پارامتری	۳۳/۵۶	۰/۸۸	۲/۰۴	۲	۱۵	۶۴/۶۹	<۰/۰۰۱
هیل ۴ پارامتری	۲۳/۳۲	۰/۹۴	۱/۴۲	۳	۱۴	۹۴/۰۱	<۰/۰۰۱
تکه‌ای	۲۹/۰۱	۰/۹۴۷	۱/۳۶	۵	۱۲	۲۹/۵۶	<۰/۰۰۱

با ترسیم مدل سیگموئید سه پارامتری مشاهده شد که تغییرات چرخه عناصر غذایی بوم‌سازگان را بخوبی می‌توان با این مدل پیش‌بینی کرد (شکل ۷). شکل مذکور نشان می‌دهد با افزایش فاصله از محل استراحت و اتراق دام‌ها میزان چرخه عناصر غذایی بوم‌سازگان نیز افزایش می‌یابد.

www.SID.ir



شکل ۷- منحنی سیگموئید سه پارامتری تغییرات چرخه عناصر غذایی بوم‌سازگان در گرادیان چرای دام

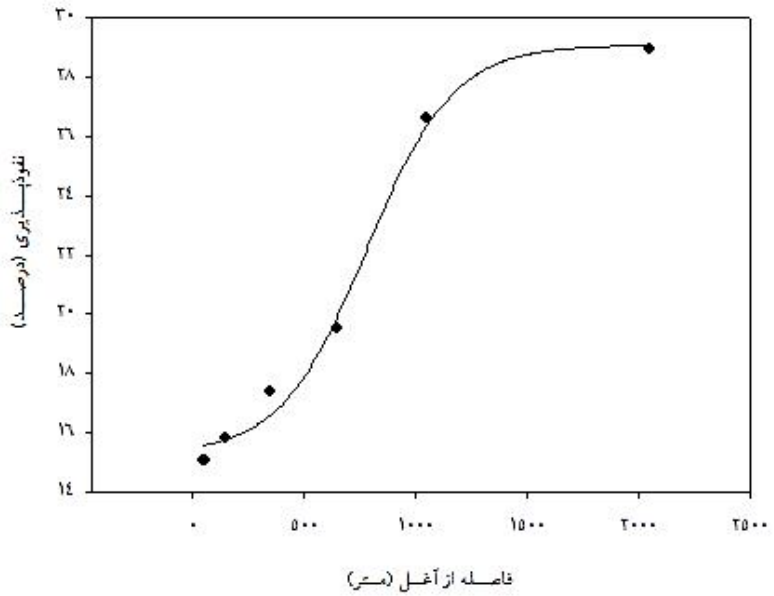
شاخص نفوذپذیری بوم‌سازگان

با بررسی نتایج برازش مدل‌های رگرسیون بر روی داده‌های نفوذپذیری، نتایج نشان داد که مدل چهار پارامتری بهترین مدل مورد نظر خطای معیار و ضریب اطلاعات آکائیک بود (جدول ۵). مدل هیل سه پارامتری و لجستیک سه پارامتری نیز نامناسب‌ترین مدل‌ها بودند (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج برازش مدل‌های مختلف بر روی شاخص نفوذپذیری بوم‌سازگان

مدل	AICc	Adj.R Square	Std. Error	df1	df2	F	Sig.
سیگموئید ۴ پارامتری	۸/۹	۰/۹۷	۰/۹۵	۳	۱۴	۱۸۵/۶۸	<۰/۰۰۱
سیگموئید ۳ پارامتری	۲۰/۷۴	۰/۹۳	۱/۴۳	۲	۱۵	۱۱۹/۹۳	<۰/۰۰۱
سیگموئید ۵ پارامتری	۹/۵۸	۰/۹۷	۰/۸۹	۴	۱۴	۱۶۱/۸۸	<۰/۰۰۱
لجستیک ۳ پارامتری	۳۶/۲۸	۰/۸۴	۲/۲۰	۲	۱۵	۴۶/۲۱	<۰/۰۰۱
لجستیک ۴ پارامتری	۱۳/۰۶	۰/۹۶	۱/۰۷	۳	۱۴	۱۴۶/۳۷	<۰/۰۰۱
گمپرتز ۴ پارامتری	۱۳/۸۷	۰/۹۶	۱/۰۹	۳	۱۴	۱۳۹/۷۰	<۰/۰۰۱
گمپرتز ۳ پارامتری	۲۶/۱۱	۰/۹۲	۱/۴۹	۳	۱۴	۱۱۰/۰۶	<۰/۰۰۱
ویبول ۴ پارامتری	۲۱/۴۶	۰/۸۶	۱/۳۵	۳	۱۴	۹۰/۰۵	<۰/۰۰۱
ویبول ۵ پارامتری	۱۹/۶۳	۰/۹۵	۱/۱۷	۴	۱۴	۹۱/۲۳	<۰/۰۰۱
چاپمن ۳ پارامتری	۳۶/۰۳	۰/۸۴	۲/۱۹	۲	۱۵	۴۶/۹۷	<۰/۰۰۱
چاپمن ۴ پارامتری	۱۴/۴۹	۰/۹۵	۱/۱۱	۳	۱۴	۱۳۴/۸۱	<۰/۰۰۱
هیل ۳ پارامتری	۳۶/۲۸	۰/۸۴	۲/۲۰	۲	۱۵	۴۶/۲۱	<۰/۰۰۱
هیل ۴ پارامتری	۱۳/۰۶	۰/۹۶	۱/۰۷	۳	۱۴	۱۴۶/۳۷	<۰/۰۰۱
تکه‌ای	۱۳/۴۷	۰/۹۷	۰/۸۸	۵	۱۲	۱۳۰/۷۷	۰/۰۰۰

www.SID.ir



شکل ۸- منحنی سیگموئید تغییرات نفوذپذیری بوم‌سازگان در گرادیان چرای دام

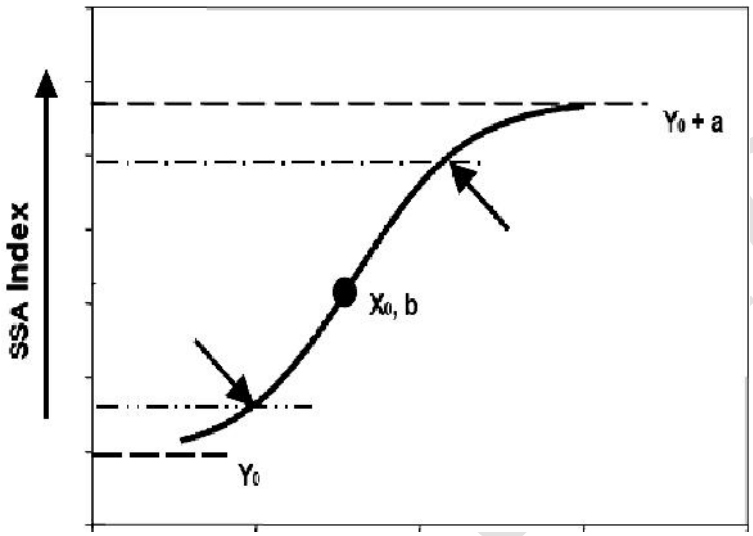
ترسیم گرافیکی مدل سیگموئید نشان داد که افزایش نفوذپذیری در ابتدای گرادیان بسیار بیشتر از انتهای آن است و در انتها یکنواخت تدریجی میزان نفوذپذیری بوم‌سازگان مشاهده می‌شود (شکل ۸).

بحث

با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان به این نکته رسید که روند تغییرات عملکرد مرتع در اثر مداخلات مدیریتی از الگوهای غیرخطی مخصوصاً از مدل سیگموئید پیروی می‌کند. بر اساس یافته‌های Noy-Meir (۱۹۸۱)، Graetz و Ludwig (۱۹۸۷) و Tongway و Hindley (۲۰۰۴) انتظار می‌رود که روند تغییرات بوم‌سازگان در طول گرادیان چرای دام‌ها از مدل سیگموئید چهار پارامتری (شکل ۹) تبعیت کند. این مطالعه نیز پس از آزمون مدل‌های مختلف در شاخص نفوذپذیری به‌دست آمده به نتایج مشابهی دست یافته است. Bastin و همکاران (۱۹۹۳) بیان کرده‌اند که انتظار می‌رود روند تغییرات شاخص‌های بوم‌سازگان در گرادیان چرای دام از مدل سیگموئید پیروی کند که در این مطالعه نیز نتایج مشابه حاصل شد. در این مطالعه برای شاخص‌های پایداری و چرخه عناصر غذایی بوم‌سازگان بهترین مدل رابطه رگرسیون سه پارامتری بود که با تعداد پارامتر کمتر نتایج بهتری ارائه داده است و با نتایج ارائه‌شده از سوی محققان فوق‌الذکر هم‌راستا نیست. Sasaki و همکاران (۲۰۰۸) و Toms و Lesparence (۲۰۰۳) بهترین مدل برای پیش‌بینی روند تغییرات بوم‌سازگان در گرادیان چرای دام را مدل تکه‌ای عنوان کرده‌اند که در این مطالعه اگرچه دارای میزان خطای پایینی بود اما به دلیل معنی‌دار نبودن برخی پارامترها قابلیت استفاده را نداشت. به‌طور کلی در مواردی که مطالعه به صورت کامل انجام شود و به اندازه کافی داده داشته باشد و گرادیان انتخاب‌شده به اندازه کافی بزرگ باشد می‌توان انتظار داشت که روند تغییرات بوم‌سازگان در گرادیان از مدل سیگموئید تبعیت کند. در این رابطه اجزای مختلفی وجود دارد که نشان‌دهنده پارامترهای مختلف بوم‌سازگان است. (y_0+a) در واقع حداکثر میزان ممکن از شاخص مورد ارزیابی برای بوم‌سازگان است که توسط اقلیم، سنگ مادر و یا سایر عوامل محیطی و مدیریتی اثرگذار کنترل می‌شود و تحت عنوان "قابلیت بیوشیمیایی" می‌تواند نام‌گذاری شود. y_0 کمترین میزان شاخص مورد نظر

Archive of SID
www.SID.ir

در شرایط آشفتگی و مداخله برای بوم‌سازگان موجود است (Tongway & Hindley, 2004). X0 نقطه عطف منحنی بر روی محور X را نشان می‌دهد و b شیب نقطه عطف است که نشان‌دهنده میزان افزایش شاخص اندازه‌گیری شده در طول زمان یا فاصله است. در واقع این منحنی برای چشم‌اندازهایی است که در آن منابع محدود است. در این مطالعه رابطه فوق تنها بر روی شاخص نفوذپذیری به‌عنوان بهترین مدل برازش داشت و در مورد دو شاخص پایداری و چرخه عناصر غذایی مدل سیگموئید سه پارامتری بهترین مدل بوده است.



شکل ۹- مدل سیگموئید چهار پارامتری (تونگوی و هیندلی، ۲۰۰۴)

با بررسی نتایج مطالعه این نتیجه گرفته شد که با افزایش شدت چرا و تخریب میزان شاخص‌های سطح خاک و ویژگی‌های عملکردی مرتع دچار تغییرات فراوان می‌شوند و در منطقه با چرا و تخریب زیاد این ویژگی‌ها به شدت کاسته شده است که این با نتایج Ludwig و Tongway (۲۰۰۲) و نتایج Arzani و همکاران (۲۰۰۷)، Ahmadi و همکاران (۲۰۰۸) و Abedi و همکاران (۲۰۰۶) همخوانی دارد. به‌طور کلی چرای مفرط دام‌ها می‌تواند منجر به تغییر لکه‌های پوشش گیاهی شود که این خود منجر به تغییرات آینده در عملکرد بوم‌سازگان می‌شود (Noble *et al.*, 1998). پایداری ذکرشده در این مطالعه تحت تأثیر پوشش سطح خاک، پوسته‌های سطح خاک، مقاومت خاک سطحی، میزان و نوع فرسایش در سطح، مواد انباشته‌شده، پایداری خاک و میزان لاشبرگ در سطح خاک است (Tongway & Hindley, 2004). در واقع با تغییر هریک از عوامل ذکرشده میزان پایداری بوم‌سازگان دچار تغییر خواهد شد. در اطراف محل اتراق دام‌ها به دلیل تردد زیاد دام از میزان پوشش سطح خاک به‌شدت کاسته شده و بیشتر گونه‌های غیر خوشخوراک باقی می‌مانند که در نتیجه پوشش سطح خاک کاهش می‌یابد. Klott و همکاران (۱۹۹۳) نیز در مراتع منطقه وایومینگ نتیجه گرفتند که در اثر چرای مفرط دام بسیاری از لکه‌های گیاهان علفی از مرتع حذف شده است. بنابراین میزان نفوذپذیری بوم‌سازگان تابعی از پوشش گیاهان چندساله در مرتع، پستی‌وبلندی‌های سطح خاک، پایداری خاک، میزان لاشبرگ و درجه تجزیه‌شدگی آن، مقاومت سطح خاک به مداخله و بافت خاک است (Tongway & Hindley, 2004). در این مطالعه نتایج نشان داد که با افزایش شدت چرای دام‌ها در اطراف محل اتراق دام‌ها میزان نفوذپذیری به کمترین مقدار خود رسیده است. Mohseni Saravi و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کرده‌اند

Archive of SID

www.SID.ir

که با افزایش شدت چری دام میزان نفوذپذیری به دلیل حذف پوشش و افزایش لگدکوبی و کاهش خلل و فرج خاک کاهش می‌یابد. چرخه عناصر غذایی بوم‌سازگان نیز تابعی از پوشش چندساله سطح خاک، پوشش نهان‌زادان، پستی‌وبلندی‌های سطح خاک و میزان لاشبرگ است (Tongway & Hindley, 2004). به‌طوری‌که با افزایش تراکم دام در اطراف آغل دام‌ها و افزایش شدت چرای دام میزان چرخه عناصر غذایی کاهش شدیدی یافت که می‌تواند حاصل از حذف پوشش گیاهی و کاهش لاشبرگ در اثر چرای دام باشد. Arzani و همکاران (۲۰۰۷) نیز در مطالعه خود اثر چرای دام بر چرخه عناصر غذایی را تأیید کرده‌اند.

به‌طور کلی شاخص‌های سطح خاک بخوبی منعکس‌کننده فعالیت‌های مدیریتی بود که این با نظر Ludwig و همکاران (۱۹۹۷) مطابقت دارد. شاخص‌های سطح خاک بخوبی نشان‌دهنده تخریب مرتع بودند و با استفاده از آن می‌توان آستانه‌های تخریب یا تغییر مرتع را مشخص کرد که این با نتایج Ahmadi و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد.

در نتیجه با استفاده از این روش می‌توان بخوبی تأثیر فعالیت‌های انسان بر روی کارکرد بوم‌سازگان مرتع را بررسی کرد و روند تغییرات هریک از شاخص‌ها را پیش‌بینی کرد. به‌طور کلی مدل‌های غیرخطی برای تفسیر تغییرات مرتع در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران بهترین پاسخ را می‌دهند. مدل سیگموئید چهار پارامتری پیشنهاد این مطالعه برای بررسی تغییرات بوم‌سازگان در گرادیان چرای دام‌ها و نیز در طول یک دوره زمانی می‌باشد.

منابع مورد استفاده

- Abedi, M., Arzani, H., Shahriari, A., Tongway, D. and Aminzadeh, M., 2006. Evaluation of the structure and function of plant patches in arid and semi-arid rangelands ecosystems. Journal of Environmental Studies, 40: 117-126.
- Ahmadi, Z., Heshmati, Gh. A, Mohseni Saravi, M., Arzani, H. and Bihamta, M. R., 2008. Determination of critical threshold for rangeland ecosystems (case study: Rural habitat of three villages in Golestan province). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan, 15 (1): 102-110.
- Arzani, H., Abedi, M., Shahriari, A. and Ghorbani, M., 2007. Investigation of changes in soil surface and functional characteristics of rangeland under grazing intensity and rangeland plowing (Case study: Orazan Taleghan). Iranian Journal of Desert and Rangeland Researches, 14 (1): 68-79.
- Bastin, G. N., Sparrow, A. D. and Pearce, G.,1993. Grazing gradients in central Australian Rangelands: ground verification of remote sensing-based approaches. Rangeland Journal, 15(2):217-233.
- Bennett, A. and Radford, J., 2003. Know your ecological thresholds. Thinking Bush, 2: 1–3.
- Birch, N. V. E., 2000. The vegetation potential of natural rangelands in the Mid-Fish river valley, Eastern Cape, South Africa: Towards a sustainable and acceptance management system. Ph.D. thesis, Rhodes University Grahams town, 149 p.
- Friedel, M. H., 1991. Range condition assessment and the concept of thresholds: a viewpoint. Journal of Range Management, 44: 422–426.
- Graetz, R. D. and Ludwig, J. A., 1978. A method for the analysis of biosphere data applicable to range assessment. Australian Rangeland Journal, 1: 126-136.
- Heshmati, G. A., 1997. Plant and soil indicators for detecting zones around water point in arid perennial chenopod shrub lands of South Australia. Ph.D. Thesis, Department of Botany, University of Adelaide, Adelaide.
- Klott, J. H., Smith, R. B. and Vullo, C., 1993. Sage grouse habitat use in the Brown s bench area of south central Idaho. USDI Bureau of Land Management, Technical Bulletin, 93(4): 14.
- Ludwig, J. A., Tongway, D., Freudenberger, D., Noble, D. and Hodginson, K., 1997. Landscape Ecology, Function and Management: Principles from Australia's Rangelands. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia, 121-131.
- Mesdaghi, M., 2011. Statistical and regression methods in agricultural studies and natural resources. Mashhad University Press, Mashhad, 420.
- Mohseni Saravi, M., Chaei Chi, M. and Malekian, A., 2001. The effect of cattle trapping and grazing on soil physical properties of rangeland. Proceedings of the Second National Seminar on Rangeland and Rangeland management. Faculty of Natural Resources, University of Tehran. 577-590.
- Noble, J. C., Habermehl, M. A., James, C. D. Landsberg, J., Langston, A.C. and Morton, S. R., 1998. Biodiversity implications of water management in the Great Artesian Basin. Rangeland Journal, 20(2): 275 – 300.
- Noy-Meir, I., 1981. Spatial effects in modeling of arid ecosystem: 411-432. In: Goodall, D.W., Perry, R. A., (Eds,). Arid Land Ecosystem Structure, Function and Management. Vol. 2. Sydney: Cambridge

Archive of SID
www.SID.ir

assessing landscapes, with special reference to mine sites and rangelands. Canberra: CSIRO Sustainable Ecosystems.
– Walker, B. and Meyers, J. A., 2004. Thresholds in ecological and social-ecological systems: a developing database. Ecology Society, 9(2):3. [Online]URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art3.
– Wiens, J. A., Van Horne, B. and Noon, B. R., 2002. Integrating landscape structure and scale into natural resource management: 23–67. In: Liu, J, Taylor W W. (Eds,). Integrating Landscape Ecology into Natural Resource Management, UK: Cambridge University Press.
– Wilson, A. D., 1986. The monitoring of changes in range condition: a multivariate site potential approach. Proceedings of 2nd International Congress on Rangeland, Australia, Adelaide: 517-521.
University Press.
– Sasaki, T., Okayasu, T., Jamsran, U. and Takeuchi, K., 2008. Threshold changes in vegetation along a grazing gradient in Mongolian rangelands. Journal of Ecology, 96: 145–154.
– Sheidai Karkaj, A., Mofidi, M. and Jahanteb, A., 2013. Evaluation and Comparison of Different Distance Measurement Methods for Density in Inchebroun Area. Journal of Forest and Rangeland, 97: 46-50.
– Toms, J. D. and Lesperance, M. L., 2003. Piecewise regression: a tool for identifying ecological thresholds. Ecology, 84: 2034-2041.
– Tongway, D. and Ludwig, J., 2002. Reversing desertification: 343-345. In: Lalo, R., (Ed), Encyclopedia of soil science. New York: Marcel Dekker.
– Tongway, D. and Hindley, N., 2004. Landscape Function Analysis: Methods for monitoring and

Archive of SID

www.SID.ir

The best model to predict functional changes in the grazing gradient of semi-arid areas (Case Study: Gorgan plain)

Gh. Heshmati[1], H. Siroosi[2*] and E. Sheidai Karkaj[3]

1- Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
2*- Corresponding author,PhD Student in Rangeland Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, Email: h.siroosi@gmail.com
3- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Iran

Received:9/19/2015 Accepted:6/6/2016

Abstract

Rangelands as dynamic ecosystems respond to the disturbances such as climatic fluctuations and grazing management patterns. Prediction of spatial trend of these changes could be contributed to management planning and rehabilitation of degraded landscape. In this study, changes in the function of ecosystem, affected by livestock grazing, were investigated along grazing gradient. To this end, in the winter rangelands of Gorgan, functional features of the rangeland ecosystem including: nutrient cycling, infiltration and stability were measured at the set of points along grazing gradient. Measured parameters were analyzed using statistical methods and regression models to determine changes in ecosystem function along grazing gradient. The results showed a significant trend in functional indices along the grazing gradient. Points close to the livestock camp had the minimum value of functional indices while those at the end of the grazing gradient were found to be maximized. Comparison of different regression models using Akaike Information Criterion revealed that, as per infiltration index four-parameter sigmoid model and also for stability and nutrient cycling indices, three-parameter sigmoid model had the lowest AIC value and were the best models to predict functional changes along grazing gradients. The results of this study may be promising as rangeland model input to identify critical areas and can be used to predict management effects on productivity and sustainability of rangeland ecosystems.

Keywords: Disturbance, threshold, functional index, sigmoid, semi-arid rangelands.

Archive of SID

www.SID.ir