

## معرفی آستانه عملکردی با توجه به تغییرات فرایندهای اکولوژیک در طول گرادیان چرا در بوتهزارهای بیلاقی استان کرمان

اعظم خسروی مشیزی<sup>۱</sup>، غلامعلی حشمتی<sup>۲</sup>، عادل سپهری<sup>۳</sup> و حسین آذرینوند<sup>۴</sup>

۱- نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۰/۰۵ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۱۲

### چکیده

هدف از این مطالعه معرفی آستانه عملکردی با توجه به تغییرات فرایندهای اکولوژیک در طول گرادیان چرا به منظور شناسایی مناطق تخریب‌یافته بود. به همین منظور بر روی داده‌های سه ویژگی عملکردی پایداری، نفوذپذیری و چرخه مواد غذایی خاک، دو مدل خطی و سه مدل غیرخطی (نمایی، رگرسیون تکه‌ای و سیگموئید لجستیک) برازش داده شد. در مقایسه با مدل‌های خطی، دو مدل غیرخطی (نمایی و رگرسیون تکه‌ای) بهترین مدل‌های برازش داده شده بودند که این امر بیانگر وجود آستانه در فرایندهای اکولوژیک تحت تأثیر گرادیان چرا می‌باشد. بر طبق نتایج بدست‌آمده عملکرد اکوسیستم در نزدیک آبشخور بشدت کاهش یافته که توجه خاصی را از سوی مدیران می‌طلبد. بنابراین عبور از آستانه ساختاری، حضور گیاهان مهاجم و لگدکوبی دام را می‌توان از عوامل کاهش عملکرد در نزدیک آبشخور و وقوع آستانه عملکردی دانست. با توجه به نتایج بدست‌آمده مطالعات در جهت شناسایی آستانه در اکوسیستم مرتعی توصیه می‌شود، زیرا آستانه مدیران را در جلوگیری از تخریب مناطق سالم و یا تخریب بیشتر مناطق تخریب‌یافته کمک می‌نماید و گامی جدی در جهت مدیریت پایدار در اکوسیستم‌های مرتعی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز عملکرد چشم‌انداز، آستانه، گرادیان چرا.

### مقدمه

البته در سال‌های اخیر به‌خصوص در اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، انتقادات زیادی بر تئوری توالی وارد شده و رویکردهای جدیدی همچون مدل حال و انتقال ارائه شده است (Westoby et al., 1989). یک جزء بسیار مهم از مدل حال و انتقال، آستانه‌ها می‌باشند که مرزهایی

مراتع اکوسیستم‌های پویا و دینامیکی هستند، که به تغییرات عوامل خارجی مانند آب و هوا و چرا واکنش نشان می‌دهند (مصدقی، ۱۳۸۲). ارزیابی و پایش این اکوسیستم‌ها اغلب براساس تئوری توالی انجام شده است.

عامل‌های غنا و تراکم گونه‌ای، به شدت کاهش یافته‌اند. (Wilson (1990 و Graetz & Ludwig (1978) نیز در بوته‌زارهای جنوب استرالیا ترکیب گیاهی را در طول گرادیان چرا مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد در ۴۰۰ متری از آبشخور ترکیب گیاهی بشدت تغییر کرده است و گونه‌های یکساله و غیرخوشخوراک گراس و فورب جایگزین بوته‌های دائمی شدند.

آستانه عملکردی در ارتباط با تغییر فرایندهای اکولوژیکی و عملکرد یک سیستم می‌باشد و نشان‌دهنده نقطه‌ای در زمان و مکان می‌باشد که بازخوردهای مثبت آستانه (شدت چرا، آتش‌سوزی) باعث شده‌اند که فرایندهای اکولوژیکی قادر به داشتن روابط قبلی خود نبوده و وارد مرحله جدید از توازن با روابط جدید شوند (Briske *et al.*, 2006). معمولاً نقاط بالاتر از آستانه عملکردی، چشم‌اندازهای خود پایدار و نزدیک به هدف نهایی تلقی شده و نقاطی که در زیر این قسمت می‌باشند در معرض فرسایش شدیدشونده قرار دارند و نشان‌دهنده تخریب منطقه از نظر فرایندهای اکولوژیکی می‌باشند (& Tongway Hindly, 2004).

روش تجزیه و تحلیل عملکرد چشم‌انداز طبیعی<sup>۱</sup> (LFA) که توسط Tongway (1995) ارائه گردید، یک شیوه ساده است که با استفاده از فرایندهای اکولوژیکی قادر به ارزیابی کیفی پتانسیل و عملکرد اکوسیستم می‌باشد. این روش در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران کارایی دارد و به خوبی آثار فعالیت‌های مدیریتی همچون شدت چرا، را بر فرایندهای اکولوژیکی ارزیابی می‌کند (عابدی و همکاران، ۱۳۸۵).

از توازن چندگانه را در یک سیستم نشان می‌دهند (Stringham *et al.*, 2003).

در واقع آستانه‌ها مرزهایی در زمان و مکان بین دو وضعیت پایدار می‌باشند، که بدون صرف انرژی قابل ملاحظه‌ای قابل برگشت به وضعیت قبل نمی‌باشند (Friedel, 1991). اولین بار مفهوم آستانه برای بیان هجوم گیاهان چوبی و خشبی به مراتع علفی ساوانا بکار برده شد (Archer *et al.*, 1995). در شرایطی که فشار چرا در این مراتع زیاد بود، این مراتع از حالت آستانه خود عبور کرده و این مورد باعث چیرگی شرایط جدیدی هم از نظر ترکیب پوشش گیاهی و هم از نظر فرایندهای اکولوژیکی شد. (Brown *et al.*, 1999) آستانه‌ها را به سه گروه آستانه اکولوژیکی، مدیریتی و اقتصادی تقسیم کردند. آستانه‌های اکولوژیکی خود به دو نوع آستانه ساختاری و عملکردی تقسیم می‌شوند (Briske *et al.*, 2005).

آستانه‌های ساختاری براساس تغییراتی که در ترکیب گیاهی و یا فراوانی‌های انواع اشکال رویش، تغییر در توزیع مکانی پوشش گیاهی، تغییر در پوشش خاک و همچنین هجوم گونه‌های مهاجم اتفاق می‌افتد شناخته می‌شوند (Stringham *et al.*, 2003). موضوع مهم در مورد این آستانه‌ها این است، که با استفاده از آنها می‌توان رخداد آستانه عملکردی را پیش‌بینی کرد. آستانه‌های ساختاری به دلیل آسانی در شناسایی و بررسی، توسط محققان زیادی به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Bestelmeyer *et al.*, 2003؛ Archer *et al.*, 1995).

خلیفه زاده (۱۳۸۳) تغییرات پوشش گیاهی را با توجه به فاصله از آبشخور مورد مطالعه قرار داد و یک آستانه ساختاری در فاصله ۴۰۰ تا ۵۰۰ متری از آبشخور، بدست‌آورد و گزارش داد که در محدوده زیر آستانه

Lesperance & نیز مدل رگرسیون تکه‌ای را برای تعیین آستانه اکولوژیکی پیشنهاد کردند. این مدل از دو خط تشکیل شده است که در نقطه شکست به هم وصل می‌شوند. این نقطه شکست می‌تواند به‌عنوان آستانه استفاده شود.

هدف از نگارش این مقاله، بررسی تغییرات واکنش به چرا فرایندهای اکولوژیک که عبارتند از: پایداری، نفوذپذیری و چرخه مواد غذایی در قیچ‌زارهای مراتع بیلاقی نسبت به فواصل مختلف از آبشخور و تعیین آستانه عملکردی، جهت شناسایی مناطق تخریب‌یافته می‌باشد.

### مواد و روشها

#### منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در مراتع استان کرمان، بین دو شهر بردسیر و سیرجان، به وسعت ۱۴۲۰۰ هکتار و در موقعیت جغرافیایی ۵۱° ۵۶' تا ۱۰' ۵۶° طول شرقی و ۳۰" ۲۹° تا ۵۹° عرض شمالی انجام شده است. تیپ غالب منطقه را دو گونه *Zygophyllum - Artemisia siebri* شامل می‌شوند. میزان متوسط بارندگی ۲۱۰ میلی‌متر بوده و دارای پراکنش نامنظم می‌باشد و با توجه به روش دومارتن شریط اقلیمی منطقه نیمه‌خشک می‌باشد.

#### روش نمونه‌برداری

به‌منظور برداشت داده‌ها در اطراف ۳ آبشخور روستاهای قاسم‌آباد (۳۰۰ واحد دامی که ۴۰ درصد دام‌های استفاده‌کننده گوسفند و ۶۰ درصد بز می‌باشد)، شورآباد (۳۰۰ واحد دامی، نوع دام استفاده‌کننده بز است) و

ارزانی و همکاران (۱۳۸۶) تأثیر فعالیت‌های مدیریتی را بر روی ویژگیهای کارکرد مرتع با استفاده از روش LFA در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که در اثر فعالیت‌های مدیریتی چرای شدید و شخم اراضی، ویژگی کارکرد مرتع بشدت کاهش یافته و تفاوت معنی‌داری با منطقه مرجع دارد و معتقد هستند که کاهش مقاومت سطح خاک، حذف گیاهان چندساله و تخریب الگوی جریان آب از مهمترین عوامل کاهش کارکرد مرتع در این مناطق می‌باشند. قلیچ‌نیا (۱۳۷۵) نیز با استفاده از روش LFA کارکرد مرتع را تحت سه نوع مدیریت چرای شدید، چرای متعادل و بدون چرا مورد بررسی قرار داد و گزارش کرد که از لحاظ شاخص‌های سطح خاک، سه منطقه مذکور متفاوت می‌باشند.

حد آستانه برای فرایندهای اکولوژیک یک اکوسیستم نشان‌دهنده تغییرات عملکرد اکوسیستم می‌باشد (Ludwig *et al.*, 2000)، که تعیین و پیش‌بینی این آستانه در مدیریت اکوسیستم مرتع از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد (Bestelmeyer *et al.*, 2003). البته تعیین رفتار آستانه در اکوسیستم بسیار مشکل است، زیرا ترکیبات اکوسیستم به‌کندی تغییر می‌کنند (Groffman *et al.*, 2006)، ولی گرادیان چرا (Lange, 1969) که اثرهای چرای طولانی‌مدت را در اکوسیستم مرتع نشان می‌دهد، این مشکل را بر طرف می‌سازد.

(Rietkerk & Van de Koppe, 1997) و (2003) و Toms Lesperance روش‌های کمی را برای تعیین آستانه‌های اکولوژیک، ارائه دادند. (Ludwig & Graetz, 1978) مدل سیگموئید لجستیک را برای ارزیابی‌های کمی اکوسیستم‌های مرتع پیشنهاد کردند. (Toms, 2003)

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از برداشت ۱۰ شاخص به روش تجزیه و تحلیل عملکرد چشم‌انداز، سه ویژگی عملکردی پایداری، نفوذپذیری و چرخه مواد غذایی با استفاده از این شاخصها محاسبه گردید (جدول ۲).

سپس بر روی داده پایداری، نفوذپذیری و چرخه مواد غذایی با فاصله از آبشخور ۵ معادله خطی و غیرخطی برازش داده شد. مدل‌های خطی ساده و معکوس، دو مدل خطی مورد استفاده بودند که معادله‌های آنها به ترتیب عبارتند از:

$$y = ax + b \quad \text{معادله (۱)}$$

$$y = a + \left(\frac{b}{x}\right) \quad \text{معادله (۲)}$$

مدل‌های نمایی، رگرسیون تکه‌ای و لجستیک سیگموئید سه مدل غیرخطی مورد استفاده بودند که به ترتیب معادله‌های آنها عبارتند از:

$$y = a + be^{(-cx)} \quad \text{معادله (۳)}$$

امیرآباد (۴۰۰ واحد دامی، نوع دام استفاده‌کننده بز است)، ۸ ترانسکت به طول ۲ کیلومتر با زاویه ۴۵ درجه از هم انداخته شد. از آنجا که شدت تغییرات اکوسیستم در نزدیک آبشخور شدید و با فاصله از آبشخور شدت تغییرات کاسته می‌شود (Lange, 1969)، بنابراین بر روی هر ترانسکت نسبت به آبشخور در نقاطی به فواصل ۵۰، ۱۰۰ متری و از ۱۰۰ متری تا ۱۰۰۰ متری به فاصله هر ۱۰۰ متر و از ۱۰۰۰ متری تا ۲۰۰۰ متری هر ۲۵۰ متر، یک پلات ۴ مترمربعی انداخته شد (در مجموع ۱۵ پلات در هر ترانسکت). بعلت وجود موانع طبیعی و همچنین وجود زمین‌های زراعی در بعضی از جهت‌ها آماربرداری به طور کامل انجام نشد؛ به طوری که در روستای قاسم‌آباد ۱۱۰ پلات، روستای شورآباد ۱۱۵ پلات و در روستای امیرآباد ۱۱۳ پلات انداخته شد؛ سپس در هر یک از پلات‌ها، ۱۰ شاخص سطح خاک (به دلیل نبودن پوشش کریپتوگام، شاخص ۴ حذف گردید) به روش تجزیه و تحلیل عملکرد چشم‌انداز طبیعی برآورد گردید (1995 Tongway).

معادله (۴)

$$y = a + bx \quad \text{اگر } x \leq D \quad \text{و} \quad y = a + b + c(x - D) \quad \text{اگر } x \geq D \quad \text{باشد (Toms \& 2003 Lesperance)}$$

برای انتخاب بهترین مدل، از بین مدل‌های معنی‌دار (در سطح احتمال ۵ درصد)، از ضریب اطلاعات آکائیک (AIC) استفاده شد (Akaike, 1973).

معادله (۶)

$$AIC = n \ln\left(\frac{SSE}{n}\right) + 2K + \left(\frac{2K(K+1)}{n-K-1}\right)$$

$$y = be^{(c+d \log(x))} \quad \text{معادله (۵)}$$

x = داده‌های پایداری، نفوذپذیری یا چرخه مواد غذایی خاک

y = فاصله از آبشخور

a, b, c, d = ضرایب

هر چه مقدار ضریب اطلاعات آکائیک کمتر باشد آن مدل بهتر است. پس از انتخاب بهترین مدل نقطه شکست هر مدل به عنوان آستانه مشخص گردید.

$n$  = تعداد داده‌ها  
 $k$  = تعداد عامل‌های هر معادله + ۱  
 $SSE$  = مجموع مربع خطاها (Chritopolous, 2003) &  
 (Motulsky).

جدول ۱ - لیست گونه‌های گیاهی موجود در منطقه

فرم رویشی	نام خانواده	نام گونه
بوته	Caryophyllaceae	Acanthophyllum macrodon J.D
بوته	Chenopodiaceae	Aelleni subaohylla(C.A.M.)Botsch
گراس چندساله دائمی	Poaceae	Aeluropus littoralis (Guan)Parl.
فورب چندساله	Fabaceae	Alhaji camelorum Boiss. et Bh.
بوته	Compositae	Artemisia siebri Asso.
فورب یکساله	Liliaceae	Eremurus persicus J.et. Sp.
فورب چندساله	Zygophyllaceae	Peganum harmala L.
درختچه	Poligonaceae	Pteropyrum aucheri Jaub .et. Sp.
فورب یکساله	Chenopodiaceae	Salsola kali L.
فورب یکساله	Chenopodiaceae	Salsola brachiata
بوته	Chenopodiaceae	Scariola orientalis L.
درختچه	Zygophyllaceae	Zygophyllum eurypterum Boiss. et.Bh.

جدول ۲- شاخصها و ارتباط آنها با ویژگیهای عملکردی (X=ارتباط با ویژگی مورد نظر)

تعداد طبقات	ویژگی عملکردی			شاخص
	چرخه مواد غذایی	نفوذپذیری	پایداری	
۵			X	حفاظت خاک
۴			X	پوشش گیاهان چندساله
۱۰	X	X		مقدار لاشبرگ
۴			X	منشأ لاشبرگ
۴	X	X		خرود شدن سله‌ها
۴			X	نوع و شدت فرسایش
۴			X	مواد رسوب‌گذاری شده
۵	X	X		پستی و بلندی سطح خاک
۵	X	X	X	ماهیت سطح خاک
۴		X	X	آزمون پایداری
۴		X		بافت خاک

## نتایج

## ۱- پایداری خاک

برازش داده شد و برای مدل‌هایی که معنی‌دار بودند ( $p < 0.05$ )، ضریب اطلاعات آکائیک محاسبه گردید (جدول ۳).

بر روی پراکنش داده‌های پایداری خاک با توجه به فاصله از آبشخور ۵ معادله خطی و غیرخطی مذکور

جدول ۳- ضریب اطلاعات آکائیک برای معادلات داده‌های پایداری با توجه به فاصله از آبشخور

نام روستا	مدل خطی	مدل معکوس	مدل نمایی	مدل سیگموئید لجستیک	مدل رگرسیون تکه‌ای
قاسم آباد	۲۳۹/۱۹	۱۷۶/۲۳	۱۴۳/۱۹	۱۳۷/۵۶	۱۴۷/۵۸
شور آباد	۱۷۸/۷۵	۱۸۶/۰۸	۱۳۴/۵۴	۱۳۷/۹۵	۱۳۷/۵۵
امیر آباد	۱۶۲/۸۱	۱۶۰/۱۳	۱۵۴/۵۱	ns	۱۲۸/۹۴

ns: معنی‌دار نبودن مدل در سطح احتمال ۵ درصد

فاصله از آبشخور ۵ معادله خطی و غیرخطی مذکور برآزش داده شد و برای معادله‌هایی که معنی‌دار بودند ( $p < 0.05$ )، ضریب اطلاعات آکائیک محاسبه گردید (جدول ۴).

بهترین مدل‌ها برای ویژگی نفوذپذیری خاک، مدل‌های غیرخطی بودند که برای سه روستای قاسم‌آباد، شورآباد و امیرآباد به ترتیب عبارتند از:

$$y = 19.70 - 0.00004e^{(-1/98x)} \quad \text{مدل نمایی:}$$

مدل رگرسیون تکه‌ای:  $y = 15.78 - 0.15x$  اگر  $x \leq 312$  و  $y = 15.7 + 0.13(x - 312)$  اگر  $x > 312$

مدل رگرسیون تکه‌ای:  $y = 16 + 0.14x$  اگر  $x \leq 508$  و  $y = 16 + 0.11(x - 508)$  اگر  $x > 508$  نقطه شکست در این مدل‌ها به ترتیب در فاصله‌های ۳۰۴، ۳۱۲ و ۵۰۸ متری از آبشخور بدست آمد.

بهترین مدل‌ها برای پراکنش داده‌های پایداری خاک، مدل‌های غیرخطی بودند که برای سه روستای قاسم‌آباد، شورآباد و امیرآباد به ترتیب عبارتند از:

$$y = 12.60 - 10.91 e^{ax} \quad \text{مدل سیگموئید لجستیک:}$$

$$a = 5/30 - 0.90 \log(x) \quad \text{که}$$

$$y = 17.77 - 4.44e^{(-1/48x)} \quad \text{مدل نمایی:}$$

مدل رگرسیون تکه‌ای:

$$y = 10.91 - 0.18x \quad \text{اگر } x \leq 512 \quad \text{و} \quad y = 10.15(x - 512) + 512 \quad \text{اگر } x > 512$$

$$y = 10.91 - 0.18x + 512 \quad \text{اگر } x < 512$$

نقاط شکست مدل‌ها به ترتیب در فاصله‌های ۳۱۰، ۳۱۴ و ۵۱۲ متر از آبشخور می‌باشد.

## ۲- نفوذپذیری خاک

بر روی پراکنش داده‌های نفوذپذیری خاک نسبت به

جدول ۴- ضریب اطلاعات آکائیک برای معادلات معنی‌دار داده‌های نفوذپذیری با توجه به فاصله از آبشخور

نام روستا	مدل خطی	مدل معکوس	مدل نمایی	مدل سیگموئید لجستیک	مدل رگرسیون تکه‌ای
قاسم آباد	۱۷۹/۶۷	۱۷۶/۰۶	۱۶۲/۹۱	۱۸۵/۳۳	۱۷۰/۲۲
شور آباد	۱۴۶/۰۸	۱۵۶/۱۴	۱۱۳/۰۷	۱۲۱/۰۹	۸۷/۴۱
امیر آباد	۱۹۶/۶۷	۱۹۶/۱۹	۱۹۴/۲۳	۱۹۷/۲۹	۱۶۷/۲۴

## ۳- چرخه مواد غذایی

معادله خطی و غیرخطی مذکور برازش داده شد و برای معادله‌هایی که معنی‌دار بودند ( $p < 0.05$ )، ضریب اطلاعات آکائیک محاسبه گردید (جدول ۵).

برای هر یک از ۳ آبخشور، پراکنش داده‌های ویژگی چرخه مواد غذایی با توجه به فاصله از آبخشور بر طبق ۵

جدول ۵- ضریب اطلاعات آکائیک برای معادلات داده‌های چرخه مواد غذایی با توجه به فاصله از آبخشور

نام روستا	مدل خطی	مدل معکوس	مدل نمایی	مدل سیگموئید لجستیک	مدل رگرسیون تکه‌ای
قاسم آباد	۱۶۵/۸۹	۱۰۸/۲۳	۹۸/۵۱	ns	۷۶/۹۸
شور آباد	۱۹۹/۸۷	۱۹۸/۱۹	۱۰۲/۲۵	۱۸۹/۷۵	۱۷۹/۵۳
امیر آباد	۸۷/۵۶	۸۹/۴۸	۵۹/۷۴	ns	۷۴/۱۴

ns: معنی‌دار نبودن مدل در سطح احتمال ۵ درصد

عملکردی را توجیه می‌کنند، بنابراین اطلاعات این دو محور گزارش شده است.

در روستای قاسم‌آباد محور اول که ۵۸ درصد تغییرات شاخصهای سطح خاک را در پلات‌ها توجیه می‌کند بیانگر خصوصیات حفاظت خاک، پوشش گیاهان چندساله، مقدار لاشبرگ، منشأ لاشبرگ، چرخه مواد غذایی، نفوذپذیری و پایداری می‌باشد و محور دوم که ۱۲ درصد تغییرات را توجیه می‌کند بیانگر خصوصیات آزمون پایداری، بافت خاک و ماهیت سطح خاک می‌باشد (جدول ۶). توزیع پلات‌ها در محورهای اول و دوم PCA همچنین نشان داد که دو گروه G1 (پلات‌های تا شعاع ۳۰۰ متری از آبخشور) و G2 (پلات‌های ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از آبخشور) از نظر شاخصهای سطح خاک متمایز می‌باشند و گروه G1 با محور اول رابطه معکوس قوی و با محور دوم رابطه معکوس دارد، اما گروه G2 با محور اول رابطه مستقیم و با محور دوم رابطه معکوس ضعیف دارد (شکل ۱).

برای این ویژگی نیز بهترین مدل‌ها، غیرخطی بودند که معادله آنها برای سه روستای قاسم‌آباد، شورآباد و امیرآباد به ترتیب عبارتند از:

$$\text{مدل رگرسیون تکه‌ای: } y = 1/85 - 0/016x \text{ اگر } x \leq 320 \text{ و}$$

$$y = 1/85 - 0/016x + 0/012(x - 320) \text{ اگر } x > 320$$

$$\text{مدل نمایی: } y = -9/50 - 0/0005e^{(-2/16x)}$$

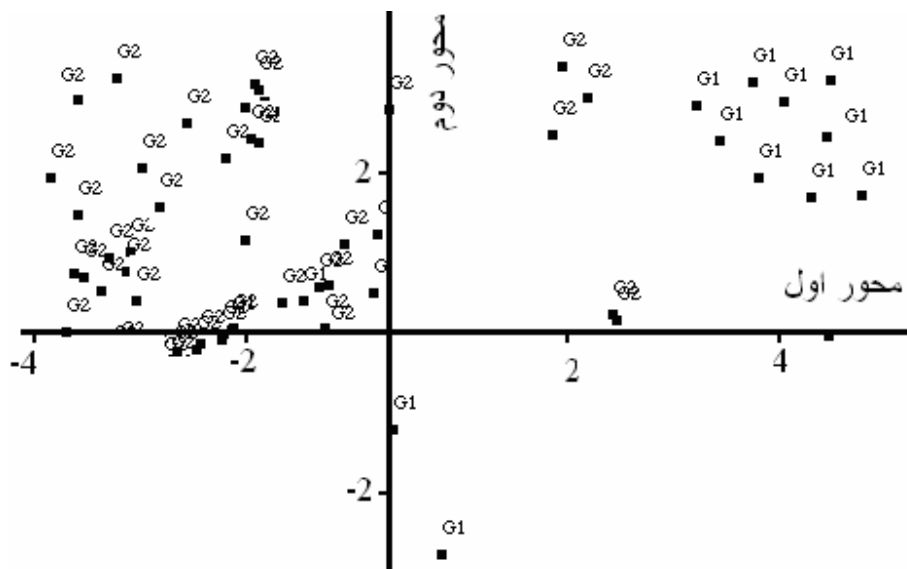
$$\text{مدل نمایی: } y = -8/73 - 0/0005e^{(-2/02x)}$$

نقطه شکست برای این مدل‌ها به ترتیب در فاصله‌های ۳۲۰، ۳۶۷ و ۵۰۲ متری از آبخشور بدست آمد.

برای تعیین مؤثرترین شاخصهای سطح خاک، در تعیین آستانه و بررسی رابطه هر یک از شاخصهای عملکردی با پلات‌هایی که از آستانه عملکردی عبور کرده‌اند (G1) و همچنین با پلات‌هایی که از آستانه عملکردی عبور نکرده‌اند (G2)، آنالیز محورهای اصلی (PCA) بر روی داده‌ها انجام شد (جدول ۶). از آنجا که برای هر سه روستا محورهای ۱ و ۲ بیشترین تغییرات

جدول ۶ - نتایج آنالیز PCA برای شاخصهای عملکردی در گروههای ساختاری

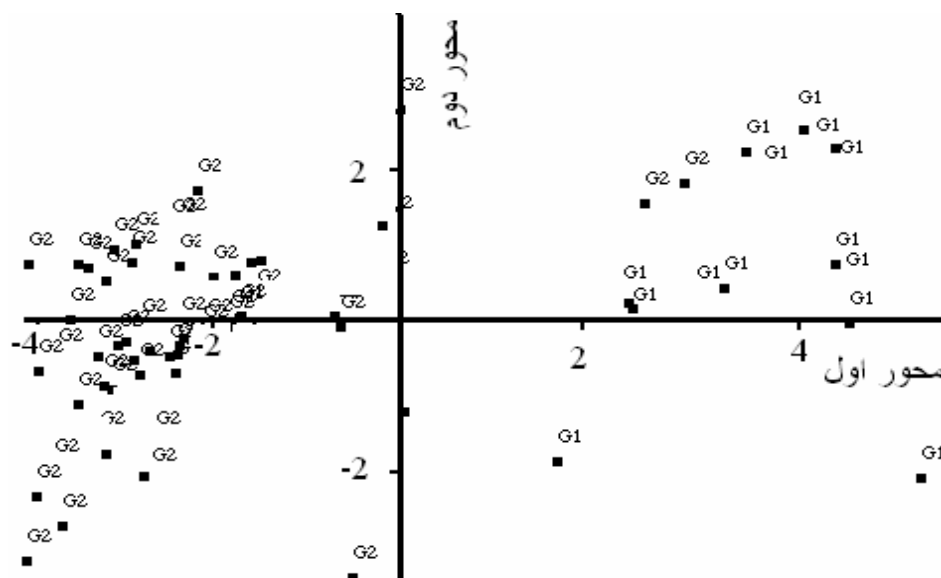
روستای امیرآباد		روستای شورآباد		روستای قاسمآباد		ویژگی عملکردی
محور دوم	محور اول	محور دوم	محور اول	محور دوم	محور اول	
۰/۰۶۰	-۰/۳۰۰	۰/۱۴۰	-۰/۳۰۲	-۰/۲۱۳	-۰/۳۱۱	حفاظت خاک
۰/۰۶	-۰/۳۰۹	۰/۱۴۲	-۰/۳۰۶	-۰/۱۶۲	-۰/۳۲۵	پوشش گیاهان چندساله
۰/۱۴۶	-۰/۳۰۱	۰/۱۴۱	-۰/۳۰۵	-۰/۰۸۳	-۰/۳۲۱	مقدار لاشبرگ
۰/۱۴۲	-۰/۳۰۴	۰/۱۴۵	-۰/۳۰۱	-۰/۰۸۵	-۰/۳۲۲	منشأ لاشبرگ
-۰/۳۹۲	-۰/۱۹۴	-۰/۶۱۸	-۰/۱۹۱	۰/۲۷۶	-۰/۲۱۳	خردشدن سله‌ها
-۰/۰۰۹	۰/۲۶۲	-۰/۲۷۳	۰/۲۵۱	-۰/۰۴۳	-۰/۲۱۳	نوع و شدت فرسایش
-۰/۱۳۴	-۰/۳۰۳	-۰/۰۹۲	-۰/۲۹۷	۰/۱۳۸	-۰/۲۱۳	مواد رسوب‌گذاری شده
۰/۱۳۳	-۰/۲۹۳	-۰/۰۲۰	-۰/۲۹۲	۰/۰۹۸	-۰/۲۳۳	پستی و بلندی سطح خاک
۰/۰۲۶	-۰/۲۳۷	-۰/۳۳۶	-۰/۲۳۵	-۰/۳۵۵	-۰/۱۵۳	ماهیت سطح خاک
-۰/۶۰۵	-۰/۱۰۵	۰/۰۵۶	-۰/۱۰۹	-۰/۵۵۰	-۰/۰۶۵	آزمون پایداری
-۰/۵۹۶	۰/۱۱۱	۰/۲۷۴	۰/۱۴۵	-۰/۴۵۵	۰/۱۸۱	بافت خاک
-۰/۱۶۵	-۰/۲۸۶	-۰/۱۰۱	-۰/۲۸۳	۰/۱۴۹	-۰/۲۹۷	پایداری
۰/۰۷۲	-۰/۲۸۵	۰/۱۲۵	-۰/۲۸۱	-۰/۱۵۹	-۰/۲۸۵	نفوذپذیری
۰/۰۶۰	-۰/۳۲۵	۰/۱۰۴	-۰/۳۲۶	-۰/۱۳۸	-۰/۳۰۹	چرخه مواد غذایی
۱/۴۶	۸/۹۳	۱/۲۷	۸/۹۶	۱/۶۰	۸/۲۷	مقادیر ویژه
۱۰/۴۸	۶۳/۸	۹/۱۳	۶۴/۰۶	۱۱/۴۲	۵۷/۳۳	نسبت واریانس



شکل ۱- نمودار پراکنش گروه‌های G1 و G2 در ارتباط با شاخصهای عملکردی با استفاده از آنالیز PCA در روستای قاسم‌آباد



شورآباد در محورها اول و دوم PCA نشان داد که دو گروه G1 (پلات‌های تا شعاع ۳۰۰ متری از آبشخور) و G2 (پلات‌های ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از آبشخور) از نظر شاخصهای سطح خاک متمایز می‌باشند و گروه G1 با محور اول رابطه معکوس قوی و با محور دوم رابطه معکوس ضعیف دارد، اما گروه G2 با محور اول رابطه مستقیم قوی دارد و با محور دوم رابطه مشخصی دیده نمی‌شود (شکل ۲).



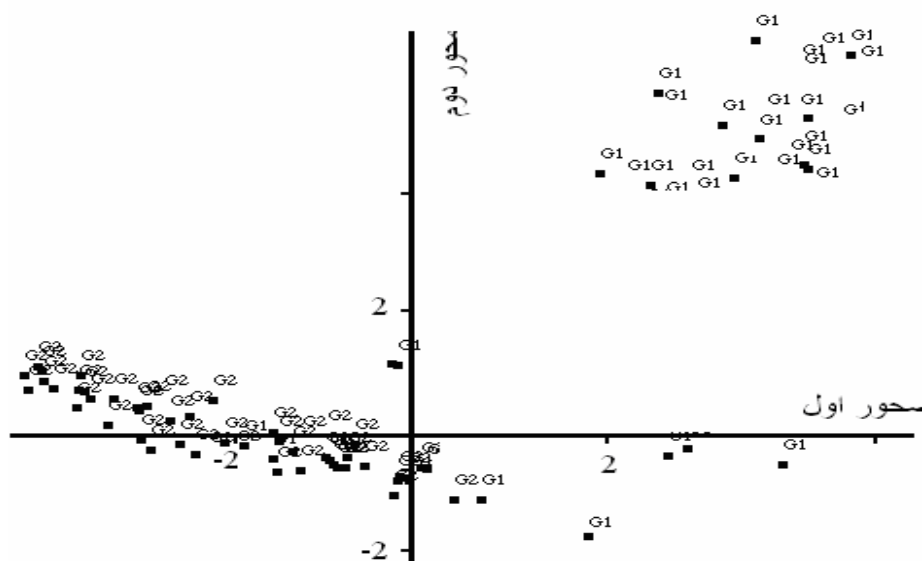
شکل ۲- نمودار پراکنش گروه‌های G1 و G2 در ارتباط با شاخصهای عملکردی

با استفاده از آنالیز PCA در روستای شورآباد

خرد شدن سله‌ها می‌باشد (جدول ۶). توزیع پلاتهای روستای شورآباد در محورها اول و دوم PCA نشان داد که دو گروه G1 (پلات‌های تا شعاع ۵۰۰ متری از آبشخور) و G2 (پلات‌های ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از آبشخور) از نظر شاخصهای سطح خاک متمایز می‌باشند و گروه G1 با محور اول و دوم رابطه معکوس دارد. اما گروه G2 با محور اول رابطه مستقیم دارد و با محور دوم رابطه مشخصی دیده نمی‌شود (شکل ۳).

در روستای شورآباد محور اول که ۶۵ درصد تغییرات شاخصهای سطح خاک در پلات‌ها را توجیه می‌کند بیانگر خصوصیات حفاظت خاک، پوشش گیاهان چندساله، مقدار لاشبرگ، منشأ لاشبرگ، چرخه مواد غذایی، پایداری، نفوذپذیری، پستی و بلندی سطح خاک و مواد رسوب‌گذاری شده می‌باشد و محور دوم که ۱۰ درصد تغییرات را توجیه می‌کند بیانگر خصوصیات خرد شدن سله‌ها، ماهیت سطح خاک، بافت خاک و نوع و شدت فرسایش می‌باشد (جدول ۶). توزیع پلاتهای روستای

در روستای امیرآباد محور اول که ۶۴ درصد تغییرات شاخصهای سطح خاک در پلات‌ها را توجیه می‌کند بیانگر خصوصیات حفاظت خاک، پوشش گیاهان چندساله، مقدار لاشبرگ، منشأ لاشبرگ، چرخه مواد غذایی، پایداری، نفوذپذیری، مواد رسوب‌گذاری شده و پستی و بلندی سطح خاک می‌باشد و محور دوم که ۱۱ درصد تغییرات را توجیه می‌کند بیانگر خصوصیات آزمون پایداری، بافت خاک و



شکل ۳- نمودار پراکنش گروه‌های G1 و G2 در ارتباط با شاخصهای عملکردی با استفاده از آنالیز PCA در روستای امیرآباد

#### بحث

آستانه بحرانی زمانی رخ می‌دهد که واکنش یک فرایند اکولوژیکی به آشفتگی‌های محیط به صورت غیرخطی باشد، به طوری که شیب تغییرات محیط در سطح آستانه بسیار تند می‌باشد و منجر به کاهش عملکرد اکوسیستم می‌شود. ولی اگر جهت تغییرات بعکس شود منجر به بهبود عملکرد اکوسیستم می‌شود (Lesperance, 2003). نتایج نشان داد که تغییرات سه ویژگی عملکردی پایداری خاک، نفوذپذیری و چرخه مواد غذایی در طول گرادیان چرا به صورت غیرخطی می‌باشد که این خود مبین حضور آستانه در هر یک از ویژگیهای پایداری خاک، نفوذپذیری و چرخه مواد غذایی می‌باشد.

از آنجا که تأثیر چرا با میزان دام‌گذاری در مرتع همبستگی دارد (Androw, 1988)، فاصله‌ای را که آستانه در آبشخور سه روستای مذکور نشان می‌دهد، یکسان نیست، به طوری که در آبشخور روستای امیرآباد که میزان

دام‌گذاری بیشتر از دو آبشخور دیگر می‌باشد، آستانه در فاصله بیشتری قرار گرفته است.

شناخت ناکافی از چگونگی پاسخ جوامع گیاهی مرتعی مناطق خشک و نیمه‌خشک که ناشی از پیچیدگی در رفتار این اکوسیستم‌های مرتعی است موجب شده است که مشخص کردن وقوع یک آستانه و ایجاد یک وضع جدید بعد از اتفاق افتادن آن معلوم شود، اما شناسایی معرف‌های اکولوژیکی هر آستانه (به‌عنوان علائم هشداردهنده) به مدیران و برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا از خطر تخریب بیشتر اکوسیستم جلوگیری کنند (حشمتی، ۱۹۹۷). در منطقه مورد مطالعه با انجام آزمون خوشه‌بندی بر روی داده‌های پوشش گیاهی، یک آستانه ساختاری در فاصله ۵۰۰ متری از آبشخور برآورد شده است. در محدوده آستانه ساختاری درصد تاج‌پوشش گیاهی کاهش یافته است و ترکیب گیاهی بشدت تغییر کرده است. به طوری که افزایش تاج پوشش و تراکم گونه‌های فورب‌های نامرغوب و مهاجم یکساله (*Salsola brachiata*) و چندساله (*Peganum harmala*)

نتایج ارزانی و همکاران (۱۳۸۶) و قلیچ‌نیا (۱۳۷۵) می‌باشد. از طرفی دیگر، شدت چرا با افزایش گونه‌های مهاجم یکساله (*Salsola brachiata*) و چندساله (*Peganum harmala* و *Alhaji camelorum*) از طریق جذب سریع رطوبت و کاهش یا نقصان سریع عناصر غذایی اثرهای زیانباری بر رویشگاه داشته است. نتایج بدست‌آمده منطبق با نتایج Lacey et al., (1990) می‌باشد. از عوامل دیگر کاهش عملکرد اکوسیستم در نزدیک آبشخور، تردد زیاد دام می‌باشد که با شکسته شدن پوسته‌های سطح خاک، باعث کاهش توانایی تثبیت نیتروژن، افزایش فرسایش بادی و آبی و در نتیجه کاهش پایداری شده است. بنابراین در اثر لگدکوبی دام، پستی و بلندی خاک و در نتیجه نفوذپذیری کاهش می‌یابد. به هر حال، نتایج بدست‌آمده مؤید نتایج عابدی و همکاران (۱۳۸۵) است.

وقتی اکوسیستم هنوز از آستانه عملکرد خود خارج نشده باشد به احتمال زیاد شرایط اکولوژیکی سایت از طریق فعالیت‌های مدیریتی، معرفی گونه‌های حذف شده (*Aeluropus littoralis*، *Pteropyrum aucheri*) و افزایش قدرت رقابتی این گیاهان در مواجهه با یکساله‌ها و خشبی‌ها را ممکن می‌سازد، که در این صورت می‌توان به احیای منطقه تخریب‌یافته امیدوار بود؛ اما زمانی که آستانه عملکردی رخ می‌دهد احیاء عملکرد اکوسیستم با مشکلات زیادی همراه است که بسیار هزینه‌بر و زمان‌بر خواهند بود. از جمله کارهایی که می‌توان انجام داد، توزیع یکنواخت دام در مرتع، احداث آبشخورهای جدید و استفاده متناوب از آبشخورها می‌باشد که باعث کاهش تردد دام و بهبود وضعیت نزدیک آبشخورها می‌شود.

و *Alhaji camelorum*) و همچنین حذف گونه‌های مرغوب (*Aeluropus littoralis*، *Pteropyrum aucheri*) و *Scariola orientalis*) از معرف‌های هشداردهنده برای گذر اکوسیستم منطقه مورد مطالعه، از آستانه ساختاری می‌باشند (خسروی، ۱۳۸۷).

طبق نتایج بدست‌آمده در این تحقیق، مناطقی که از آستانه عملکردی عبور کرده‌اند (G1) با مناطقی که از آستانه عملکردی عبور نکرده‌اند (G2)، از نظر شاخصهای عملکردی متمایز می‌باشند. حفاظت خاک، پوشش گیاهان چندساله، مقدار لاشبرگ، منشأ لاشبرگ، چرخه مواد غذایی، پایداری، نفوذپذیری، پستی و بلندی سطح خاک و مواد رسوب‌گذاری شده مهمترین شاخصهای تفکیک‌کننده این دو منطقه می‌باشند. این شاخصها با G1 رابطه عکس دارند که نشان‌دهنده کاهش آنها در مناطق نزدیک آبشخور (زیرآستانه عملکردی) می‌باشد، اما با G2 رابطه مستقیم دارند که نشان‌دهنده افزایش شاخصها با افزایش فاصله از آبشخور می‌باشد. بنابراین کاهش آنها یک هشدار برای تخریب و گذر اکوسیستم از آستانه عملکردیست.

شدت زیاد چرا در نزدیک آبشخور (Hart et al., 1993) و در نتیجه وقوع آستانه ساختاری را می‌توان از دلایل اصلی کاهش شاخصهای عملکردی دانست، زیرا شدت زیاد چرا با کاهش (*Artemisia siebri* و *Zygophyllum eurypterum*) و حذف (*Pteropyrum*) و *Scariola orientalis* و *Aeluropus littoralis aucheri*) گونه‌های دائمی، درصد تاج پوشش و مقدار و تولید لاشبرگ و چرخه مواد غذایی را کاهش داده است و با افزایش خاک لخت باعث کاهش مواد رسوب‌گذاری شده؛ به طوری که موجب افزایش فرسایش بادی و در نتیجه کاهش پایداری خاک شده است. نتایج بدست‌آمده مؤید

## منابع مورد استفاده

- Briske, D.D., Fuhlendorf, S.D. and Smeins, F.E., 2005. State-and-transition models, thresholds, and rangeland health: a synthesis of ecological concepts and perspectives. *Rangeland Ecology and Management*, 58:1-10.
- Briske, D.D., Fuhlendorf, S.D. and Smeins, F.E., 2006. A unified framework for assessment and application of ecological thresholds. *Rangeland Ecology and Management*, 59: 225-236.
- Brown, J.R., Herrick, J. and Price, E.D., 1999. Managing low-output agroecosystem sustainably: the importance of ecological thresholds. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 1112-1119.
- Chartier, M.P. and Rostagno, C.M., 2006. Soil erosion thresholds and alternative states in Northeastern Patagonian rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 59(6):616-624.
- 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 piosphere data applicable to range assessment. *Australian Rangeland Journal*, 1: 126-136.
- Groffman, P., Baron, J., Blett, T., Gold, A., Goodman, I., Gunderson, L., Levinson, B., Palmer, M., Paerl, H., Peterson, G., Poff, N., Rejeski, D., Reynolds, J., Turner, M., Weathers, K. and Wiens, J., 2006. Ecological thresholds: the key to successful environmental management or an important concept with no practical application? *Ecosystems*, 9:1-13.
- Hart, R.H., Hepworth, K.W., Smith, M.A. and Waggoner, J.W., 1991. Cattle grazing behavior on a foothill elk winter range in southeastern Wyoming. *Journal of Range Management*, 44:262-267.
- Heshmati, G.A., 1997. Plant and soil indicator for detecting zone around water points in arid perennial chenopod shrubland of South Australia. Thesis for degree of Philosophy. University of Adelaide. 169 pp.
- Lacey, J., Husby, P. and Handl, G., 1990. Observation on spotted and diffuse knapweed invasion into ungrazed bunchgrass communities in western Montana. *Rangelands*, 12:30-32.
- Lange, R.T., 1969. The piosphere: sheep track and dung patterns. *Journal of Range Management*, 22:396-400.
- Ludwig, J.A., Wiens, J.A. and Tongway, D.J., 2000. A scaling rule for landscape patches and how it applies to conserving soil resources in savannas. *Ecosystems* 3:84-97. *Management* 55:584-597. Morgan, R.P.C. 1986. Soil erosion and conservation. D.A. Davidson (Ed). Longman Scientific & Technical, Wiley, New York.
- Motulsky, H. and Chritopolous, A., 2003. Fitting model for the development and survival of
- ارزانی، ح.، عابدی، م.، شهریاری، ا. و قربانی، م.، ۱۳۸۶. بررسی تغییرات شاخصهای سطح خاک و ویژگیهای عملکردی مرتع در اثر شدت چرا و شخم مرتع (مطالعه موردی: اورازان طالقان). *مجله تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۱۴(۱): ۶۸-۷۹.
- خسروی مشیزی، ا.، ۱۳۸۷. بررسی تأثیر چرا در فاصله‌های مختلف از آبشخور بر روی شاخصهای خاک و گیاه در مراتع بیلاقی استان کرمان (مطالعه موردی: کوهپنج بردسیر). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- خلیفه‌زاده، ر.، ۱۳۸۳. بررسی تأثیر فاصله از آبشخور بر روی عامل‌های پوشش گیاهی در مراتع زمستانی استان سمنان (مطالعه موردی: مرتع چاقوی شهرستان دامغان). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- عابدی، م.، ارزانی، ح.، شهریاری، ا.، تانگوی، د. و امین‌زاده، م.، ۱۳۸۵. ارزیابی ساختار و عملکرد قطعات گیاهی اکوسیستم مرتع در مناطق خشک و نیمه‌خشک. *مجله محیط‌شناسی*، ۳۲: ۱۱۷-۱۲۶.
- قلیچ‌نیا، ح.، ۱۳۷۵. مفاصله گیاهی مناطق مرجع، کلید و بحرانی پارک ملی گلستان و مراتع همجوار. *فصلنامه پژوهش و سازندگی*، ۳۰: ۷۲-۷۵.
- مصداقی، م.، ۱۳۸۲. مرتع‌داری در ایران. انتشارات آستان قدس، ۳۲۰ ص.
- Akaik, H., 1973. Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. pp267-281 in B.N. Petrov and Csaki, Eds. *Second International Symposium on Information Theory*. Academia Kiado, Budapest.
- Andrew, M.H., 1988. Grazing impact in relation to livestock watering points. *Trends in Ecology and Evolution*, 3: 336-339.
- Archer, S., Schimel, D.C. and Holland, E.A. 1995. Mechanisms of shrubland expansion: land use, climate, or carbon dioxide. *Journal of climate change*, 29: 91-99.
- Bestelmeyer, B.T., Brown, J.R., Havstad, K.M., Alexander, R., Chavez, G. and Herrick, J.E., 2003. Development and use of state-and-transition models for rangelands. *Journal of Range Management*, 56: 114-126.

- function. *African Journal of Range and Forage science*, 21(2):109-113.
- Tongway, D.J., 1995. *Rangeland soil condition assessment manual*. CSIRO. Melbourne,
  - Westoby, M., Walker, B.H. and Noy-Meir. I., 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*. 42:266–274.
  - Wilson, A.D., 1990. The effect of grazing on Australian ecosystems. In: Saunders, D.A., Hopkins, A.J.M. and How, R.A. (Eds), *Australian Ecosystems: 200 years of utilization, degradation and reconstruction*-Proceedings of the Ecological Society of Australia, 16: 235-244. Chipping Norton, Australia: Surrey Beatty and Sons.
  - Hypantria cunea in relation to temperature and humidity. *Mem Entomol Soc Can*, 70:60.
  - Rietkerk, M. and van de Koppel, J., 1997. Alternate stable states and threshold effects in semi-arid grazing systems. *Oikos*, 79:69-76.
  - Stringham, T.K., Krueger, W.C. and Shaver, P.L., 2003. State and transition modeling: an ecological process approach. *Journal of Range Management*, 56: 106–113.
  - Toms, J.D. and Lesperance, M.L., 2003. Piecewise regression: a tool for identifying ecological thresholds. *Journal of Ecology*, 84: 2034–2041.
  - Tongway, D. and Hindly, N., 2004. *Landscape function analysis: a system for monitoring rangeland*

## Introduce of the functional threshold by ecological process changes a long grazing gradient in cold season shrubland of Kerman

Khosravi Mashizi, A.\*<sup>1</sup>, Heshmati, Gh.A.<sup>2</sup>, Sepehri, A.<sup>3</sup> and Azarnivand, H.<sup>4</sup>

1\*- Corresponding Author, Former M.Sc. student in Range Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: Aazam.khosravi@yahoo.com

2- Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

3-Associate Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

4-Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Received: 25.12.2008      Accepted: 03.03.2010

### Abstract

Aim of this study was to introduce of the functional threshold by ecological process changes along grazing gradient to determine destroyed area. In order to prove the existence of a threshold, two linear models and three nonlinear models (exponential curve, a piecewise regression and a sigmoid logistic) were fitted on stability, infiltration and nutrient cycling data. Two nonlinear models (exponential curve and a piecewise regression) provided a much better fit to the data than the linear models. It is the evidence of threshold along grazing gradient. Results also showed that ecosystem function descended near the water point that it needs special attention of the managers. The passing of the structural threshold, increase of invasive vegetation and animal trampling were identified as the main factors in the decline of ecosystem function near the water point and occurrence of functional threshold. According to the results, the recognition of the threshold is suggested for rangeland ecosystem because defining the threshold will help land managers to prevent the occurrence of undesirable states and promote for sustainable management of rangeland ecosystems.

**Key words:** landscape function analysis, threshold, grazing gradient