بررسی اثر تغییر کاربری مرتع به دیم‌زار بر شاخص‌های عملکرد اکوسیستم و فرسایش خاک با استفاده از روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز (LFA)

پرویز کرمی*: *گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه کردستان*
امید امیری: *دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد مرتعداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه کردستان*
حامد جنیدی‌جعفری: *گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه کردستان*

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۲)

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر تغییر کاربری مرتع بر عملکرد اکوسیستم و ویژگی‌های فرسایش‌پذیری خاک با استفاده از روش LFA در مراتع سنندج انجام شد. ابتدا دو چشم‌انداز مرتع دست نخورده و دیم‌زار رها شده‌ی همجوار مشخص شد. براساس روش LFA ، در هر چشم‌انداز سه ترانسکت ۵۰ متری در جهت شیب مستقر و در طول هر ترانسکت، قطعات اکولوژیکی بر اساس فرم رویشی بوته‌ای، گراس، فورب، ترکیبی (ترکیبی از قطعات اکولوژیکی بوته، گراس و فورب) و فضای بین قطعات مشخص شد. از هر قطعه به صورت تصادفی ۵ تکرار تعیین و ۱۱ پارامتر سطح خاک برای هر تکرار اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پارامترها از نرم‌افزار LFA و برای مقایسه‌ی لک‌های اکولوژیکی دو چشم‌انداز، از آزمون T جفتی استفاده شد. نتایج نشان داد در چشم‌انداز مرتع دست نخورده از لحاظ شاخص پایداری، بوته و از لحاظ شاخص چرخه‌ی عناصر و نفوذپذیری، فرم گراس دارای بیشترین مقدار بود، ولی در چشم‌انداز دیم‌زار رها شده از نظر هر سه شاخص، قطعه ترکیب بیشترین مقدار را داشت. مقایسه‌ی شاخص پایداری، نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر غذایی کل نشان داد که مرتع دست نخورده از لحاظ هر سه شاخص بیش از دیم‌زار رها شده‌است؛ به عبارتی، تغییر کاربری باعث کاهش عملکرد اکوسیستم و افزایش پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک شده است. بنابراین برای جلوگیری از کاهش عملکرد اکوسیستم، هدررفت و فرسایش خاک، بایستی بیش از پیش از تبدیل مرتع به دیم‌زار با جدیت بیشتر جلوگیری شود.

واژگان کلیدی: عملکرد اکوسیستم، شاخص‌های گیاهی و خاکی، تغییر کاربری، فرسایش خاک، استان کردستان.

۱- مقدمه

مراتع بخشی از منابع طبیعی تجدید شونده هستند که باعث توسعه‌ی پایدار هر کشور شده و منبع مهم تولیدات دامی و گیاهی است. میان گیاه، خاک و دام واکنش‌هایی وجود دارد که بشر با فعالیت‌های خود بر آنها اثر می‌گذارد. انسان به عنوان بهره‌بردار، در پی افزایش محصولات دامی و گیاهی با ایجاد کمترین فرسایش است (باغستانی، ۱۳۸۱). مراتع، اکوسیستم‌های پویا هستند و تغییرات محیطی باعث ایجاد تغییر در آنها می‌شود؛ از این رو برای بهره‌برداری پایدار باید این تغییرات را شناخت. پایش مرتع با تعیین وضعیت و شرایط آن، امکان قضاوت را در مورد تغییرات ناشی از فعالیت

* نویسنده مسئول: pkaram2002@gmail.com

مدیریتی و اکولوژیکی مرتع و امکان تصمیم‌گیری مناسب درباره‌ی توانایی و قابلیت‌های آنها ایجاد می‌کند (ترنج‌زر و همکاران، ۱۳۸۷).

روش‌های ارزیابی و پایش اکوسیستم‌ها سابقه‌ای طولانی دارد و بر اساس تغییرات پوشش‌گیاهی طبق نظریه‌ی تک اوجی (Clements, 1916) بوده‌است (Dyksterhuis, 1949). بسیاری از ارزیابی‌های اکوسیستم مرتعی جنبه‌ی مدیریتی دارد و از هدف بهره‌برداری بهتر از کالاهای تولیدی اکوسیستم پیروی می‌کند که ساختار اکوسیستم را در درجه‌ی اول اهمیت قرار می‌دهد. در چند دهه‌ی گذشته هدف از روش‌های ارزیابی و پایش بهره‌برداری بهینه از خدمات پایدار منابع طبیعی و عملکرد اکوسیستم، جانشین ساختار اکوسیستم شده‌است (لطفی‌اناری و حشمتی، ۱۳۹۰).

Tongway و Hindley (2004) روش تجزیه و تحلیل عملکرد چشم‌انداز (LFA[1]) را برای بررسی عملکرد اکوسیستم ارائه کردند. در روش جدید برای مشخص کردن عملکرد چشم‌انداز، خاک به عنوان مهم‌ترین عنصر اساسی در اکوسیستم‌های مرتعی قابل‌توجه قرار می‌گیرد؛ زیرا با بررسی تغییر شاخص‌های سطح خاک، می‌توان وضعیت اکوسیستم را مشخص کرد و این امکان را به کارشناس داد تا در مورد تغییرات به‌دست آمده از فعالیت‌های مدیریتی و اکولوژیکی مرتع قضاوت کند (Bestelmeyer et al, 2006). در این روش برای ارزیابی سه ویژگی عملکردی شامل پایداری، نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر، از ۱۱ شاخص سطح خاک استفاده شده‌است. این شاخص‌ها عبارتند از: پوشش سطح زمین (میزان حفاظت از سطح خاک)، پوشش تاجی، یقه گیاهان چند ساله، پوشش لاشبرگ و درجه‌ی تجزیه-شدگی، پوشش نهانزاد، خردشدگی سله‌ها، نوع و شدت فرسایش، مواد رسوب‌گذاری شده، پستی و بلندی سطح خاک، مقاومت سطح خاک نسبت به فرسایش و آزمون پایداری خاک و بافت آن است. این شاخص‌ها می‌توانند با بیش از یک ویژگی عملکردی اکوسیستم در ارتباط باشند. مشخصه‌های سطح خاک به طور مستقیم بر شاخص‌های مرتع تأثیر می‌گذارند و نوع گونه و فرم رویشی این مشخصه‌ها را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. در این روش، اندازه‌گیری شاخص‌های سطح خاک در داخل قطعه نمونه انجام می‌شود و منظور از قطعه نمونه یا لکه اکولوژیک[2]، سطحی است که منابع انتقال یافته در آن تجمع یافته و می‌تواند شامل یک پایه گیاه منفرد، گروهی از گیاهان، چمنزار، تخته سنگ و هر مانعی باشد که بتواند منابع را نگهداری کند. این قطعات از لحاظ نوع، ترکیب، عملکرد و ابعاد تفاوت دارند و در تفسیر اثرات فعالیت‌های مدیریتی استفاده می‌شوند (Tongway and Hindley, 2004).

اهمیت شاخص‌های سطح خاک توسط محققان مختلفی بیان شده‌است؛ به طوری که می‌توان به ارتباط زیاد پوشش یقه با پراکنده و منقطع کردن جریان آب (Gutierrez and Hernandez, 1996)، اهمیت اندازه‌ی تاج پوشش گیاهی به عنوان شاخصی از توزیع منابع خاک (Schlesinger et al, 1995)، تأثیر ترکیب گیاهی در تغییرات کربن الی (et al, Connin 1997)، ظرفیت نفوذپذیری خاک (Reid et al, 1999)، تأثیر خاک لخت بر توان بالقوه‌ی فرسایش (Smith and Wischmeier, 1962) و اهمیت پوشش کریپتوگام در تثبیت سطح خاک (Belnap and Gillette, 1998) اشاره کرد.

[1] Landscape Function Analysis

[2] Ecological Patch

روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز (LFA)، روش پایش با شاخص‌های کمی است که در دامنه‌ای از اقلیم‌های مختلف از مناطق خشک (با بارش سالانه ۱۵۰ میلی‌متر) در استرالیا تا جنگل‌های بارانی مجاور استوا در اندونزی (با بارش ۴۰۰۰ میلی‌متر)، در انواع کاربری از بهره‌برداری سنتی مراتع تا مراتعی که قبلاً در آنها کاربری معدنی وجود داشته و در اکوسیستم‌هایی به منظور حفاظت از تنوع زیستی نیز به‌کار رفته‌است (حشمتی و همکاران، ۱۳۸۴).

در زمینه‌ی بررسی اثر مدیریت‌های مختلف بر عملکرد اکوسیستم‌های مرتعی در کشور، مطالعاتی انجام شده‌است که به نمونه‌هایی از آنها اشاره می‌شود. ارزانی و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از روش LFA، به بررسی تغییرات شاخص‌های سطح خاک و ویژگی‌های عملکردی مرتع در اثر شدت چرا و شخم مرتع پرداختند و دریافتند که در اثر چرا و شخم ویژگی‌های عملکردی مرتع تغییر کرده‌است. طویلی (۱۳۸۳) به منظور مقایسه‌ی عملکرد اکوسیستم مرتعی در مناطق دارای خزه و گلسنگ با مناطق فاقد آن، از روش LFA استفاده کرد. ارزانی و عابدی (۱۳۸۵) تأثیر فعالیت‌های مدیریتی را بر ویژگی‌های سلامت مرتع در دو منطقه‌ی خشک (زرند ساوه) و نیمه خشک (اورازان طالقان) با استفاده از روش LFA ارزیابی کرد. Rezaei و Tongway (2005) با استفاده از اطلاعات خاک و پوشش‌گیاهی موجود در مراتع نیمه بایر منطقه‌ی لار، شاخص‌های کارکرد زمین شامل شاخص‌های پایداری، چرخه‌ی عناصر غذایی، نفوذپذیری و سازمان-یافتگی اکوسیستم را با استفاده از ترکیب مختلفی از ویژگی‌های سطح خاک مشخص کردند. جعفری و همکاران (۱۳۹۳) از روش تحلیل عملکرد چشم‌انداز، برای مقایسه‌ی ویژگی‌های ساختاری و عملکردی چشم‌انداز در وضعیت‌های مختلف اکوسیستم‌های مرتعی استفاده کردند. جوادی و همکاران (۱۳۹۴) برای بررسی اثر بلند مدت قرق بر خاک اکوسیستم و رحیمی‌بالکانلو و همکاران (۱۳۹۵) از روش تحلیل عملکرد چشم انداز برای سنجش و مقایسه‌ی بوشناختی در مراتع خشک استفاده کردند.

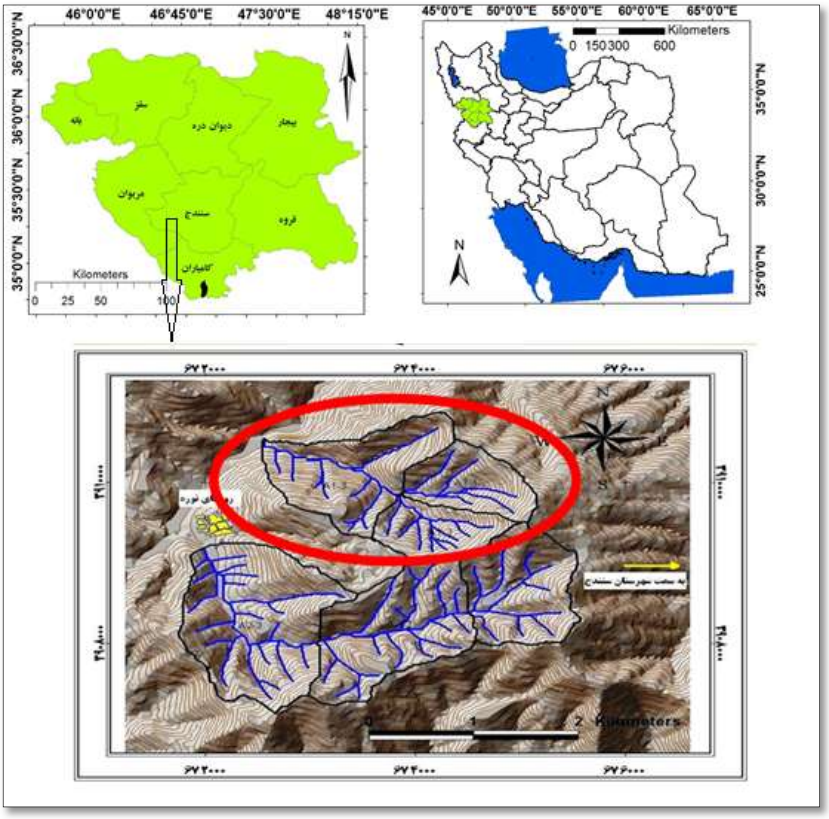
با توجه به تغییر کاربری وسیع مراتع استان کردستان به دیم‌دایر و رها شده، ارزیابی عملکرد اکوسیستم بر اثر تغییر کاربری با استفاده از روش‌های نوین ارزیابی ضروری و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از سوی دیگر، روش (LFA) یکی از روش‌های مهم در ارزیابی عملکرد اکوسیستم است که با توجه به سادگی و کم هزینه بودن این روش (یاری و همکاران، ۱۳۹۰)، استفاده از آن رو به افزایش است و تا به حال در استان کردستان کمتر استفاده شده‌است؛ از این رو این تحقیق با هدف ارزیابی اثر تبدیل مرتع به دیم‌زار و تغییر کاربری آن بر عملکرد اکوسیستم، در مراتع منطقه‌ی نوره در حومه‌ی سنندج انجام شد تا نتایج حاصل شده در برنامه‌ها و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی استفاده شود.

۲- مواد و روش

۲- ۱- منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در اراضی منطقه‌ی نوره در شمال غربی شهر سنندج در استان کردستان با مختصات جغرافیایی ۴۶ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۵۶ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی انجام شده‌است (شکل شماره ۱). براساس آمار ۴۵ ساله‌ی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سنندج، میانگین بارش سالانه در این منطقه ۴۵۸ میلی‌متر است که حداقل بارش ۰/۵ میلی‌متر در ماه مرداد و حداکثر بارش ۷۸ میلی‌متر در ماه اسفند رخ داده‌است. حداقل و حداکثر دما به ترتیب در دی‌ماه و تیر ماه، ۵- و ۳۶ درجه‌ی سانتی‌گراد و متوسط دمای سالانه ۱۴/۱۵ درجه‌ی سانتی-گراد گزارش شده‌است. بیشترین ارتفاع منطقه ۲۴۰۰ متر و کمترین ارتفاع ۱۸۳۰ متر بوده و بیش از نیمی از منطقه دارای

شیب بیش از ۳۰ درصد، همچنین بیشترین شیب منطقه ۶۰ درصد و کمترین آن ۲ درصد است. براساس مثلث خاک، بافت خاک منطقه لوسی لومی است. این منطقه دارای پوشش گیاهی بوته - علفزار با غالبیت گونه‌های *Astragalus pycnocephalus* و *Bromu tomentellus* است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

۲-۲- روش نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

براساس بازدیدهای صحرایی، ابتدا منطقه به دو چشم‌انداز مرتع دست نخورده و دیم‌زار رها شده تفکیک شد. بر اساس روش LFA ، در هر چشم‌انداز سه ترانسکت ۵۰ متری در جهت شیب به فواصل ۱۰ متری قرار گرفت. در طول هر ترانسکت طول و عرض قطعات که شامل قطعه بوته‌ای، علف گندمی (گراس)، فورب (پهن برگ)، ترکیب (ترکیبی از قطعات بیولوژیکی) و فضای بین قطعات (خاک لخت) ثبت شد. برای هرکدام از قطعات و فضای بین آنها، ۵ تکرار تعیین و برای هر تکرار، پارامترهای ۱۱ گانه‌ی سطح خاک (حفاظت در برابر فرسایش پاشمانی، پوشش گیاهان چندساله، لاشبرگ، پوشش نهانزادان، شکستگی پوسته، نوع و شدت فرسایش، مواد رسوبی، ناهمواری سطح خاک، مقاومت به تخریب، آزمایش پایداری در برابر رطوب و بافت) ارزیابی شد. امتیازدهی پارامترهای سطح خاک در هر قطعه‌ی اکولوژیک و فضای بین قطعات، براساس دستورالعمل روش LFA صورت گرفت (Tongway and , 2004 Hindley).

جدول ۱: ارتباط ویژگی‌های یازده‌گانه با شاخص‌های پایداری، نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر غذایی (Tongway and Hindley, 2004).

ویژگی‌های یازده گانه	**شاخص پایداری**	**شاخص نفوذپذیری**	**شاخص چرخه‌ی عناصر غذایی**	**توضیحات و هدف از ارزیابی (تعداد طبقات)**
پوشش سطح خاک	❋			ارزیابی میزان حفاظت از خاک و استحکام لایه سطحی در برابر قطرات باران و فشار سم دام (لطفی‌اناری و حشمتی، ۱۳۹۰)
پوشش گیاهان چند ساله		❋	❋	هدف، تخمین پوشش گیاهان چند ساله شامل پوشش یقه‌گندمیان چند ساله یا تراکم تاج پوشش درختان و بوته‌ای‌ها بوده‌است (Dyksterhuis, 1949)
لاشبرگ: الف: مقدار ب منشأ و مقدار تجزیه	❋	❋	❋	شامل بقایای قابل تبدیل به هوموس، محلی و انتقالی بودن آنها و درجه‌ی آمیختگی، ارزیابی پوششی که مانع از اثر تخریبی قطرات باران می‌شود (Connin et al, 1997)
پوشش کریپتوگام (نهانزادان)	❋		❋	تعیین و ارزیابی پوشش قارچ، جلبک، گلسنگ و خزه در طول ترانسکت (Dyksterhuis, 1949)
شکستگی پوسته خاک	❋			هدف، ارزیابی میزان شکستگی پوسته سطحی خاک و مقدار هدررفت مواد چسبیده به خاک از طریق فرسایش است (همان)
نوع و شدت فرسایش	❋			تعیین نوع فرسایش (شیار، خندق، فرسایش ورقه‌ای، ستون فرسایشی) و میزان هدر رفت خاک (همان)
مواد رسوبی	❋			میزان مواد فرسایش‌یافته از یک نقطه و رسوب در نقطه دیگر، هدف ارزیابی ماهیت و مقدار مواد انتقال یافته و رسوب‌گذاری شده (همان)
ناهمواری سطح خاک		❋	❋	هدف، ارزیابی ناهمواری‌های سطح خاک از نظر ظرفیت آن‌ها برای جذب و نگهداری منابع متحرک نظیر آب، بذر، مواد سطح خاک و مواد آلی است (لطفی‌اناری و حشمتی، ۱۳۹۰)
طبیعت سطح خاک	❋	❋		هدف، ارزیابی میزان سهولت تخریب خاک (منظور خاک خشک است نه مرطوب) به طور میکانیکی است (همان)
آزمایش پایداری خاک در برابر رطوبت	❋	❋		تعیین میزان دوام و پایداری خاکدانه‌ها در آب (Dyksterhuis, 1949)
بافت خاک		❋		تعیین بافت خاک تا عمق ۵ سانتی‌متری از طریق لمس کردن به منظور تعیین میزان نفوذپذیری (همان)

برای ارزیابی سه ویژگی عملکردی شامل پایداری، نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر و محاسبه‌ی ۱۱ شاخص سطح خاک، از دستورالعمل LFA و نرم‌افزار LFA ـ که در محیط اکسل طراحی شده‌است ـ استفاده شد. برای مقایسه‌ی میانگین ویژگی‌های عملکردی در دو چشم‌انداز مرتع و دیم‌زار رها شده از آزمون تی در نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد (مصداقی و عبادی، ۱۳۸۹ ؛ Tongway and Hindley, 2004). در جدول ۱ درباره‌ی شاخص‌های سطحی خاک، تعداد

طبقات و ارتباط هر یک از آنها با ویژگی‌های عملکردی پایداری، نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر، توضیح مختصری ذکر شده‌است (Tongway and Hindley, 2004).

۳- یافته‌ها (نتایج)

در بررسی خصوصیات کمی و شاخص‌های قطعات اکولوژیکی در دو چشم‌انداز مرتع دست نخورده و دیم‌زار رها شده، مشخص شد که در چشم‌انداز مرتع دست نخورده، فرم گراس به صورت مستقل وجود دارد؛ در حالی که در چشم-انداز دیم‌زار رها شده، گراس فقط به صورت ترکیبی (ترکیبی از بوته، گراس و فورب) یافت می‌شود. در مرتع دست نخورده، بیشترین میانگین طول قطعه‌ها مربوط به قطعه‌ی بوته بود که تقریباً ۲ برابر قطعه‌ی ترکیبی و گراس (۰/۶۰ متر در برابر ۰/۲۶ متر) و ۵ برابر قطعه‌ی فورب (۰/۶۰ متر در برابر۰/۱۲ متر) است؛ اما در دیم‌زار رها شده، قطعه‌ی ترکیب بیشترین میانگین طول را به خود اختصاص داده بود. میانگین طول قطعه‌ی ترکیبی،۳ برابر قطعه‌ی فورب (۰/۹۱ متر در برابر ۳۰ متر) و تقریباً ۵ برابر قطعه بوته‌ای (۰/۹۱ متر در برابر ۰/۱۸ متر) بوده‌است. قطعه‌ی خاک لخت نیز در هر دو چشم‌انداز بیشترین درصد را به خود اختصاص داده بود و در چشم‌انداز دیم‌زار رها شده (۸۹/۳) تقریباً دو برابر چشم‌انداز مرتع دست نخورده (۴۶/۳۴) بوده‌است (جدول ۲).

جدول ۲: میانگین خصوصیات کمی و شاخص‌های قطعات اکولوژیکی در دو چشم‌انداز

چشم‌انداز	قطعه	تعداد	میانگین طول (m)	درصد طول	شاخص سطح قطعات
مرتع دست نخورده	گراس	۱۷	۰/۲۶	۵/۵۸	۰/۰۴۷
	فورب	۲۱	۰/۱۲	۳/۲۸	
	بوته	۱۰	۰/۶۰	۴۱/۰۷	
	ترکیب	۵۲	۰/۲۶	۳/۴۷	
	خاک	۱۰۰	۰/۳۵	۴۶/۳۴	
دیم‌زار رها شده	فورب	۱۶	۰/۳۰	۰/۶۰	۰/۰۲۸
	بوته	۳	۰/۱۸	۰/۳۷	
	ترکیب	۳	۰/۹۱	۹/۷۳	
	خاک	۲۲	۶/۰۹	۸۹/۳۰	

۳- ۱- خصوصیات خاک

نتایج ارزیابی فاکتورهای یازده‌گانه‌ی سطح خاک برای شاخص‌های پایداری، چرخه‌ی عناصر غذایی و نفوذپذیری در دو چشم‌انداز مرتع دست‌نخورده و دیم‌زار رها شده (جدول ۳)، نشان داد که در چشم‌انداز مرتع دست‌نخورده از نظر شاخص پایداری، قطعه‌ی اکولوژیک بوته و در چشم‌انداز دیم‌زار رها شده، قطعه‌ی ترکیبی بیشترین پایداری را داشته‌اند. قطعه‌ی ترکیبی در دیم‌زار رها شده و قطعه‌ی بوته در چشم‌انداز مرتع دست‌نخورده، از نظر شاخص پایداری با سایر قطعات اکولوژیکی و فضای بین قطعات (خاک لخت) دارای اختلاف معنی‌داری بوده‌اند ($p<۰/۰۵$) (جدول ۲).

از نظر شاخص نفوذپذیری، در مرتع دست نخورده و دیم‌زار رها شده به ترتیب قطعه‌ی گراس و قطعه‌ی ترکیبی بیشترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). در مرتع دست نخورده، قطعه‌ی اکولوژیکی گراس از لحاظ این شاخص با سایر قطعات به غیر از قطعه‌ی ترکیبی و بوته، دارای اختلاف معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بوده‌است. همچنین در دیم‌زار رها شده، اختلاف شاخص نفوذپذیری قطعه‌ی ترکیبی با سایر قطعات اکولوژیکی و خاک لخت معنی‌دار بوده‌است ($p<۰/۰۵$) (جدول ۲).

از نظر شاخص چرخه‌ی عناصر غذایی در چشم‌انداز مرتع دست نخورده، قطعه‌ی گراس بیشترین مقدار این شاخص را داشته‌است (جدول ۳). اختلاف شاخص چرخه‌ی عناصر غذایی بین قطعه‌ی گراس و سایر قطعات، نشان می‌دهد تنها اختلاف گراس با قطعات بوته و ترکیبی معنی‌دار نبوده‌است ($p>۰/۰۵$). قطعه‌ی ترکیبی در چشم‌انداز دیم‌زار رها شده، بیشترین مقدار شاخص چرخه‌ی عناصر غذایی را به خود اختصاص داده بود (جدول ۳). شاخص چرخه‌ی عناصر غذایی قطعه‌ی ترکیب با قطعه‌ی بوته فاقد اختلاف معنی‌دار ($p>۰/۰۵$) است، ولی با سایر قطعات اختلاف معنی‌داری دارد (جدول ۲).

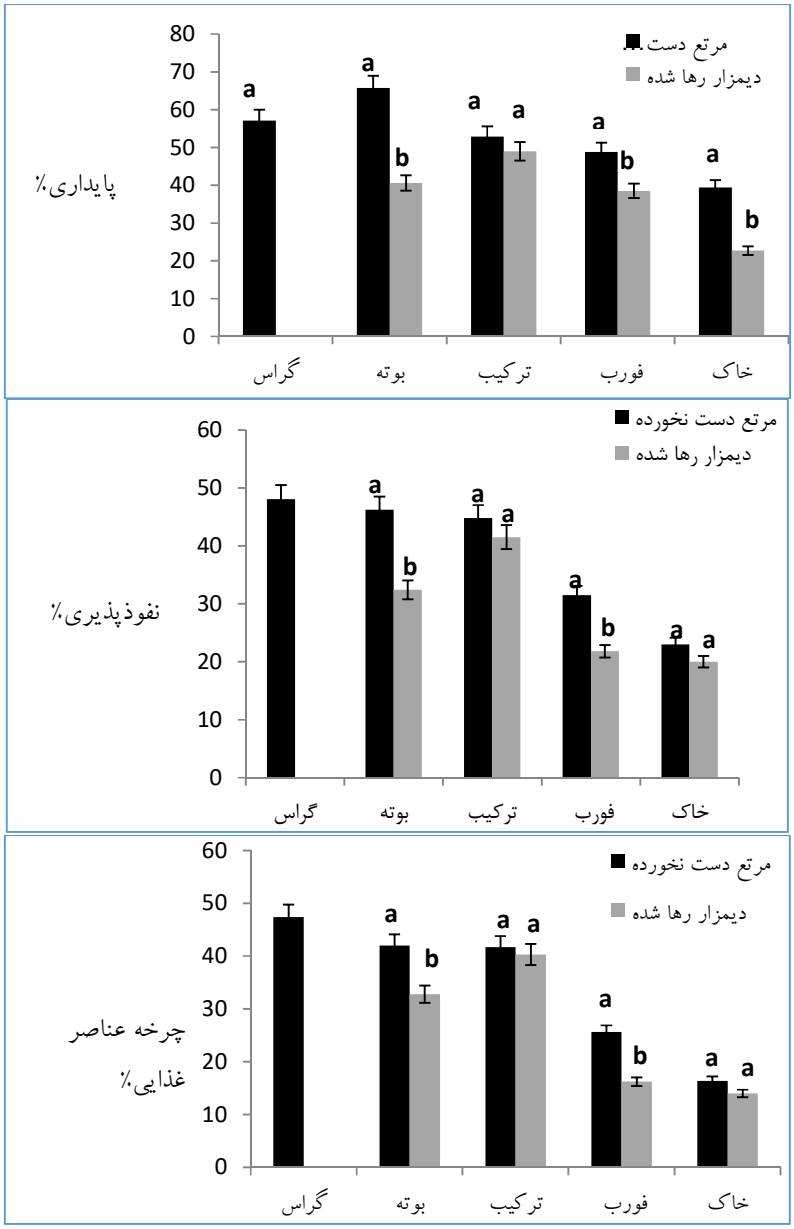
جدول ۳: نتایج ارزیابی شاخص‌های سطح خاک برای هر یک از قطعات اکولوژیکی بدون در نظر گرفتن سطح و تعداد قطعات در دو چشم‌انداز مرتع دست نخورده و دیم‌زار رها شده منطقه نوره*

چشم‌انداز	قطعه	پایداری (٪)	نفوذپذیری (٪)	چرخه‌ی عناصر (٪)
مرتع دست‌نخورده	گراس	۵۷/۲±۱/۳^{b}	۴۸/۲±۱/۵^{a}	۴۷/۳±۴/۱^{a}
	فورب	۴۸/۱±۸/۶^{dc}	۳۱/۳±۵/۱^{d}	۲۵/۴±۶/۵^{d}
	بوته	۶۵/۲±۷/۴^{a}	۴۶/۱±۲/۴^{ab}	۲±۴۲/۱^{ab}
	ترکیب	۵۲/۱±۹/۷^{cb}	۴۴/۳±۸/۵^{abc}	۴۱/۳±۷/۶^{abc}
	خاک	۳۹/۲±۴/۷e	۲±۲۳/۳^{e}	۱۶/۲±۴/۹^{e}
دیم‌زار رهاشده	فورب	۳۸/۱±۵^{bc}	۲۱/۱±۸/۱^{c}	۱۶/۱±۲/۵^{c}
	بوته	۴۰/۲±۶/۳^{b}	۳۲/۱±۴/۶^{b}	۳۲/۲±۸/۱^{ab}
	ترکیب	۳±۴۹/۱^{a}	۴۱/۱±۵/۲^{a}	۴۰/۲±۳/۳^{a}
	خاک	۲۲/۰±۷/۸^{d}	۱±۲۰/۸^{cd}	۱±۱۴/۸^{cd}

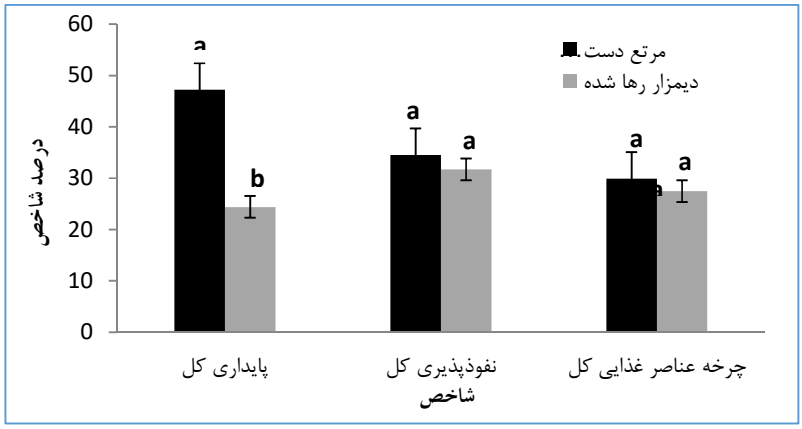
*حروف مشابه نشان دهنده‌ی فقدان اختلاف معنی‌دار است.

مقایسه‌ی لکه‌های اکولوژیکی و فضای بین‌لکه‌ای (خاک لخت) در چشم‌انداز مرتع دست نخورده با چشم‌انداز دیم-زار رها شده، نشان داد که قطعه‌ی بوته، گراس و فورب از لحاظ شاخص پایداری، نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر غذایی دارای اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$)، ولی قطعه‌ی ترکیبی از نظر این سه شاخص فاقد اختلاف معنی‌دار بوده‌است ($p>۰/۰۵$). همچنین قطعه‌ی خاک لخت فقط در مقایسه‌ی شاخص پایداری، بین دو چشم‌انداز اختلاف معنی‌داری داشته‌است (شکل ۲). مقایسه‌ی شاخص پایداری، نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر غذایی کل مربوط به دو چشم‌انداز نشان

داد شاخص پایداری، چرخه‌ی عناصر غذایی و شاخص نفوذپذیری کل، در مرتع دست نخورده بیش از دیم‌زار رها شده است، ولی بین سه شاخص ذکر شده در دو چشم‌انداز تنها در شاخص پایداری کل اختلاف معنی‌داری وجود داشته‌است ($p<0/05$) (شکل ۳).



شکل ۲: نتایج ارزیابی مقایسه شاخص‌های سطح خاک برای هریک از قطعات اکولوژیکی بدون در نظر گرفتن سطح و تعداد قطعات در دو چشم‌انداز مرتع دست نخورده و دیم‌زار رها شده منطقه نوره (حروف مشابه نشان دهنده‌ی فقدان اختلاف معنی‌دار است).



شکل ۳: درصد شاخص پایداری، نفوذپذیری و چرخه عناصر غذایی کل با در نظر گرفتن سطح و تعداد قطعات اکولوژیکی برای چشم‌انداز مرتع دست نخورده و دیم‌زار رها شده منطقه نوره (حروف مشابه نشان دهنده‌ی فقدان اختلاف معنی‌دار است).

۴- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج ارزیابی فاکتورهای یازده‌گانه‌ی سطح خاک برای شاخص‌های پایداری، چرخه‌ی عناصر غذایی و نفوذپذیری در دو چشم‌انداز مرتع دست نخورده و دیم‌زار رها شده نشان داد از لحاظ شاخص پایداری در چشم‌انداز مرتع دست نخورده، قطعه‌ی اکولوژیکی بوته بیشترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص داده بود. علت این امر را می‌توان به این نسبت داد که قطعه‌ی بوته بیشترین میانگین طول را نسبت به سایر قطعات اکولوژیکی موجود در چشم‌انداز مرتع دست نخورده داشته‌است (۰/۶۰ متر).

Bestlemeyer و همکاران (2006) عنوان کردند لکه‌ها با فرم‌های رویشی مختلف به دلیل اختلاف ساختاری، بر شاخص‌های سطح خاک اثر متفاوتی دارند؛ به طوری که گیاهان با ابعاد بزرگتر اثر بیشتری در پایداری خاک دارند. نتایج به دست آمده در زمینه‌ی ویژگی‌های سطح خاک برای فرم‌های مختلف این موضوع را تأیید می‌کند. فرم بوته بیشترین شاخص پایداری را در چشم‌انداز مرتع دست نخورده داشته که علت آن مربوط به فرم تاج پوشش گسترده، سیستم ریشه عمیق، گسترده و قوی و ارتفاع نسبتا، کم بوته‌ها بوده‌است. Mcintyr و همکاران (2003) در تحقیق خود بیان کردند که بوته‌ها و درختان با داشتن ریشه‌ی قوی، تاج گسترده و تولید لاشبرگ باعث افزایش پایدار خاک می‌شوند. همچنین جعفری و همکاران (۱۳۸۷)، نجفیان و همکاران (۱۳۸۹) و مصداقی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعات خود به نتایج مشابهی دست یافتند.

در چشم‌انداز مرتع دست نخورده، شاخص نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر غذایی در لکه‌های اکولوژیکی گراس بیش از سایر لکه‌ها و فضای بین لکه‌ای بوده‌است. لکه‌ی اکولوژیکی گراس از نظر عناصر غذایی و نفوذپذیری با لکه‌ی بوته و لکه‌ی اکولوژیکی ترکیبی، فاقد اختلاف معنی‌دار بوده‌است که دلیل آن را می‌توان به تعداد زیاد لکه‌های ترکیبی (۵۲ پایه) و مقدار میانگین طول لکه اکولوژیکی بوته (۰/۶۰ متر) نسبت داد. سرعت تجزیه‌پذیری و نفوذ مواد آلی به خاک در گراس‌ها بیشتر است. گونه‌های علفی برعکس بوته‌ای با داشتن برگ‌ها و ساقه‌های نازک و لطیف، همچنین ریشه‌های کم دوام و کوته عمر در مدت کوتاهی پوسیده شده و به افزایش لاشبرگ، مواد آلی خاک و نفوذپذیری خاک اطرافشان منجر می‌شود (ثابتی، ۱۳۶۴).

این یافته‌ها با نتایج مطالعات نجفیان و همکاران (۱۳۸۹)، Rauzi (1975) و Palmer و همکاران (2001) در خصوص نقش بیشتر گراس در شاخص نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر غذایی مطابقت دارد.

در چشم‌انداز دیم‌زار رها شده، قطعه‌ی اکولوژیکی ترکیبی از نظر شاخص پایداری، نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر غذایی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده بود. مصداقی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در مطالعات خود درباره‌ی اثر فرم-های رویشی مختلف بر ویژگی‌های سطح خاک بیان کردند که حضور گونه‌های ترکیب باعث افزایش شاخه و برگ بیشتر در واحد سطح شده که در نتیجه‌ی آن، فرصت تجزیه‌ی بقایای گیاهی فراهم شده‌است و سبب افزایش سه شاخص مورد بررسی می‌شود که نتایج به دست آمده در این خصوص را تأیید می‌کند. حشمتی و همکاران (۱۳۸۴) نیز در مطالعه خود بیان کردند که قطعات ترکیبی باعث ادغام ویژگی‌های فرم‌های مختلف می‌شود، در نتیجه تاج پوشش، لاشبرگ و حجم ریشه‌ها را افزایش می‌دهد و باعث پایداری و نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر غذایی می‌شود. همچنین نتایج مطالعات Tongway و Hindle (2004) و جعفری و همکاران (۱۳۹۳) مبنی بر نقش بیشتر قطعات ترکیبی بر شاخص‌های خاک با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

شاخص پایداری کل در چشم‌انداز مرتع دست نخورده (۴۷/۲ درصد) بیش از چشم‌انداز دیم‌زار رهاشده (۲۴/۴ درصد) بوده و اختلاف آنها با یکدیگر معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) است. با توجه به تنوع قطعات اکولوژیکی (۴ نوع در مرتع دست نخورده، ۳ نوع در دیم‌زار رها شده) و تعداد آنها ــ که در مرتع دست نخورده بیش از دیم‌زار رها شده بود ــ همچنین الگوی نامنظم و منقطع جریان آب در مرتع دست نخورده؛ یعنی وجود فضای بین لکه‌ای کوچک و جدا از هم؛ از این رو شاخص پایداری در مرتع دست نخورده بیش از دیم‌زار رها شده بود که با نتایج تحقیقات ارزانی و همکاران (۱۳۸۶)، مصداقی و قبادی (۱۳۸۹)، محتشم‌نیا (۱۳۹۰) و Gutierrez و Hernandez (1996) مطابق است. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که تعداد فضای بین قطعات اکولوژیکی در مرتع دست نخورده ۱۰۰ با میانگین ۰/۳۵ متر و در دیم‌زار رها شده ۲۲ با میانگین طول ۶/۰۹ متر بود که با یافته‌های Gould (1982) و مهدوی و همکاران (۱۳۸۶) مبنی بر رابطه‌ی معکوس میان تعداد و طول فضای بین قطعات و شاخص پایداری مطابقت دارد.

شاخص نفوذپذیری کل در چشم‌انداز مرتع دست نخورده (۳۴/۵ درصد) بیش از شاخص نفوذپذیری کل چشم‌انداز دیم‌زار رها شده (۳۱/۶ درصد) بود. همچنین شاخص چرخه‌ی عناصر غذایی کل در چشم‌انداز مرتع دست نخورده (۲۹/۸ درصد) بیش از چشم‌انداز دیم‌زار رهاشده (۲۷/۲ درصد) بوده؛ در حالی که از نظر شاخص نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر غذایی، فاقد اختلاف معنی‌داری ($p>۰/۰۵$) بین این دو چشم‌انداز بوده‌است. محتشم‌نیا (۱۳۹۰) به بررسی شاخص‌های سطحی خاک و ویژگی‌های عملکردی مرتع ییلاق پور پرداخت و بیان کرد حضور پوشش متراکم گونه‌های یک‌ساله در فضای بین قطعات و در زیر تاج پوشش قطعات اکولوژیکی موجود، همچنین پستی و بلندی‌های بجا مانده از شخم اراضی در گذشته، باعث افزایش نفوذپذیری و چرخه‌ی عناصر غذایی در چشم‌انداز دیم‌زار رها شده بوده که این امر مشابه یافته‌های سنگدل (۱۳۸۰)، ارزانی و همکاران (۱۳۸۶) و Hrbel و همکاران (1972) است.

در کل، دو چشم‌انداز بسته به عوامل محیطی و فرم‌های رویشی مختلف عملکرد متفاوتی داشته‌اند. حضور قطعات اکولوژیکی مستقل گراس در مرتع دست نخورده (معرف اکولوژیکی مرتع دست نخورده) و حضور تعداد کم لکه‌های اکولوژیکی (۳ قطعه) ترکیبی و بوته‌ای در دیم‌زار رهاشده (معرف اکولوژیکی این دامنه) ناشی از تفاوت عملکرد این

چشم‌اندازها است. چشم‌انداز مرتع دست‌نخورده دارای بیشترین عملکرد و دیم‌زار رها شده دارای کم‌ترین عملکرد است. همچنین می‌توان بیان کرد که LFA روشی ساده و سریع برای ارزیابی عملکرد اکوسیستم‌های مرتعی به شمار می‌رود که ضمن صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ی تصمیم‌سازی در خصوص پروژه‌های مدیریتی، به کاهش ریسک هر گونه عملیات اجرایی در سطح اکوسیستم‌های طبیعی منجر خواهد شد.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان اظهار داشت که تغییر کاربری مرتع به دیم‌زار باعث کاهش شاخص پایداری اکوسیستم شده و در نتیجه زمینه را برای فرسایش بیشتر خاک فراهم کرده‌است؛ لذا بایستی بیش از پیش از تبدیل شدن مرتع به دیم‌زار به صورت جدی جلوگیری کرد.

References

1- Baghestani N. Study of goat grazing intensity on vegetation. (Case study: steppe rangelands of Yazd), PhD thesis. University of Tehran, 2002.
2- Torangzar H, Abedi, M, Ahmai A, Ahmadi Z. Assessment of rangeland condition (Health) in Meyghan Desert of Arak. J. of Rangeland. 2008. 3: 271-259.
3- Clements F.E. Plant succession: An analysis of the development to vegetation. Carnegie Inst. Wash. Pub. 1916.
4- Dyksterhuis E. Condition and management of rangeland based on quantitative ecology. J. Range manage. 1949. 104- 115.
5- Lotfi Anari P, Heshmati G.A. Verification of soil surface indices evaluation using LFA (Case Study: Mazrae Amin rangeland, Yazd province), J. of Rangeland. 2008. 5(3): 302-312.
6- Tongway D, Hindley N. Landscape function analysis: procedures for monitoring and assessing landscapes with special reference to mine sites and rangelands, Version 3.1. Published on CD by CSIRO sustainable ecosystems, Canberra, Australia. 2004.
7- Bestelmeyer B, Ward J, Herrick J, Tugel, A. Fragmentation effects on soil aggregate stability in patchy arid grassland. Rangeland Ecol Manage. 2006. 59. 406.
8- Gutierrez J, Hernandez I.I. Runoff and interrill erosion as affected by grass cover in a semi-arid rangeland of northern Mexico. J. Arid Environ. 1996 (34):287–295.
9- Schlesinger W.H, Reynolds J.R, Cunningham G.L, Huenneke L.F, Jarrell W.M, R.A SRM Task Group. (Society for Range Management Task Groups on Unity in Concept and Terminology Committee, Society for Range Management). 1995. New concepts for assessment of rangeland condition. j. range manage. 48: 271- 282.
10- Connin S.L, Virginia A, Chamberlain P. Carbon and isotopes reveal soil organic matter dynamics following arid land. Oecologia. 1997. 110:374–386.
11- Reid K.D, Wilcox B.P, Breshears D.D, MacDonald L. Runoff and erosion in a pinon–juniper woodland: Influence of vegetation patches. Soil Sci. Soc. Am. J. 1999. 63:1869–1879.
12- Smith, D.D, Wischmeier W.H. Rainfall erosion. Adv. Agron. 1962. 14:109–148.
13- Belnap, J, Gillette D.A. Vulnerability of desert biological crusts to wind erosion: the influences of crust development, soil texture and disturbance. J. Arid Environ. 1998. 39:133–142.

14- Heshmati Gh.A, Karimian A.A, Karami P, Amikhani M. Qualitative assessment of hilly range ecosystems potential at Inche-boron area of Golestan province, Iran, J.Agri. Sci. Natur. Resour. 2007. Vol. 14 (1): 174-182.
15- Arzani H, Abedi M, Shahriari E, Ghorbani M. Inves tigation of soil s urface indicators and rangeland functional attributes by grazing and land cultivation (cas e s tudy: O razan-T aleghan). Journal of Iranian range and desert research. 2007. 14: 68-79
16- Tavili, A. Effect of some species of mosses and lichens on soil properties and vegetation. PhD thesis, University of Tehran, 2004.
17- Arzani H, Abedi M. Investigation of effect management on variation rangeland health and determine index. Research of Range and Desert Journal. 2004. 13(2): 145-161.
18- Rezaei S. A, Tongway D. J. Assesing rangeland capability in Iran using Landscape function indices based on soil surface attributes. J. Arid. Env. 2005. 65, 460-473.
19- Jafari F, Bashari H, Jafari R. Evaluating Structural and Functional Characteristics of Various Ecological Patches in Different Range Conditions (Case Study: Semi -Steppe Rangeland of Aghche-Isfahan) . 2015; 3 (10):13-25
20- Javadi1 S, A, Khatibi Baneh S, Arzani H, Saedi K. Effects of long-term exclosure on soil in rangeland ecosystem using the LFA method Case study: Saral rangelands of Kurdistan province. Iranian Journal of Range and Desert Research. 2016. Vol. 22 No. (4), 2016
21- Rahimi Balkanlou, Ghorbani K, Jafari M, Tavili M.A. Evaluation and comparison of ecological health in three arid rangeland using Landscape Function Analysis (LFA) (Case study: Kalateh Roudbar, Damghan). Desert Management: No. 7, Spring & Summer, 2016, pp 35-45.
22- Yari R, Tavili A, Zare S. Investigation on soil surface indicators and rangeland functional attributes by Landscape Function Analysis (LFA) (Case study: Sarchah Amari Birjand). Iranian journal of Range and Desert Reseach, 2012. Vol. 18 No. (4). 624-636.
23- Mesdaghi M, Ghobadi M. Effects of management activities on the rangeland ecosystem structure and function.. Journal Management System. 2010 2:108-121.
24- Mcintyre S, Tongway D, Lambeek R. Improved vegetation planning for rural landscapes. Land & water project. No: CTC27. 2003.
25- Jafari M, Zare Chahouki M.A, Rahim Zadeh N, Shafizadeh M. Comparing the litter quality and its effect on soil characteristics of three species in rangelands of Vard-Avard; J. of Rangeland. 2008. 1: 1-10.
26- Najafian L, Kavian A, Ghorbani J, Tamartash R. Effect of life form and vegetation cover on runoff and sediment yield in rangelands of Savadkooh region, Mazandaran J. of Rangeland.2010. 2: 334-347.
27- Mesdaghi M, Ghodosi, M, Heshmati GH. Effects of different plant forms on the soil surface features using LFA in Golestan forest. Water Management Research. 2010. 93; 64-69.
28- Sabeti, H. Relationship between plants and environment, Dehkhoda Publishers. 1986.
29- Rauzi F. Seasonal yield and chemical composition of cresteal wheat grass in south eastern Wyoming. J. Rnge management. 1975. 28:219-221.

30-Palmer A, Killer R, Avis F.J, Tongway D. Defining function in rangelands of the peddie district, Eastern Cape, using landscape function analysis. Afr. J. of Range & Forage Sci. 2001. 18: 53-58.

31-Mohtasham Nia, S. Ground surface indicators and functional features due to grazing rangeland and plow land. Journal Management System. 2011. 4:55-64.

32-Gould W.L. Wind erosion curtaild by shrub control. J. Range Manage. 1982. 35: 563-66.

33-Mahdavi M, Arzani H, Planet, M, Malak Poor B. Introducing the most important effective indicators of rangeland health for a shrubland in Iran Case study: Saveh Rudshur stepp rangelands. J. of Rangeland. 2007. 1: 39-52.

34-Sangdel A. Effect of short-term and intensity of grazing on soil, vegetation and livestock production. PhD thesis, University of Tehran. 2001.

35-Herbel C.H, Ares F.N, Wright R.A. Drought effects on a semi desert grassland range. Ecology. 1972.53:1084–1093.

The Effect of Change in Land Use on the indicators of Ecosystem Function and Soil Erosion via Landscape Function Analysis Method (LFA)

Parviz karami: *Assistant professor, Rangeland Science, University of Kurdistan*
Omid Amiri: *Msc. Student, Range Management, University of Kurdistan*
Hamed Joneidi Jafari: *Assistant professor, Range Management, University of Kurdistan*

Article History (Received: 8/02/2016 Accepted: 30/01/2017)

Extended abstract

1- INTRODUCTION

Over the past few decades, the objective of the evaluation and monitoring of the optimal utilization of sustainable natural resource services and ecosystem performance has been the successor to the ecosystem structure. Tongway and Hindley introduced a Landscape Function Analysis (LFA) method in 2004 to evaluate the ecosystem Function. In the new method, soil is considered as the most important element in rangeland ecosystems in order to determine the spectacle function, because the ecosystem status can be determined by examining the changes in the soil surface indexes, and this was possible for the expert to judge the changes brought about by the management and ecological practices of the rangeland.This research was carried out with the aim of evaluating the effect of change of rangeland conversion to farmland and its land use change effect on ecosystem function in rangelands of Navar area in the suburbs of Sanandaj.

2- THEORETICAL FRAMEWORK

The importance of soil surface indexes has been expressed by various researchers such as the high correlation between basal cover and disruption of water flow, the importance of canopy size as an indicator of the distribution of soil resources, the effect of plant composition on organic carbon changes, soil permeability, the effect of bare soil on the potential of erosion and the importance of cryptogam cover in soil stabilization. Landscape Performance Analysis (LFA) is a method of monitoring with quantitative indicators. In this method, 11 indicators of soil surface area have been used to evaluate three functional properties including stability, permeability and elemental cycle.

3- METHODOLOGY

The study area was divided into two landscapes. Based on the LFA method, three 50-meter transects were deployed in a 10-meter intervals along the slopes. During each transect, the length and width of patches included shrub, grass, forb and combination (combination of all patches and space between pieces (bare soil) were recorded. For each patch and inter-patch, five replicates were determined and for each replication the 11 soil surface parameters were evaluated. The soil surface parameters were evaluated for each ecological patch and inter-patch according to the LFA method. To evaluate three functional properties including stability, permeability and elemental cycle, and calculating 11 soil surface indexes, the LFA guidelines and the LFA software designed in the Excel environment were used.

4- RESULTS

The results showed that the total stability index in the rangeland (47.2%) was higher than that of the dryland (24.4%) and their difference was significant ($p < 0.05$). Due to the variety of ecological patches and their number, as well as the irregular and discontinuous pattern of water flow in the rangeland, the

stability index in the rangeland was more than the drayland. The results showed that in the rangeland the ecological shrub patche had the highest stability, and in the dryland the combined patch had the highest stability. With regard to stability index, there was a significant difference between the combination of patches with other ecological components and inter patches (bare soil) in dryland, and in the case of rangeland, the shrub patch also yielded a similar result ($p < 0.05$). Regarding permeability index in rangeland and dryland, grass and combined patch had the highest amount, respectively. With regard to nutrient cycle index in the rangeland, grass patch had the highest amount. The combined patch in the dryland had the highest amount of nutritional cycle index.

5- CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS

In general, the two landscapes have different functions depending on environmental factors and vegetative forms. The presence of independent grass patches in the rangeland (ecological indicator of rangeland) and the presence of a small number of combined patches (3 pieces) and shrub patches in the abandoned dryland (the ecologically indicator of this landscape) are due to the difference in the function of these landscapes. The rangeland has the highest function and the abandoned dryland has the lowest function. It can also be argued that LFA is a simple and fast method for assessing the function of rangeland ecosystems. In fact, saving time and cost of decision-making on management projects will reduce the risk of any operation at natural ecosystems.

According to the results, it can be stated that the change in the utilization of the rangeland to dryland has reduced the ecosystem stability index and thus provided the soil surface with more soil erosion. Therefore, we must strictly prevent rangeland conversion to dryland.

Key Words: Ecosystem Function, Vegetation and Soil Indices, land use change, Soil Erosion, Kurdistan Province.