

عملکرد مراتع با استفاده از رویکردهای میدانی و سنجش از دور (مطالعه موردی: مراتع استپی و نیمه‌استپی جنوب و غرب اصفهان)

فاطمه جعفری^{۱*}، رضا جعفری^۲ و حسین بشری^۲

*۱- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، پست الکترونیک: jafari.f@yu.ac.ir

۲- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۵/۲۵

چکیده

ارزیابی ساختار و عملکرد پیش‌نیاز مدیریت صحیح اکوسیستم‌های مرتعی می‌باشد و می‌تواند در تشخیص میزان تخریب و انتخاب روش مناسب مدیریتی به مرتع‌داران کمک کند. این مطالعه با هدف ارزیابی عملکرد مراتع استپی و نیمه‌استپی استان اصفهان با استفاده از رویکردهای میدانی و دورسنجی انجام شد. در این تحقیق با استفاده از روش زمینی تجزیه و تحلیل عملکرد چشم‌انداز (LFA) و شاخص دورسنجی نشت (LI) ۵۰ زیرحوزه با عملکرد بالا و در معرض تخریب شناسایی شد. بدین منظور در منطقه استپی جنوب اصفهان در شهرستان شهرضا تعداد ۱۵ سایت در مراتع با وضعیت خیلی ضعیف و در مراتع نیمه‌استپی غرب اصفهان در منطقه آغچه- شهرستان فریدن تعداد ۲۱ سایت در مراتع ضعیف، خیلی ضعیف و متوسط انتخاب و طبق دستورالعمل روش LFA امتیازدهی شد. برای زیرحوزه‌های رستری تهیه شده شاخص متریک LI برآورد گردید. همچنین برای مناطق مطالعاتی نقشه DEM و شاخص‌های طیفی NDVI و SAVI از تصاویر لندست TM سال ۲۰۰۹ استخراج شد. نتایج نشان داد که در هر دو منطقه مطالعاتی رابطه خطی مثبت معنی‌داری ($P < 0.05$) بین شاخص‌های LFA با شاخص‌های NDVI و SAVI وجود دارد. همچنین همبستگی منفی معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین عملکرد حاصل از شاخص LI و شاخص‌های LFA وجود داشت. از این رو با توجه به وسعت مراتع خشک و نیمه‌خشک کشور، می‌توان از این شاخص‌ها برای ارزیابی عملکرد این عرصه‌ها و اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها برای استفاده از برنامه‌های پایش به‌منظور حفاظت عرصه‌های طبیعی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد مرتع، تجزیه و تحلیل عملکرد چشم‌انداز، شاخص نشت، NDVI و SAVI

مقدمه

ساختاری و عملکردی، می‌تواند مدیران مراتع را از روند تغییرات آگاه کرده و آنها را در مدیریت اصولی راهنمایی کند. عدم شناخت دقیق این امر موجب اشتباه در تدوین سیاست‌های مدیریتی و استفاده غیراصولی از مراتع خواهد شد. به طور کلی روش‌هایی که برای ارزیابی و پایش استفاده می‌شوند به دو دسته روش‌های مبتنی بر ساختار و روش‌های مبتنی بر عملکرد

مطالعه و شناخت درست روابط متقابل اجزای اکوسیستم‌های مرتعی ابزاری مهم برای اتخاذ تدابیر صحیح مدیریتی در امر حفظ سلامت مرتع به‌شمار می‌آید (Ghodsi *et al* 2012 و آذرنبوند و چاهوکی، ۱۳۸۹). به‌طوری‌که بسیاری از متخصصان مرتع بر این باورند که ارزیابی ویژگی‌های

بسازی در چگونگی حجم رواناب، حرکت مواد رسوبی و آلی دارد (Tongway, 2004 & Hindelly). لکه‌های اکولوژیک ویژگی‌های متفاوتی دارند و با توجه به فرم رویشی و نحوه قرارگیری اندام‌های هوایی خود توانایی مختلفی در به دام انداختن منابع دارند و به نوعی می‌توان گفت تأثیر متفاوتی در نحوه عملکرد اکوسیستم دارند. استفاده از شاخص‌های عملکردی چشم‌انداز با روش زمینی هزینه‌بر و زمان‌بر بوده و گاهی امکان تعمیم نتایج نقطه‌ای به کل منطقه امکان‌پذیر نمی‌باشد. بنابراین یکی از ابزارهای مؤثر در زمینه مطالعات محیط‌زیست و علوم زمین، استفاده از فناوری دورسنجی و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای است (علوی پناه ۱۳۸۲ و زبیری و مجد، ۱۳۸۷). کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان و پراکنش آنها، از اهمیت زیادی برخوردار است. البته گردآوری اطلاعات در مورد تغییرات پیوسته پوشش گیاهی توسط روش‌های معمولی بسیار مشکل و پرهزینه است. در این حالت، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد. بنابراین به منظور کاهش اثر عوامل ناخواسته روی اطلاعات پوشش گیاهی و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، می‌توان حداقل دو باند را ترکیب کرده و شاخص مرکبی به نام شاخص پوشش گیاهی ایجاد کرد. (علوی پناه، ۱۳۸۲). شرایط خاک زمینه، اثر چشمگیری روی بازتاب طیفی و محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی می‌گذارد. بنابراین در مناطقی که تغییرات درخشندگی خاک ناشی از اختلاف رطوبت، تغییرات صافی و زبری، سایه و اختلاف در میزان مواد آلی است، اثر خاک روی مقادیر شاخص پوشش گیاهی محسوس است. شاخص NDVI دارای رابطه خطی با بیوماس، میزان آب برگ، کلروفیل و دیگر ویژگی‌های بیوفیزیکی پوشش گیاهیست. از آنجایی که شاخص NDVI (Tucker *et al.*, 1985, Sellers, 1985, Paruelo *et al.*, 2004) به خواص خاک زمینه و پوشش گیاهی به‌ویژه هنگامی که تنک و پراکنده است، حساس می‌باشد، بنابراین در منطقه نیمه‌استپی شهرضا از شاخص SAVI که آثار بازتاب‌های طیفی خاک را روی گیاه کم می‌کند، استفاده شد (علوی پناه، ۱۳۹۲). در مناطق خشک شاخص‌های

تقسیم می‌شوند (Tongway, 1995; 2004 & Hindelly)، البته برخی از روش‌ها نیز تلفیقی از این دو دسته هستند. روش‌هایی که بر ساختار اکوسیستم توجه دارند مواردی نظیر فیزیونومی و فرم رویشی، ارزیابی تغییرات درصد تاج پوشش، ترکیب گونه‌ای و غیره را بررسی می‌کنند (آذرینوند و چاهوکی، ۱۳۸۹؛ مصداقی، ۱۳۸۸). روش‌های مبتنی بر عملکرد نیز شامل روش زمینی نظیر سلامت مرتع (Plant *et al.* 2000) و روش تجزیه و تحلیل عملکرد چشم‌انداز (Landscape function analysis) (Tongway, 1995; 2004 & Hindelly) و روش دورسنجی مانند شاخص نشت (Leakiness index) (این شاخص شامل جنبه‌های مهمی از ساختار و عملکرد چشم‌انداز، به ویژه پتانسیل آن در از دست دادن یا نشت منابع است) می‌باشد (Ludwig *et al.*, 2007; Dunwoody *et al.*, 2013; Andalibi *et al.* 2013). مبنای این شاخص ترکیب داده‌های پوشش گیاهی است که از تصاویر سنجنش از دور به‌دست می‌آید؛ و با مدل رقومی ارتفاع (Digital elevation model) برای ایجاد یک سیستم متریک می‌باشد. این شاخص از توانمندی بالایی برخوردار است که می‌تواند به‌عنوان یک شاخص اکولوژیک مفید برای پایش سلامت چشم‌اندازهای مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌کار رود؛ این شاخص بشدت از طریق پیکربندی پوشش گیاهی و اثرات هدررفت خاک به عملکرد چشم‌انداز توجه می‌کند. در این روش‌ها شاخص‌هایی از وضعیت سلامت اکوسیستم از جمله شرایط گیاه، خاک سطحی و شرایط هیدرولوژیک بررسی می‌شوند.

عملکرد یک اکوسیستم طبیعی بستگی به حفاظت منابع (آب، خاک و مواد غذایی) در داخل اکوسیستم دارد. لکه (patch) اکولوژیک، سطحی از چشم‌انداز است که باعث تجمع منابع در اکوسیستم می‌شود و فضای بین لکه‌ها جایی است که منابع حیاتی نظیر آب و مواد غذایی به شکل آزادانه‌تر منتقل می‌شوند. این لکه‌ها شامل پایه‌های منفرد یا توأم پهن‌برگان علفی، گراس‌ها، بوته‌ها و درختچه‌ها، تخته‌سنگ یا هر مانعی که بتواند جلوی جریان آب را بگیرد، می‌باشد (Tongway, 2004 & Hindelly). ویژگی‌های ساختاری لکه‌ها شامل ابعاد، تعداد و متوسط طول و فاصله آنها روی زمین می‌باشد و نقش

شد (شکل ۱). بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی فریدون شهر (نزدیک ترین ایستگاه به منطقه) متوسط بارندگی سالانه منطقه ۴۳۰ میلی متر است که بیشترین مقدار بارندگی در بهمن ماه اتفاق می افتد، میانگین دمای سالانه آن ۱۷/۴۵ درجه سانتی گراد و ارتفاع متوسط از سطح دریا در این منطقه ۲۸۷۲ متر می باشد. خاک منطقه نیمه عمیق با بافت متوسط تا سنگین مخلوط با سنگریزه و بافت غالب خاک منطقه از نوع لومی - رسی است. پوشش گیاهی غالب منطقه کوهستانی *Agropyron*، *Astragalus verus* Olivier. و *trichophorum* K Richt می باشد. برخی از گونه های همراه در این منطقه شامل *Acantholimon festucacuem* Boiss. *Acanthophyllum squarrosum* C. A. Mey. *Stachys Sielen conoidea* L. *Acroptilon repens* L. *Cousinia* DC. *Cirsium bracteosum inflata* Benth. *Ferula Eryngium billardieri* L. *bachtiarica* Cass. Boiss. و *Phlomis olivieri* Benth. *gumosa* Boiss. و *Bromus tomentellus* می باشند (حکیمی میبیدی و همکاران، ۱۳۸۸).

مراتع استپی مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی شهرضا در ۵ کیلومتری شهرستان شهرضا، اطراف بزرگراه شهرضا - سمیرم در محدوده طول جغرافیایی ۵۱°۴۵'۰۳" تا ۵۱°۴۹'۱۹" شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱°۴۶'۲۰" تا ۳۱°۵۳'۰۳" شمالی قرار گرفته است. این منطقه با مساحت ۵۰۱۲ هکتار و ارتفاع متوسط از سطح دریا در این منطقه ۲۰۲۱ متر به ۱۴ زیرحوزه هیدرولوژیک تقسیم شد (شکل ۱). بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی شهرضا متوسط بارندگی سالانه آن ۱۴۴ میلی متر و میانگین سالانه دمای آن ۶/۱۴ درجه سانتی گراد می باشد. این شهرستان بر اساس تقسیم بندی اقلیمی دومارتن در ناحیه خشک سرد قرار می گیرد. پوشش گیاهی غالب منطقه از گونه های همراه در این منطقه شامل *Launaea spinosa Scariola - orientalis* و برخی از *Peganum harmala*، *Cousinia Stipa barbata*، *Euphorbia falcata bachtiarica* می باشد (حکیمی میبیدی و همکاران، ۱۳۸۸).

پوشش گیاهی مانند شاخص گیاهی تعدیل کننده اثرات خاک (Soil Adjust Vegetation Index) که بازتاب خاک زمینه را در نظر می گیرند روند تغییرات پوشش گیاهی را به خوبی آشکار می کنند (Kallel et Ebrahimi Khusfi et al. 2010). از طرف دیگر برای تهیه نقشه درصد تاج پوشش گیاهی در مناطق خشک و مخصوصاً نیمه خشک می توان از شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (Normalized Difference Vegetation Index) استفاده کرد (Rahdari et Gomez, 2011 & Maestre; al., 2010). در مطالعات دیگر (Ji, 2003 & Peter) شاخص NDVI شاخص مناسبی برای پایش و ارزیابی پوشش گیاهی معرفی شده است. مطالعه حاضر با هدف پاسخ به سئوالات ذیل انجام شده است: ۱- آیا می توان شاخص نشت یا LI را برای تعیین عملکرد مناطق کوهستانی (نیمه استپی) و هموار (استپی) به کار برد؟ ۲- آیا همبستگی بالایی بین نتایج حاصل از روش زمینی (LFA) و دورسنجی (LI) وجود دارد؟ در این مطالعه با استفاده از روش زمینی LFA و استفاده از شاخص عملکرد دورسنجی نشت یا LI سعی می شود تا عملکرد مراتع نیمه استپی و استپی تعیین و مقایسه شود. نتایج این مطالعه می تواند نقش مؤثری در شناسایی و جلوگیری از روند تخریب در مناطقی که دارای مشکل فرسایش خاک و پوشش گیاهی می باشند داشته باشد و در حفاظت و حمایت از عرصه های طبیعی کمک شایانی بکند.

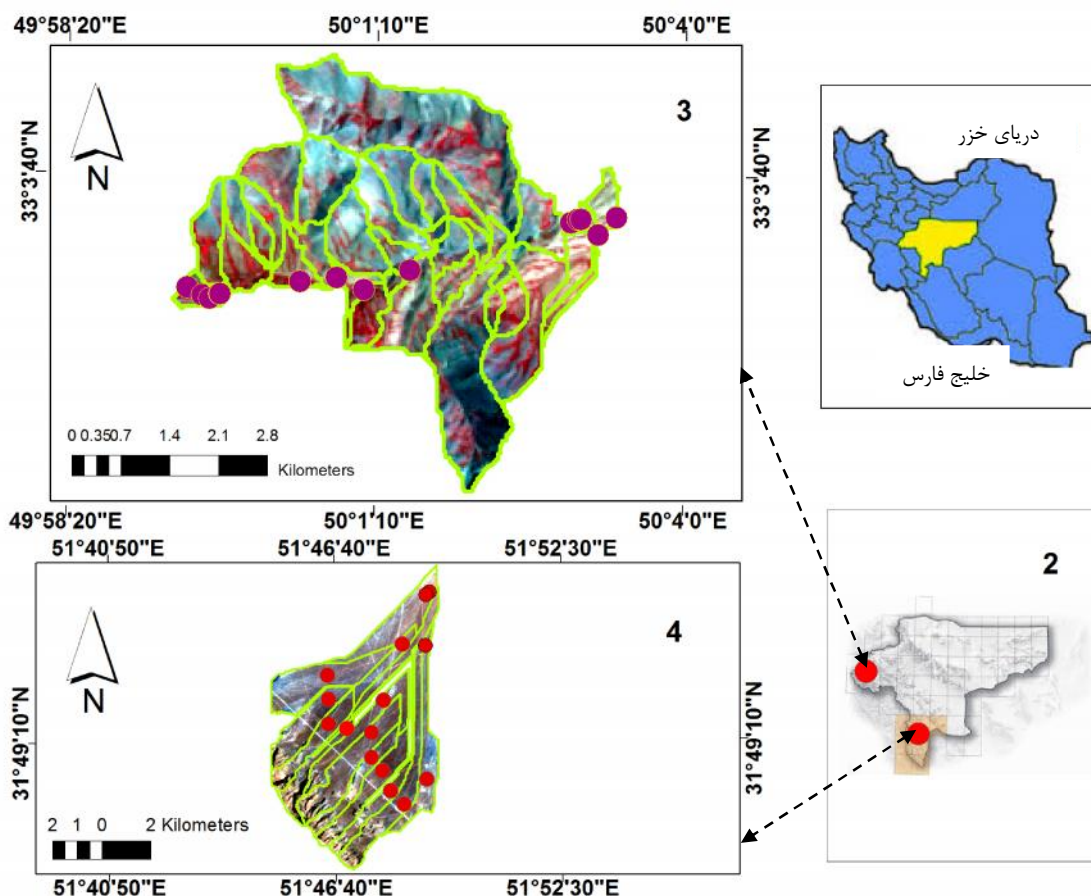
مواد و روش ها

مناطق مورد مطالعه

در تحقیق حاضر دو منطقه مرتعی، آغچه از توابع شهرستان فریدن واقع در مناطق نیمه استپی و مراتع جنوب شهرضا واقع در مناطق استپی استان اصفهان برای مطالعه انتخاب شدند.

مراتع نیمه استپی مورد مطالعه

آغچه در شهرستان فریدن، بخش بوبین و میاندهشت واقع در غرب استان اصفهان در محدوده طول جغرافیایی ۱۶°۵۹'۴۹" تا ۱۶°۵۰'۲۶" شرقی و در عرض جغرافیایی ۳۳°۰۱'۳۳" تا ۳۳°۰۴'۳۴" شمالی قرار دارد. این منطقه با مساحت ۱۷۸۴ هکتار به ۳۶ زیرحوزه هیدرولوژیک تقسیم



شکل ۱- ۱: موقعیت استان اصفهان در کشور (بخش زرد رنگ)، ۲: موقعیت مناطق مطالعاتی در استان اصفهان، ۳: تصویر ماهواره‌ای حوزه آبخیز آغچه (نیمه‌استپی) به همراه سایت‌ها و زیرحوزه‌های مطالعاتی، ۴: تصویر ماهواره‌ای حوزه آبخیز جنوب شهرضا (استپی) به همراه سایت‌ها و زیرحوزه‌های مطالعاتی

تصاویر ماهواره‌ای)، Arc SWAT (برای ترسیم زیرحوزه‌های مطالعاتی)، MATLAB (انجام محاسبات مربوط به نرم‌افزار شاخص نشت، برای اضافه نمودن پوشش گیاهی غالب مناطق مطالعاتی به نرم‌افزار LI 4.0)، MINITAB (انجام تجزیه و تحلیل آماری) و LI 4.0 استفاده شده است. شایان ذکر است که نرم‌افزار LI 4.0 توسط محققان استرالیایی برای تعیین عملکرد چشم‌اندازهای مرتعی برای برآورد شاخص متریک (LI Leakiness Index) طراحی و تنظیم شده است.

روش تحقیق

به منظور انجام تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM مربوط به سال ۲۰۰۹ در منطقه استپی (۲۰۰۹/۰۶/۰۸) و منطقه نیمه‌استپی (۲۰۰۹/۰۶/۰۱)، سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) برای برداشت نقاط کنترل زمینی، نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۸۳ (برای تهیه نقشه Dem مناطق مطالعاتی)، داده‌های LFA جمع‌آورده شده از مناطق مطالعاتی و نرم‌افزارهای ArcGIS10.0 (طبقه‌بندی نقشه‌های پوشش گیاهی، تهیه نقشه شیب، جهت و ...)، Erdas Imagine 9.2 (برای تفسیر

الف- روش میدانی LFA

روش LFA، این روش شامل سه بخش کلی است، بخش اول تجزیه و تحلیل چشم انداز است، در این قسمت دو موضوع بررسی می‌شود؛ اول اینکه در یک سایت مرتعی چطور و تا چه اندازه می‌توان از جابجایی و از دست دادن منابع حیاتی نظیر آب، مواد غذایی و مواد آلی در داخل سیستم جلوگیری کرد و دوم اینکه توانمندی آن سایت برای به‌دست آوردن منابع جدید چگونه است. در این بخش، با استفاده از ۱۱ شاخص، سه معیار از وضعیت خاک سطحی شامل پایداری خاک، نفوذپذیری و چرخه مواد غذایی، برای هر قسمت از منطقه بررسی می‌شود. بخش دوم، پویایی پوشش گیاهی است که به ترکیب گیاهی و خصوصیات رشد در ارتباط با تجزیه و تحلیل عملکرد اکوسیستم می‌پردازد. بخش آخر، بررسی درجه پیچیدگی منطقه است، به نحوی که کیفیت رویشگاه برای زندگی حیوانات ارزیابی می‌شود؛ البته تاکنون به طور گسترده‌ای برای پایش و عملکرد اکوسیستم‌های مرتعی در اقلیم‌های مختلف با انواع کاربری‌ها به‌کار گرفته شده است (Munro *et al.*, 2012, Van der Walt *et al.*, 2012, Forouzeh, 2012 & Sharafatmandrad; Parker *et al.*, 2009, Bartley *et al.*, 2006; Ata Rezaei *et al.*, 2006; Ludwig *et al.*, 2004; Ludwig, 1997 & Tongway & Cortina, 2004). بنابراین به‌منظور بررسی عملکرد مراتع به روش زمینی LFA، ابتدا در مراتع مورد مطالعه در خردادماه به روش ۴ فاکتوری (مقدم، ۱۳۹۱) مراتع با وضعیت‌های مختلف انتخاب شدند. در این روش فاکتورهای عامل خاک شامل: وضعیت فرسایش خاک، درصد تاج پوشش گیاهی، ترکیب گیاهی و بنیه و شادابی گیاهان در نظر گرفته شد و بر اساس امتیازاتی که به هر فاکتور داده شد، وضعیت مراتع مورد مطالعه تعیین گردید. بدین ترتیب در مراتع نیمه‌استپی آغچه، اراضی مرتعی با وضعیت‌های متوسط، ضعیف، خیلی ضعیف و در مراتع استپی شهرضا نیز مرتع خیلی ضعیف انتخاب شدند. در

منطقه آغچه ۲۱ ترانسکت (متوسط: ۹، ضعیف: ۸، خیلی ضعیف: ۴) و در منطقه شهرضا ۱۵ (خیلی ضعیف: ۱۵) ترانسکت ۳۰ متری قرار داده شد. محل شروع ترانسکت‌ها به شکل تصادفی انتخاب شد و امتداد ترانسکت‌ها در جهت شیب غالب منطقه مستقر گردیدند. بعد از استقرار ترانسکت‌ها در عرصه‌های مرتعی، انواع لکه‌های موجود (یک لکه اکولوژیک منظور گیاهان و یا قطعاتی می‌باشند که از لحاظ شکل به طور مشابهی در برابر جریان رواناب مانع ایجاد کرده و باعث رسوب و یا تجمع آب و مواد غذایی در آن لکه می‌شوند) شناسایی و بعد بر روی هر ترانسکت طول و عرض لکه‌های اکولوژیک و طول فضای بین لکه‌ها ثبت گردید. گیاهانی که دارای شکل رویشی مشابهی بودند به‌عنوان لکه‌های اکولوژیک مختلف در نظر گرفته شدند و خاک لخت نیز به‌عنوان فضای بین لکه‌ای منظور شد. پس از تعیین موارد فوق، ۳ تکرار از هر نوع لکه اکولوژیک و نیز فضای بین لکه‌ای انتخاب شد و در هر یک، ۱۱ عامل سطح خاک شامل: پوشش خاک یا حفاظت در برابر پاشمان، پوشش گیاهان چند ساله، لاشبرگ، پوشش نهان‌زادان آوندی، شکستگی پوسته، نوع و شدت فرسایش، مواد رسوبی (نهشته شده)، ناهمواری‌های سطح خاک، طبیعت سطح خاک یا مقاومت به تخریب، آزمایش پایداری در برابر رطوبت (Slake test) و بافت خاک (Tongway, & Hindelly 2004) طبق دستورالعمل امتیازدهی شد (جدول ۱). پس از ورود داده‌ها به نرم‌افزار LFA، شاخص‌های پایداری یا مقاومت به فرسایش خاک (Stability or resistance to erosion)، نفوذپذیری خاک (Soil infiltration) و چرخه مواد غذایی خاک (Soil nutrient cycling) برای هر یک از لکه‌های اکولوژیک و فضای بین لکه‌ای به طور جداگانه محاسبه و بعد با در نظر گرفتن تعداد، مساحت و به عبارتی سهم این لکه‌ها و فضای بین لکه‌ای در سطح ترانسکت مورد اندازه‌گیری، این شاخص‌ها برای کل سایت محاسبه گردید.

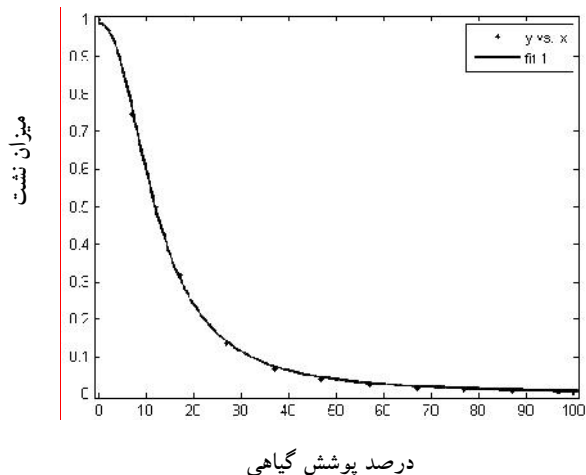
جدول ۱- شاخص‌های ارزیابی سطح خاک و ارتباط آنها با ویژگی‌های عملکردی در روش LFA (x: ارتباط با ویژگی موردنظر)

تعداد طبقات	ویژگی‌های عملکردی			هدف از ارزیابی	شاخص‌ها
	چرخه عناصر غذایی	نفوذپذیری	پایداری		
۵			X	ارزیابی میزان حفاظت از خاک در برابر قطرات باران یا فرسایش پاشمانی	حفاظت در برابر پاشمان
۴	X	X		تعیین پوشش تاجی و بقیه گیاهان چندساله	پوشش گیاهان چندساله
۱۰			X	شامل درصد گندمیان یکساله و درصد بقایای گیاهی قابل تبدیل به هوموس	لاشبرگ الف- مقدار ب- منشأ و درجه تجزیه‌شدگی آن
۴	X	X		درصد پوشش قارج، جلبک، گل سنگ، خزه در طول ترانسکت	پوشش کربتوگام
۴			X	ارزیابی میزان خاک ایجادشده و دارای توانمندی فرسایش‌پذیری	شکستگی پوسته
۴			X	تعیین نوع فرسایش (شیار، خندق، تراست، فرسایش ورقه‌ای، ستون فرسایشی) و شدت آن در محدوده ارزیابی	نوع و شدت فرسایش
۵			X	درصد لاشبرگ و خاک در معرض فرسایش با هدف ارزیابی ماهیت و مقدار مواد انتقال‌یافته و رسوب‌گذاری شده و نشان دادن پایداری خاک	مواد رسوب‌گذاری شده
۵	X	X		ارزیابی توانایی جذب و نگهداشت منابع	پستی و بلندی سطح خاک یا ناهمواری‌های سطح خاک
۵		X	X	تعیین میزان سختی خاک با هدف ارزیابی توانایی جذب و نگهداشت منابع	طبیعت سطح خاک (مقاومت در برابر آشفته‌گی یا تخریب)
۴		X	X	میزان دوام و پایداری خاکدانه‌ها در آب	آزمون پایداری خاک
۴		X		تعیین میزان نفوذپذیری	بافت خاک

چشم‌اندازهایی که وضعیت عملکرد بالایی Fully conserving (functional) دارند و خاک، آب و مواد غذایی را به طور مناسب در خود حفظ کرده، در مقابل چشم‌اندازهایی با عملکرد پایین (Totally dysfunctional leaky) به ترتیب بین عددهای صفر تا یک متغیر است (Ludwig et al., 2007).

ب- محاسبه شاخص نشت (Likeness index) اساس محاسبه این شاخص بر مبنای نقشه پوشش گیاهی مستخرج از شاخص‌های گیاهی ماهواره‌ای و استفاده از نقشه توپوگرافی برای تولید نقشه رقومی ارتفاعی (Digital Elevation Model) است (Ludwig et al., 2007). شایان ذکر است که ارزش این شاخص در

نرم افزار MATLAB برای محاسبه ضرایب معادلات تیپ گیاهی غالب انجام شد.



شکل ۲- منحنی حاصل از انطباق تیپ گیاهی غالب

بوته- گراس در منطقه نیمه‌استپی

تجزیه و تحلیل آماری

برای تعیین میزان ارتباط بین شاخص‌های LFA (پایداری، چرخه مواد غذایی و نفوذپذیری) با شاخص متریک دورسنجی LI از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. همچنین برای تعیین میزان ارتباط بین شاخص‌های LFA با شاخص‌های گیاهی NDVI و SAVI از رگرسیون خطی ساده بهره‌گیری شد. افزون بر این، به منظور مقایسه شاخص‌های گیاهی NDVI و SAVI با شاخص متریک دورسنجی LI از آزمون همبستگی پیرسون و برای معنی‌داری بین شاخص‌های LFA از آزمون مقایسه میانگین‌ها توکی در نرم‌افزار آماری Minitab استفاده شد.

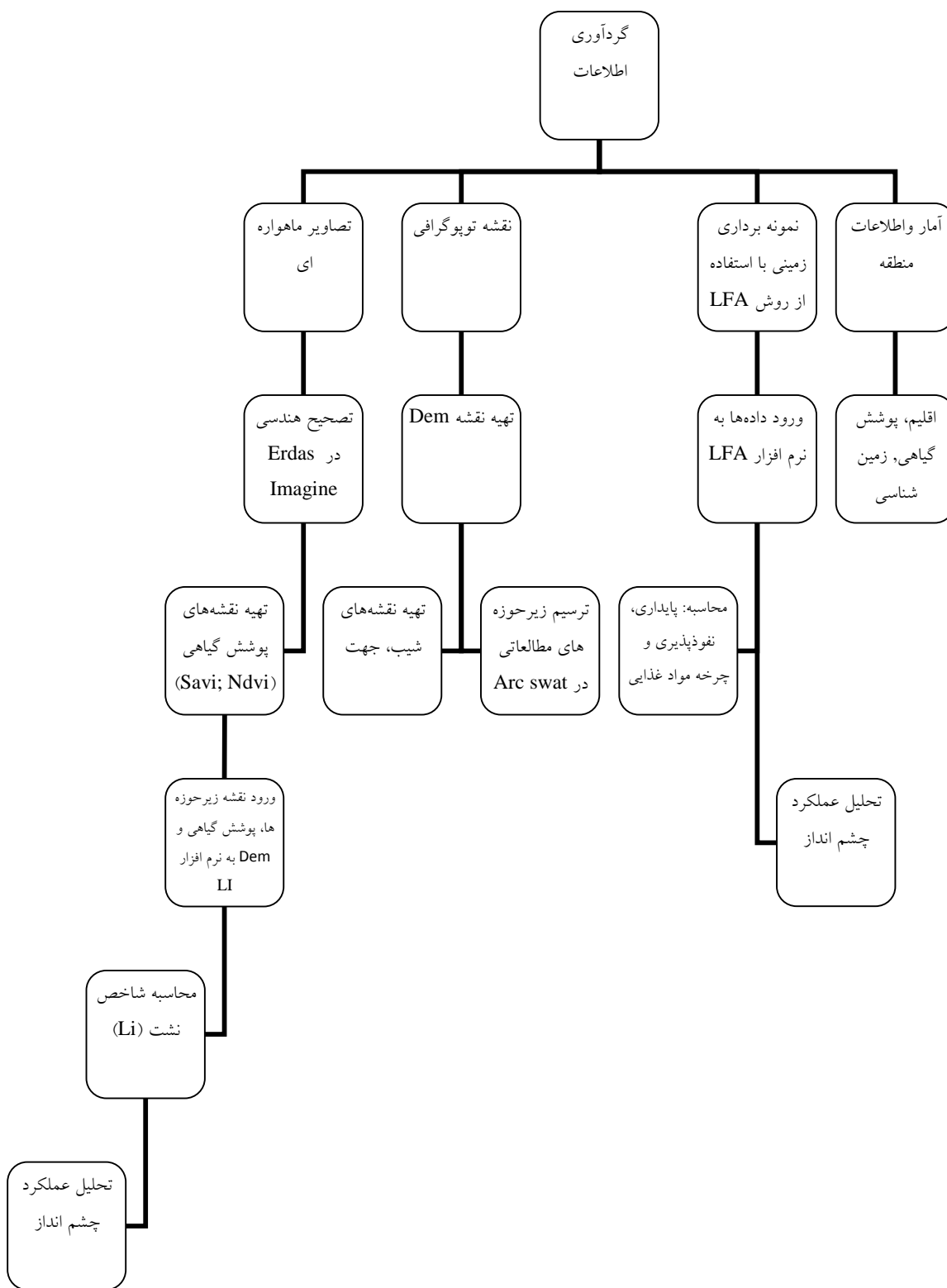
در این تحقیق برای تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای خطوط جاده‌های اصلی و فرعی از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ استخراج و بعد با استفاده از ۲۰ نقطه به روش نزدیک‌ترین همسایه، تصاویر با خطای هندسی کمتر از ۰/۵ پیکسل زمین مرجع شد.

شاخص LI وضعیت نشت و نفوذ منابع را در جهات و ارتفاعات مختلف برآورد می‌کند (Ludwig et al., 2007). در محیط ArcGIS10 از روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه DEM، شیب و جهت عمومی مناطق مورد مطالعه استخراج گردید. همچنین از روی نقشه DEM تهیه شده، حوزه و زیرحوزه‌های رستری مناطق مطالعاتی توسط نرم‌افزار Arc SWAT تهیه شد. هریک از زیرحوزه‌های رستری تهیه شده برای تعیین شاخص LI در مقیاس زیرحوزه مورد استفاده گرفتند (شکل‌های ۱ و ۲).

از دیگر پارامترهای مورد نیاز در اجرای نرم‌افزار LI، درصد پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه می‌باشد که این پارامتر نیز با استفاده از نقشه پوشش گیاهی NDVI (برای منطقه مطالعاتی آغچه) و SAVI (برای منطقه مطالعاتی شهرضا) در نرم‌افزار 9.2 Erdas Imagine تهیه شد.

کالیبره کردن نرم‌افزار LI

نرم‌افزار LI به صورت پیش‌فرض برای فرم‌های پوشش گیاهی خاصی تعریف شده است که این فرم‌های رویشی عبارتند از: گراس‌های کوتاه چندساله (Perennial Shrot grass)، گراس‌های بلند چندساله (Perennial Tall grass) و گراس‌های نمدی (Perennial Mat forming) (Ludwig et al., 2007). از آنجایی که نوع فرم رویشی و پوشش گیاهی غالب در حوزه‌های مورد مطالعه بوته‌ای و بوته- گراس است، نرم‌افزار باید بر اساس نوع پوشش گیاهی کالیبره شود. که این کار به کمک



شکل ۳- مراحل انجام تحقیق

نتایج

الف- منطقه آغچه

نتایج حاصل از LFA نشان داد که زیرحوزه‌های ۳۴، ۲۸، ۱۶، ۳۲ و ۳۶ به ترتیب با مقادیر ۴۹/۸، ۴۹/۴، ۴۸، ۴۷ و ۴۶/۳ درصد بالاترین میزان پایداری را دارند؛ در شاخص نفوذپذیری زیرحوزه‌های ۳۲، ۳۴، ۳۱، ۲۸ و ۳۶ به ترتیب با مقادیر ۳۱/۲، ۳۰/۸، ۲۹/۷، ۲۹/۸ و ۲۶/۸ درصد بیشترین مقدار را داشتند؛ در شاخص چرخه مواد غذایی خاک زیرحوزه‌های ۳۲، ۳۴، ۲۸، ۳۱ و ۱۶ به ترتیب با مقادیر ۲۱/۷، ۲۹/۷، ۲۰/۶ و ۱۹/۱ درصد بیشترین مقدار را داشتند. همچنین نتایج حاصل از LI نشان داد که زیرحوزه‌های ۱، ۲۸، ۳۶، ۲۷ و ۱۷ به ترتیب با مقادیر ۰/۰۰۲۱، ۰/۰۰۷۴، ۰/۰۱۲، ۰/۰۲ و ۰/۰۲۲ بالاترین عملکرد و زیرحوزه‌های ۶، ۱۲، ۲۲، ۳ و ۳۴ به ترتیب با مقادیر ۰/۰۸۸، ۰/۰۸۸، ۰/۰۷۹، ۰/۰۷۶ و ۰/۰۶۶ کمترین عملکرد را دارند (جدول ۲). نتایج حاصل از LFA نشان می‌دهد با وجود معنی‌داری بین شاخص‌های LFA نوع فرم رویشی غالب منطقه و میزان پوشش آن در پایداری خاک نقش مهمتری نسبت به نفوذپذیری و چرخه مواد غذایی ایفا می‌کنند (جدول ۴). مقادیر عددی هر زیرحوزه نشان‌دهنده میزان LI و LFA یا عملکرد مراتع است. به‌طور کلی نتایج حاصل از LFA و LI نشان داد که زیرحوزه‌هایی که پوشیده از گونه‌های جنس‌گون و گراس‌های چندساله هستند عملکرد مناسب‌تری نسبت به سایر زیرحوزه‌ها دارند و کمترین میزان LI را داشتند و بیشترین میزان LI نیز مربوط به زیرحوزه‌هایی بود که فضاهای خالی (خاک لخت) و شیب بیشتری داشتند؛ همچنین پوشیده از گیاهان یکساله و صخره‌ای بودند.

در مراتع مطالعاتی آغچه با توجه به غالب بودن فرم رویشی بوته‌ای‌ها و گراس‌ها، عملکرد در بیشتر زیرحوزه‌ها مناسب است. برای کل حوزه مطالعاتی با متوسط پوشش ۴۲/۵۳ درصد، میزان LI ۰/۰۴ برآورد گردید که نشان‌دهنده حفظ حداکثر منابع (آب، خاک و مواد غذایی) در منطقه آغچه می‌باشد. بنابراین با توجه به

نقشه شیب تهیه شده (متوسط شیب ۳۳ درصد) از منطقه مطالعاتی آغچه، بیشترین شیب منطقه در زیرحوزه‌های ۳۵، ۶ و ۱۳ و کمترین مقدار شیب در زیرحوزه‌های ۲، ۱، ۷ و ۱۷ قرار دارد. با توجه به شرایط آب و هوایی یکسان، با کاهش شیب و افزایش درصد تاج پوشش گیاهی کمترین میزان LI مربوط به زیرحوزه‌های ۱، ۲۸، ۳۶، ۲۷ و ۱۷ می‌باشد، به طوری‌که بیشترین میزان LI مربوط به زیرحوزه‌های ۶، ۱۲، ۲۲، ۳ و ۳۴ می‌باشد (جدول ۲).

این مطالعه نشان داد که شاخص LI قابلیت بالایی برای تحلیل عملکرد چشم‌انداز در مناطق کوهستانی و پرشیب دارد. نتایج نشان داد که میزان LI به تناسب میزان پوشش گیاهی در منطقه متفاوت بوده و رابطه خطی غیرمستقیم با پوشش گیاهی دارد. همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، به‌طور کلی میزان LI جایی که میزان پوشش زیاد می‌شود کاهش داشته و جایی که میزان پوشش کم باشد زیاد می‌شود. البته لازم به یادآوریست که فرم رویشی و درصد شیب تأثیر زیادی روی عملکرد دارند.

ب- منطقه شهرضا

نتایج حاصل از LFA نشان داد که زیرحوزه‌های ۴، ۵، ۱۴ و ۱۰ به ترتیب با مقادیر ۴۹/۶، ۴۹/۳ و ۴۹ درصد بالاترین میزان پایداری را دارند؛ در شاخص نفوذپذیری زیرحوزه‌های ۷، ۱۰، ۴، ۵، ۱۴، ۶، ۱۱ و ۱۳ به ترتیب با مقادیر ۲۰/۱، ۲۰، ۱۹/۹، ۱۹/۸، ۱۹/۵، ۱۹/۲، ۱۹/۱ و ۱۹ درصد بیشترین مقدار را داشتند؛ در شاخص چرخه مواد غذایی خاک زیرحوزه‌های ۷، ۴، ۵ و ۱۰ به ترتیب با مقادیر ۱۶/۷، ۱۶/۳، ۱۶/۲ و ۱۶/۱ درصد بیشترین مقدار را داشتند. نتایج حاصل از LI نشان داد که زیرحوزه‌های ۴، ۵، ۱، ۱۳ و ۷ به ترتیب با مقادیر ۰/۱۱۵، ۰/۱۱۹، ۰/۱۲۱، ۰/۱۳۴ و ۰/۱۳ بالاترین عملکرد و زیرحوزه‌های ۲، ۱۱، ۶، ۸ و ۱۰ به ترتیب با مقادیر ۰/۱۹، ۰/۱۸، ۰/۱۷۱، ۰/۱۶۳ و ۰/۱۶۲ کمترین عملکرد را دارند (جدول ۳).

جدول ۲- اطلاعات کلی درصد پوشش، شاخص LI، شاخصهای LFA، درصد شیب و جهات شیب زیرحوزه‌های مطالعاتی منطقه آغچه

نام زیرحوزه	متوسط درصد پوشش (برآورد NDVI)	وضعیت	LI	شاخص‌های LFA			جهت غالب
				پایداری (درصد)	نفوذپذیری (درصد)	چرخه مواد غذایی (درصد)	
۱	۴۰/۴۲	خیلی ضعیف	۰/۰۰۲۱	۴۲/۶	۲۶/۴	۱۴/۹	شرقی
۲	۴۰/۱۲	خیلی ضعیف	۰/۰۴۳	۴۱/۵	۲۵/۳	۱۳/۷	هموار
۳	۳۷/۸۳	خیلی ضعیف	۰/۰۷۶	بدون داده	بدون داده	بدون داده	جنوب شرقی
۴	۳۸/۸۴	خیلی ضعیف	۰/۰۵۴	بدون داده	بدون داده	بدون داده	جنوبی
۵	۴۳/۳۹	ضعیف	۰/۰۴۶	بدون داده	بدون داده	بدون داده	جنوب غربی
۶	۳۷/۶۷	خیلی ضعیف	۰/۰۸۸	۳۹/۲	۲۴/۸	۱۲/۸	جنوبی
۷	۴۳/۸۶	ضعیف	۰/۰۲۹	بدون داده	بدون داده	بدون داده	شرقی
۸	۴۱/۷۹	خیلی ضعیف	۰/۰۵۶	بدون داده	بدون داده	بدون داده	شرقی
۹	۴۱/۸۱	ضعیف	۰/۰۲۶	بدون داده	بدون داده	بدون داده	شمالی
۱۰	۴۱/۲۴	خیلی ضعیف	۰/۰۵۷	بدون داده	بدون داده	بدون داده	شمال شرقی
۱۱	۴۰/۷۲	خیلی ضعیف	۰/۰۶۲	بدون داده	بدون داده	بدون داده	جنوب شرقی
۱۲	۳۸/۰۶	خیلی ضعیف	۰/۰۸۸	بدون داده	بدون داده	بدون داده	جنوب شرقی
۱۳	۳۹/۸	خیلی ضعیف	۰/۰۲۶	بدون داده	بدون داده	بدون داده	جنوب غربی
۱۴	۴۰/۷	خیلی ضعیف	۰/۰۳۶	بدون داده	بدون داده	بدون داده	جنوب شرقی
۱۵	۳۹/۶۷	ضعیف	۰/۰۴	بدون داده	بدون داده	بدون داده	جنوب شرقی
۱۶	۴۳/۹۳	متوسط	۰/۰۳۴	۴۸	۲۷	۱۹/۱	شمالی
۱۷	۴۵/۸۲	ضعیف	۰/۰۲۲	۴۲/۱	۲۵/۱	۱۳/۹	شمال شرقی
۱۸	۳۹/۹۲	خیلی ضعیف	۰/۰۵۳	بدون داده	بدون داده	بدون داده	جنوبی
۱۹	۴۲/۷۶	خیلی ضعیف	۰/۰۵۴	بدون داده	بدون داده	بدون داده	جنوب شرقی

ادامه جدول ۲- اطلاعات کلی درصد پوشش....

جهت غالب	متوسط شیب	شاخص‌های LFA			LI	وضعیت	متوسط درصد پوشش (برآورد NDVI)	نام زیرحوزه
		چرخه مواد غذایی (درصد)	نفوذپذیری (درصد)	پایداری (درصد)				
شمال شرقی	۲۲/۸۲	۱۲/۲	۲۳/۱	۳۹/۳	۰/۰۳۹	ضعیف	۴۲/۷۲	۲۰
شمالی	۲۵/۶۶	بدون داده	بدون داده	بدون داده	۰/۰۳۳	متوسط	۴۳/۵	۲۱
شمال شرقی	۳۱/۳۵	بدون داده	بدون داده	بدون داده	۰/۰۷۹	خیلی ضعیف	۳۹/۲۹	۲۲
شمال شرقی	۲۹/۷	بدون داده	بدون داده	بدون داده	۰/۰۴۱	ضعیف	۴۰/۰۵	۲۳
شمالی	۲۱/۱۵	بدون داده	بدون داده	بدون داده	۰/۰۲۷	متوسط	۴۶/۹۸	۲۴
شمالی	۲۳/۶۳	بدون داده	بدون داده	بدون داده	۰/۰۲۹	خیلی ضعیف	۴۴/۴۶	۲۵
شمالی	۱۵/۶۱	بدون داده	بدون داده	بدون داده	۰/۰۴۳	ضعیف	۴۷/۶۱	۲۶
جنوب شرقی	۱۶/۴۷	۱۲/۹	۲۳/۸	۴۰	۰/۰۰۲	ضعیف	۴۲/۵۵	۲۷
جنوب شرقی	۲۲/۷	۲۱/۶	۲۹	۴۹/۴	۰/۰۰۷۴	متوسط	۴۸/۱۱	۲۸
شمال شرقی	۱۴/۴۵	۱۳/۶	۲۵/۷	۴۱/۹	۰/۰۳۵	متوسط	۴۶/۱۳	۲۹
شمال شرقی	۲۲	بدون داده	بدون داده	بدون داده	۰/۰۵۷	خیلی ضعیف	۴۱/۲۴	۳۰
شمال شرقی	۲۲	۲۰/۶	۲۹/۷	۴۶	۰/۰۳۳	متوسط	۴۵/۴۷	۳۱
شمالی	۲۲	۲۲	۳۱/۲	۴۷	۰/۰۲۴	متوسط	۴۹/۶۵	۳۲
شمالی	۳۰/۲۱	۱۶/۱	۲۵/۲	۴۴	۰/۰۰۴	ضعیف	۴۴/۴۳	۳۳
جنوب شرقی	۳۴/۱۲	۲۱/۷	۳۰/۸	۴۹/۸	۰/۰۶۶	متوسط	۴۲/۸۶	۳۴
جنوبی	۴۶	۱۵	۲۴/۲	۳۵/۳	۰/۰۴۷	ضعیف	۳۹/۴۷	۳۵
شمالی	۲۲/۷	۱۷/۶	۲۶/۸	۴۶/۳	۰/۰۱۲	ضعیف	۴۸/۵۴	۳۶
-	۳۳	۱۶/۵±۱	۲۶/۷±۰/۷	۴۳/۵±۱/۱۶	۰/۰۴۲	-	۴۲/۵۳	کل

در برخی زیرحوزه‌ها به دلیل عدم وجود راه‌های دسترسی شاخص‌های LFA به روش زمینی اندازه‌گیری نشده است.

جدول ۳- اطلاعات کلی درصد پوشش گیاهی، شاخص LI، شاخص‌های LFA درصد شیب و جهات شیب در زیرحوزه‌های مطالعاتی در منطقه شهرضا

جهت غالب	متوسط شیب منطقه (درصد)	شاخص‌های LFA			شاخص LI	متوسط درصد پوشش (برآورد SAVI)	نام زیرحوزه
		چرخه مواد غذایی (درصد)	نفوذپذیری (درصد)	پایداری (درصد)			
شمال شرقی	۳	۱۲/۱	۱۵/۵	۴۵/۵	۰/۱۲۱	۳۱/۰۰۷	۱
شمال شرقی	۳	۱۱/۸	۱۴/۳	۴۴/۵	۰/۱۹	۳۰/۰	۲
شمال شرقی	۳	۱۲/۱	۱۵	۴۵/۳	۰/۱۵۳	۳۱/۰۴	۳
شرقی	۳	۱۶/۳	۲۰	۵۰	۰/۱۱۵	۳۲/۰۴	۴
شمال شرقی	۳	۱۶/۲	۱۹/۸	۴۹/۶	۰/۱۱۹	۳۲/۰	۵
شمال شرقی	۳	۱۵/۸	۱۹/۲	۴۳/۶	۰/۱۷۱	۲۹/۶۲	۶
شمال شرقی	۳	۱۶/۷	۲۰/۱	۴۲/۱	۰/۱۳۴	۳۰/۲	۷
شمال شرقی	۳	۱۴/۷	۱۷	۴۳/۳	۰/۱۶۳	۲۹/۴۳	۸
شمال شرقی	۳	۱۵/۶	۱۸/۵	۴۵/۷	۰/۱۴۵	۳۱/۳۲	۹
شمالی	۳	۱۶/۱	۱۹/۹	۴۹	۰/۱۶۲	۳۲	۱۰
شمال شرقی	۳	۱۴/۸	۱۹/۱	۴۲	۰/۱۸	۳۰	۱۱
شمال شرقی	۳	۱۴/۶	۱۸/۷	۴۱/۹	۰/۱۵۳	۲۹/۶	۱۲
شمال شرقی	۳	۱۴/۷	۱۹	۴۲/۲	۰/۱۳	۳۰/۴۸	۱۳
شمال شرقی	۳	۱۵/۳	۱۹/۵	۴۹/۳	۰/۱۵۷	۳۰/۶۶	۱۴
-	۳	۱۴/۷۷±۰/۴۳۳	۱۸/۲±۰/۵۲	۴۵/۹±۰/۹	۰/۱۴	۳۰/۷	کل

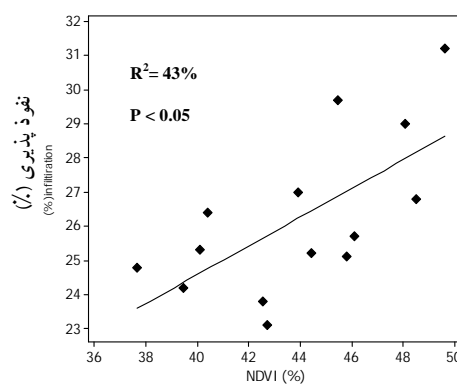
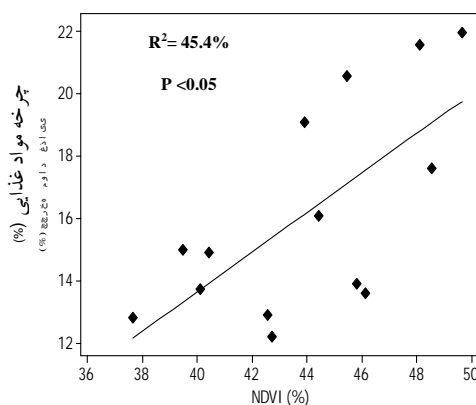
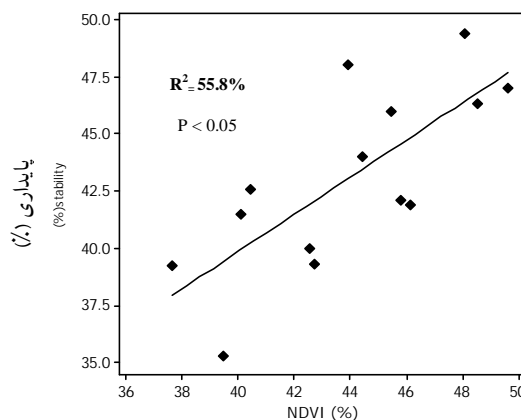
جدول ۴- نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش توکی برای شاخص‌های LFA در مناطق مطالعاتی

p-value	چرخه مواد غذایی (درصد)	نفوذپذیری (درصد)	پایداری (درصد)	
۰	۱۶/۵±۱c	۲۶/۷±۰/۷b	۴۳/۵±۱/۱۶a	نیمه‌استبی
۰	۱۴/۷۷±۰/۴۳۳c	۱۸/۲±۰/۵۲b	۴۵/۹±۰/۹ a	استبی

میانگین اعداد برای هر شاخص به صورت ردیفی باهم مقایسه شدند. حروف مشابه از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

نتایج مندرج در جدول ۳ نشان می‌دهد به دلیل کمبود پوشش گیاهی در این منطقه نسبت به آنچه عملکرد مرتع کمتر و مقدار شاخص نشت (LI) بالاتر است. در این بخش مطالعاتی پوشش گیاهی غالب *-launea Scariola-orientalis-Spinosa* به علت سطح یقه کافی نقش مهمی در جهت حفظ منابع منطقه دارند. در این منطقه برای کل حوزه مطالعاتی با متوسط پوشش ۳۰/۷ درصد میزان LI ۰/۱۴ برآورد گردید که نشان‌دهنده حفظ منابع (آب، خاک و مواد غذایی) در منطقه می‌باشد. از طرفی هموار بودن منطقه با وجود پوشش گیاهی پراکنده تأثیر بسزایی در نگهداشت منابع دارد. زیرا با کاهش شیب و افزایش پوشش گیاهی ضریب رواناب کاهش یافته و آنگاه هدررفت منابع کمتر می‌شود. همچنین نتایج حاصل از شاخص‌های LFA نشان می‌دهد با وجود معنی‌داری بین شاخص‌های LFA نوع فرم رویشی غالب منطقه و میزان پوشش آن در پایداری خاک نقش مهمتری نسبت به نفوذپذیری و چرخه مواد غذایی ایفا می‌کنند (جدول ۴).

آزمون همبستگی پیرسون در سطح ۵ درصد ($\alpha = 0.05$) نشان داد که بین مقادیر به‌دست آمده از شاخص LI با شاخص‌های LFA (در منطقه نیمه‌استپی $P < 0.05$ و $R^2 = 0.56$) و در منطقه استپی $P < 0.05$ و $R^2 > 0.45$) و بین شاخص LI با شاخص‌های گیاهی NDVI و SAVI (به ترتیب $R^2 = 0.84$ و $R^2 = 0.97$) در منطقه استپی شهرضا) همبستگی منفی معنی‌داری وجود دارد، یعنی با کاهش مقدار LI و افزایش مقدار شاخص‌های LFA میزان هدررفت منابع حیاتی کاهش یافته، آنگاه همبستگی منفی معنی‌داری بین مقادیر LI و LFA به وجود می‌آید (جدول ۵). افزون بر این یافته‌ها همبستگی منفی معنی‌داری بین شاخص LI با شاخص‌های گیاهی NDVI و SAVI نشان می‌دهند. همچنین شکل‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهند که رابطه خطی مثبت معنی‌داری بین شاخص‌های LFA (پایداری، نفوذپذیری و چرخه مواد غذایی) و شاخص‌های گیاهی NDVI و SAVI در مناطق خشک و نیمه‌خشک وجود دارد (در منطقه نیمه‌استپی $P < 0.05$ و $R^2 > 0.43$ و در منطقه استپی $P < 0.05$ و $R^2 > 0.35/5$).

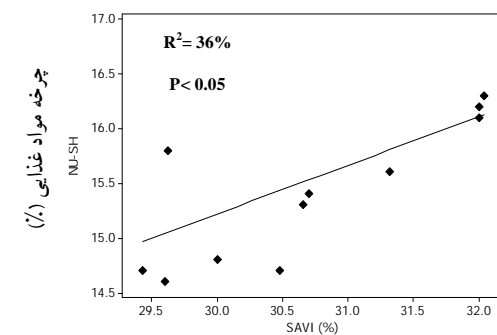
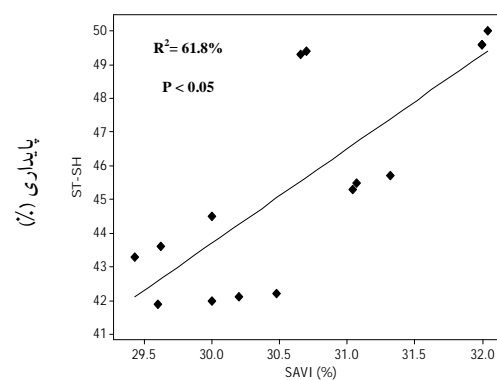
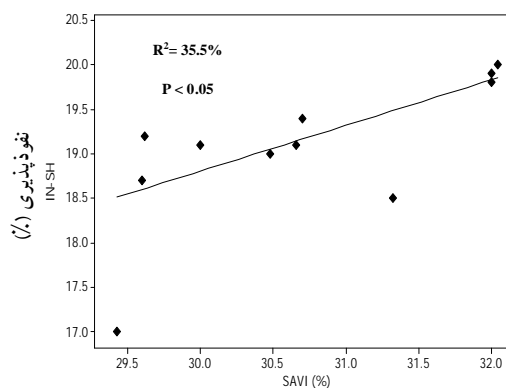


شکل ۴- میزان ارتباط بین شاخص گیاهی NDVI و شاخص‌های LFA در منطقه نیمه‌استپی آغچه

بحث

نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های LFA و LI در مناطق مطالعاتی استپی و نیمه‌استپی در غرب و جنوب استان اصفهان نشان داد که درصد پوشش گیاهی، نوع فرم رویشی و تیپ غالب، شرایط فیزیوگرافی (شیب و جهت غالب) اهمیت بسزایی در به دام انداختن منابع حیاتی و حفظ آن دارند. اهمیت این عوامل توسط سایر محققان (Bastin *et al.*, 2009; Maestre *et al.*, 2002; *et al.*, 2004; *et al.*, 2012; Van der *et al.*, 2011; Kwok & WaltKakembo *et al.*, 2012 Bautista 2012; *et al.*, 2013; Gaitán *et al.*, 2013; Andalibi Mayor, *et al.* 2013; Lozano *et al.* 2013) نیز تأیید شده است. شیب به‌عنوان یکی از عوامل پستی و بلندی در بوم‌شناسی مرتع بر مقدار بارش و پایداری سطح خاک تأثیر می‌گذارد. درصد شیب یکی از عوامل محدود کننده چرای دام نیز می‌باشد، زیرا در اراضی شیب‌دار افزون بر کاهش تولید علوفه، خطر فرسایش نیز وجود دارد (آذرنبوند و زارع چاهوکی، ۱۳۸۹).

در مطالعه‌ای دیگر Valentin و همکاران (1999) بیان کردند چشم‌اندازهایی که در امتداد خطوط شیب پوشش گیاهی بیشتری دارند آب بیشتری را جذب و زی‌توده بزرگ‌تری را نسبت به چشم‌اندازهایی که الگوی پوشش گیاهی آنها نقطه نقطه (Spotted) است، ایجاد می‌کنند و نتایج تحقیق حاضر نیز این امر را اثبات می‌کند. در مطالعه حاضر بیشترین قسمت حوزه‌های مطالعاتی در جهت شمال‌شرقی (استپی ۲۳ درصد و نیمه‌استپی ۲۷ درصد) و بعد از آن در جهت شمالی (استپی ۱۰ درصد و نیمه‌استپی ۱۸ درصد) قرار دارد، به طور کلی با توجه به اینکه شیب‌های شمالی تابش کمتری دریافت می‌کنند میزان تبخیر و تعرق کاهش یافته و میزان رطوبت خاک حفظ می‌شود، در نتیجه درصد پوشش تاجی افزایش یافته و سبب بهبود عملکرد حوزه‌های مطالعاتی شده است.



شکل ۵- میزان ارتباط بین شاخص گیاهی SAVI و شاخص‌های LFA در منطقه استپی شهرضا

جدول ۵- میزان همبستگی شاخص‌های SAVI، NDVI و شاخص‌های LFA با شاخص نشت LI در مناطق مطالعاتی آغچه و شهرضا

p-value*	ضریب همبستگی پیرسون	متغیرها	مناطق مطالعاتی
۰/۰۰۲	-۰/۸۴	LI-NDVI	
۰/۰۳	-۰/۵۶۸	LI-پایداری	
۰/۰۴	-۰/۶۵۶	LI-نفوذپذیری	آغچه (نیمه‌استپی)
۰/۰۴۶	-۰/۵۸۷	LI-چرخه موادغذایی	
۰/۰۲	-۰/۹۷	LI-SAVI	
۰/۰۰۱	-۰/۶۳	LI-پایداری	
۰/۰۴۵	-۰/۴۵	LI-نفوذپذیری	شهرضا (استپی)
۰/۰۳۹	-۰/۵۰	LI-چرخه موادغذایی	

* : معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵

چشم‌انداز بسیار صاف و هموار با خاک پایدار منابع بیشتری نسبت به یک چشم‌انداز شیب‌دار با خاک فرسایش یافته حفظ می‌کند، با این حال در شرایط یکسان، گیاهان چندساله (به‌عنوان موانع سطحی) عملکرد مناسبی در حفظ منابع دارند. در مطالعه‌ای دیگر (Ludwig et al., 2007) بیان کردند که نوع پوشش گیاهی غالب تأثیر فراوانی در حفظ منابع حیاتی دارد، همچنین آنان اظهار داشتند که اگر در ترکیب گیاهی مناطق مطالعاتی ۱۵٪ گراس‌های بلند، ۲۰٪ گراس‌های کوتاه و ۳۲٪ گیاهان نمدی (Stoloniferous mat-forming grass Indian couch) وجود داشته باشد ۵۰٪ منابع در سیستم حفظ خواهد شد. در مطالعه حاضر ملاحظه می‌شود در بعضی زیرحوزه‌ها باوجود بالا بودن درصد پوشش، میزان شاخص LI بیشتر از زیرحوزه‌هایی است که پوشش کمتری دارند، که علت آن را می‌توان نوع فرم رویشی غالب (گیاهان یکساله) دانست. همچنین بالا بودن میزان شاخص نشت (LI) در برخی زیرحوزه‌های مطالعاتی مانند ۸ و ۱۰ در منطقه استپی و در زیرحوزه‌های ۳، ۶، ۱۲، ۲۲ و ۳۴ در منطقه نیمه‌استپی را می‌توان به وجود صخره‌های سنگی، شیب زیاد، درصد پایین پوشش گیاهی و نوع فرم رویش غالب (گیاهان یکساله) نسبت دانست، که با نتایج یافته‌های سایر محققان (Andalibi et al., 2013;

همچنین نتایج نشان داد که گونه‌های مختلف جنس گون (*Astragalus spp*) و گونه‌های گراس چندساله نظیر *Bromus tomentellus* *Agropyron trichoforum* از گیاهانی با فرم‌های رویشی مختلف را ایجاد می‌کنند که فاصله بین بوته‌های گون و یا همچنین گاهی اوقات در داخل و لابه‌لای شاخ و برگ گون‌ها گراس‌های چندساله رشد کرده و باعث می‌شوند که به‌خوبی آب و مواد غذایی حاصل از رواناب نواحی بدون پوشش، در این لکه‌ها گیر افتاده و بدین ترتیب در حفظ منابع کارایی بالایی دارند و در نتیجه باعث بهبود عملکرد اکوسیستم می‌شوند (قدسی و همکاران ۱۳۹۰؛ Post 2005; Kakembo et al., 2012; Lozano et al., 2013; McIntyre). نتایج مطالعه McIntyre و همکاران (2005) نشان داده است که گراسلندهای بلند و چرا نشده عملکرد بالاتری نسبت به گراسلندهای کوتاه و چرا شده دارند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در تأیید یافته‌های سایر تحقیقات (Bastin et al., 2002; Andalibi et al., 2013) نتایج این تحقیق نشان داد که یک چشم‌انداز با چند مانع کوچک (سطوح بزرگ و باز) به آسانی منابع ضروری (آب خاک و مواد غذایی) را از دست می‌دهند. البته ویژگی‌های چشم‌انداز مانند نوع خاک و نیز شیب روی نشت چشم‌انداز (هدررفت منابع) اثر می‌گذارد. به‌عنوان مثال، یک

- مقدم، م. ۱۳۹۱، مرتع و مرتع‌داری، چاپ چهارم، مؤسسه انتشارات و چاپ، دانشگاه تهران، ۴۸۲ صفحه.
- Andalibi, L., Jafari, R., Bashari, H. 2013. Performance analysis of a remotely-sensed leakiness index for rangeland function assessment in semi-steppe rangelands of Isfahan province. *Rangeland*, 7 (3): 238-247. (In Persian).
- Ata Rezaei, S., Arzani, H., Tongway, D., 2006. Assessing rangeland capability in Iran using landscape function indices based on soil surface attributes. *Journal of Arid Environments*, 65 (3): 460-473.
- Bartley, R., Roth, C.H., Ludwig, J., McJannet, D., Liedloff, A., Corfield, J., Abbott, B. 2006. Runoff and erosion from Australia's tropical semi-arid rangelands: Influence of ground cover for differing space and time scales. *Hydrological Processes*, 20 (15): 3317-3333.
- Bastin, G.N., Ludwig, J.A., Eager, R.W., Chewings, V.H., Liedloff, A.C., 2002. Indicators of landscape function: comparing patchiness metrics using remotely-sensed data from rangelands. *Ecological Indicators*, 1: 247-260.
- Derbel, S., Cortina, J., Chaieb, M., 2009. *Acacia saligna* plantation impact on soil surface properties and vascular plant species composition in central Tunisia. *Arid Land Research and Management*, 23 (1): 28-46.
- Dunwoody, E., Apan, A., Liu, X., 2013. Effects of spatial resolution on measurement of landscape function using the landscape leakiness calculator. In *Proceedings of the Surveying and Spatial Sciences Conference (SSSC 2013)*: 1-15. Surveying and Spatial Sciences Institute.
- Ebrahimi Khusfi M. Darvishzade R. Matkan A.A., Ashourloo D. 2010. Drought Assessment in Arid Regions Using Vegetation Indices- a Case Study of "Shirkoooh of Yazd" in Central Iran. *Environmental Sciences*, 7 (4): 59-72. (In Persian).
- Forouzeh, M., Sharafatmandrad, M., 2012. The effect of water spreading system on the functionality of rangeland ecosystems. *Journal of Arid Land*, 4 (3): 292-299.
- Gaitán, J.J., Bran, D., Oliva, G., Ciari, G., Nakamatsu, V., Salomone, J., Maestre, F.T., 2013. Evaluating the performance of multiple remote sensing indices to predict the spatial variability of ecosystem structure and functioning in Patagonian steppes. *Ecological Indicators*, 34: 181-191.
- Ghodsi, M., Mesdaghi, M., Heshmati, G.H. A., 2012. Effect of different growth forms on soil surface features (Case study: Semi-steppe rangeland,

(Ludwig *et al.*, 2007) مطابقت دارد. این مطالعه نشان داد با استفاده از داده‌های دورسنجی مانند شاخص نشت یا LI می‌توان عملکرد را در سطح وسیع برای کاربری‌های مختلف و تیپ‌های گیاهی مختلف تعیین کرد. البته برای بالا بردن میزان دقت و صحت برنامه‌های ارزیابی و پایش استفاده از روش‌های زمینی نظیر LFA به همراه داده‌های سنجش از دور بسیار مؤثر و کاراست (Andalibi *et al.* 2013). علاوه بر این نتایج بیانگر آن است که شاخص‌های گیاهی NDVI و SAVI می‌توانند به‌عنوان روش‌های مناسب در پایش و ارزیابی وضعیت عملکرد در این اکوسیستم‌ها به‌کار روند (Gomez, & Maestre 2011).

به طور کلی نتایج حاصل از روش میدانی LFA و روش سنجش از دور LI نشان داد که با استفاده از این شاخص‌ها علاوه بر تعیین فرم‌های رویشی مؤثر و کارا در حفظ منابع، می‌توان مناطق بحرانی و در معرض فرسایش را شناسایی کرد. به‌عنوان مثال با تلفیق روش‌های مذکور می‌توان مناطقی را که کمترین عملکرد و بیشترین نشت (هدر رفت منابع حیاتی) را دارند شناسایی و اطلاعات ارزشمندی را برای مدیران برای انجام کارهای اصلاحی در مقیاس نقطه‌ای و زیرحوزه‌ای فراهم کند.

منابع مورد استفاده

- آذرنیوند، ح.، زارع چاهوکی، م.، ۱۳۸۹. بوم‌شناسی مرتع. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ۳۵۴ صفحه.
- حکیمی میبیدی، م.ح.، صادقی نیا، م.، داهی، م.، ر.، ۱۳۸۸. شناسایی گیاهان مرتعی ایران. مرکز نشر دانشگاهی، ۲۰۶ صفحه.
- زبیری، م.، مجد، ع.، ۱۳۸۷. آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی اطلاعات ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، فضایی. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هفتم، ۳۱۷ صفحه.
- علوی پناه، م.، ۱۳۹۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم، ۴۷۷ صفحه.
- مصداقی، م.، ۱۳۸۸. بوم‌شناسی گیاهی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول، ۱۸۷ صفحه.

- Munro, N. T., Fischer, J., Wood, J., Lindenmayer, D.B., 2012. Assessing ecosystem function of restoration plantings in south-eastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 282: 36-45.
- Parker, D.M., Bernard, R.T.F., Adendorff, J., 2009. Do elephants influence the organisation and function of a South African grassland? *Rangeland Journal*, 3 (4): 395-403.
- Paruelo, J., Garbulsky, M.F., Guerschman, J.P., Jobbagy, E.G., 2004. Two decades of normalized difference vegetation index changes in South America: identifying the imprint of global change. *International Journal of Remote Sensing*, 25: 1-14.
- Plant, M., Shiecover, P., Pike, D., Heric, G. 2000. Interpreting indicators of rangeland health: 20 p. In Arzani, H., Zandi Isfahani, E. (Eds) (In Persian).
- Post, D., 2005. Impact of grazing on sediment and nutrient concentrations in streams draining rangelands of the Burdekin catchment. Australian Water Association; OZWATER watershed: the turning point for water. Australia, 5-6 May, 5260.
- Rahdari, V., Maleki, S., Najafabadi, S., 2010. Compression of Vegetation Indices for Vegetation Cover Mapping in Arid and Semi-arid Environment Using Satellite Data (case study: Mouteh Wild Life Sanctuary). *Journal of Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science*, 1 (1): 79-87. (In Persian).
- Sellers, P.J., 1985. Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration. *International Journal, of Remote Sensing* 6 (8): 1335-1372.
- Tongway, D.J., Hindley, N.L., 2004. Landscape function analysis manual: procedures for monitoring and assessing landscapes with special reference to minesites and rangelands. Canberra, ACT: CSIRO Sustainable Ecosystems.
- Tongway, D., Hindley, N., 1995. Manual: Assessment of soil condition of tropical grasslands. Canberra, Australia: CSIRO, 60 p
- Tucker, C.J., Townshend, J.R., Goff, T.E., 1985. African land-cover classification using satellite data. *Science*, 227: 369-375
- Valentin, C., d'Herbès, J.M., Poesen, J., 1999. Soil and water components of banded vegetation patterns. *Catena*, 37 (1): 1-24.
- Van der Walt, L., Cilliers, S. S., Kellner, K., Tongway, D., Van Rensburg, L. 2012. Landscape functionality of plant communities in the Impala Platinum mining area Rustenburg. *Journal of Environmental Management*, 113: 103-116.
- Golestan National Park). *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 24 (93): 63-69. (In Persian).
- Gomez, M.G., T. Maestre, F.T., 2011. Remote sensing data predict indicators of soil functioning in semi-arid steppes. central Spain. *Ecological Indicators*, 11 (5): 1476-1481.
- Ji, L., Peters, A.J., 2003. Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices. *Remote Sensing of Environment*, 87(1): 85-98.
- Kakembo, V., Ndlela, S., Cammeraat, E., 2012. Trends in vegetation patchiness loss and implications for landscape function: the case of *Pteronia Incana* invasion in the Eastern Cape Province, South Africa. *Land Degradation & Development*, 23 (6): 548-556.
- Kallel, A., Sylvie, L., Catherine O., Laurence, H., 2007. Determination of vegetation cover fraction by inversion of a four-parameter model based on isoline parametrization. *Remote Sensing of Environment*, 111 (4): 553-566.
- Kwok, A., Eldridge, D., Oliver, A.I., 2011. Do landscape health indices reflect arthropod biodiversity status in the eucalypt woodlands of eastern Australia? *Austral Ecology*, 36: 800-813.
- Lozano, F. J., Soriano, M., Martínez, S., Asensio, C., 2013. The influence of blowing soil trapped by shrubs on fertility in Tabernas District (SE Spain). *Land Degradation & Development*, 24 (6): 575-581.
- Ludwig, J.A., Tongway, D., 1997. The conservation of water and nutrients within landscapes. Ludwig, J.A., Tongway, D., Freudenberg, D., *et al.* *Landscape Ecology Function and Management: Principles from Australia's Rangelands*. Collingwood: CSIRO publishing.
- Ludwig, J.A., Tongway, D.J., Bastin, G.N., James, C.D., 2004. Monitoring ecological indicators of rangeland functional integrity and their relation to biodiversity at local to regional scales. *Austral Ecology*, 29(1): 108-120.
- Maestre, F.T., Cortina, J., 2004. Insights into ecosystem composition and function in a sequence of degraded semiarid steppes. *Restoration Ecology*, 12 (4): 494-502.
- Mayor, A., Bautista, S., 2012. Multi-scale evaluation of soil functional indicators for the assessment of water and soil retention in Mediterranean semiarid landscapes. *Ecological Indicators*, 20: 332-336.
- McIntyre, B. S., Tongway, D., 2005. Grassland structure in native pastures: links to soil surface condition. *Ecological Management & Restoration*, 6 (1): 43-50.