

بررسی تغییرات ساختاری حوزه آبخیز انزلی براساس رهیافت اکولوژی

سیمای سرزمین

محمد پناهنده^{۱*} و ماندانا عزیزی^۲

۱- استادیار پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی

۲- کارشناس پژوهشی پژوهشکده محیط زیست جهاد دانشگاهی

(تاریخ دریافت ۹۸/۰۹/۱۶- تاریخ پذیرش ۹۸/۱۱/۱۲)

چکیده:

حوزه آبخیز انزلی از مهم ترین حوزه های استان گیلان بوده که تالاب بین المللی انزلی را در خود جای داده است. هدف این تحقیق بررسی تغییرات ساختاری حوزه آبخیز انزلی از طریق بررسی تغییرات زمانی الگوی سیمای سرزمین و کمک گرفتن از چارچوب مفهومی DPSIR برای شناسایی وضعیت حوزه آبخیز تالاب انزلی و ارائه راهکارهای مناسب برای حفاظت و مدیریت یکپارچه سیمای سرزمین بوده است. در تحقیق حاضر جهت بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور، از تصاویر ماهواره ای لندست برای سال های ۱۹۹۴، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ استفاده شد. سپس از سنجش های سیمای سرزمین NP, CA, PD, PLAND, LPI, CORE-AM جهت کمی سازی و بررسی پدیده های رخ داده در سرزمین استفاده گردید. در این راستا، پوشش اراضی جنگل، کشاورزی، شهری و آب که مهم ترین تغییرات را داشتند مد نظر قرار گرفتند. سپس با کمک گرفتن از چارچوب مفهومی DPSIR مهمترین نیروهای محرکه، تغییرات و فشارها و پیامدهای مترتب بر آنها تعیین گردید. تحلیل سنجش ها نشان داد که در سطح اراضی جنگلی و بدون پوشش پدیده حذف، اراضی کشاورزی و شهر پدیده خلق یا ایجاد، اراضی مرتعی پدیده توسعه و در سطح کلاس آب پدیده قطعه قطعه شدن روی داده است. نتایج مدل کیفی DPSIR نشان داد که عامل اصلی تغییر در حوزه آبخیز انزلی رشد جمعیت، سکونتگاه ها و مناطق شهری و توسعه کشاورزی است. در مجموع پدیده های رخ داده در سیمای سرزمین مورد بررسی بیانگر آن است که لکه های اختلالی شهری و کشاورزی از طریق وقوع الگوی خلق یا ایجاد، توسعه یافته و لکه های طبیعی مانند جنگل و آب از طریق وقوع الگوهای حذف و تکه تکه شدن تخریب شده اند.

کلید واژگان: حوزه آبخیز انزلی، سنجش های سیمای سرزمین، تغییرات کاربری، چارچوب DPSIR

۱. مقدمه

تغییر در کاربری و پوشش زمین از جمله مهم‌ترین محرک‌های تغییر اکوسیستم زمینی (Houghton, 1994; Lambin, 1997; Petit and Lambin, 2002) با تاثیر بر چرخه جهانی کربن (Houghton, 1999 *et al.*), آب و هوا (DeFries *et al.*, 1997;) و تنوع زیستی (Luvall, 1997; Sala *et al.*, 2000) و اکولوژی سیمای سرزمین (Reid *et al.*, 2000; Wickham *et al.*, 2000) است. تغییر پوشش کاربری اراضی باعث ایجاد تغییرات چشم‌گیر در الگوهای سیمای سرزمین می‌شود و تا حد زیادی بر تنوع زیستی منطقه‌ای و فرآیندهای زیست محیطی تاثیر می‌گذارد، بنابراین بررسی و مشاهده تغییرات کاربری اراضی برای فهم پویایی پوشش کاربری اراضی در مقیاس‌های زمانی مختلف، برای مدیریت مؤثر بر زمین امری بسیار ضروری و با اهمیت است (Jing-hu, 2005). کاربری اراضی می‌تواند در هر مقیاس مکانی تغییر کند. حوزه‌های آبخیز کوچک مقیاس دارای خصوصیات چرخه هیدرولوژی منحصر به فرد و الگوهای تبادل انرژی هستند و می‌تواند اکوسیستم‌ها را در مقیاس بزرگ‌تر تحت تاثیر قرار دهد و متعاقباً منجر به تغییر سیمای سرزمین شود. فرآیند توسعه منابع زمینی و آبی باعث تخریب جنگل ابتدایی و ایجاد جنگل مصنوعی یا اراضی مسکونی می‌شود (Fan, 1999; Wang *et al.*, 1993). بنابراین، تغییرات کاربری اراضی به دلیل فعالیت‌های انسانی تاثیرات عمیقی بر عملکردهای الگوی سیمای سرزمین دارد (Gautam *et al.*, 2003). سنجش‌های سیمای سرزمین (Landscape Metrics) ابزارهایی جهت اندازه‌گیری، کمی‌سازی و بیان وجوه مختلف الگوی سیمای سرزمین در یک لحظه از زمان هستند

(Herold *et al.*, 2003; Narumalani *et al.*, 2004). تصاویر ماهواره‌ای به همراه سنجش‌های سیمای سرزمین می‌تواند تغییرات پوشش/کاربری اراضی را همراه با تغییر در ساختار و نوع ترکیب الگوهای مکانی سیمای سرزمین نمایش دهند. نتایج مطالعات متعدد نشان می‌دهد که این سنجش‌ها ابزاری مناسب برای ارزیابی تغییرات پوشش/کاربری زمین است و از آن می‌توان برای برنامه‌ریزی محیط‌زیست در جهت رسیدن به توسعه پایدار استفاده کرد (Buyantuyev *et al.*, 2009; Ji, 2008; Tsung Yeh & Li DPSIR, 2009; Huang, 2009). در این زمینه چهارچوب (نیرو محرکه، فشار، وضعیت، پیامد و پاسخ) که توسط UNEP (برنامه محیط‌زیست سازمان ملل) ارائه و در ارزیابی‌های آژانس محیط‌زیست اروپا به کار گرفته شد (EEA, 1999; UNCSD, 1995)، این امکان را فراهم می‌کند تا همه فرآیندها و سیاست‌گذاری‌ها را بوسیله شناسایی ارتباط علت و معلولی بین عناصر زنجیره تعامل انسان و محیط را ترسیم نمود. (Giupponi and Vladimirova, 2006). مدل DPSIR از مخفف پنج کلمه نیروی‌های محرکه (Driving forces) فشارها (Pressures)، وضعیت (State)، پیامد (Impact) و پاسخ‌ها (Responses) تشکیل شده است. نیرو محرکه، نیروهایی هستند که به مشکلات زیست‌محیطی می‌انجامند. فشارها، فعالیت‌های انسانی هستند که سبب تخریب و پاسخ‌ها نیز فعالیت‌هایی هستند که توسط جامعه انسانی با هدف کم کردن فشارهای محیط‌زیستی و ارتقای کیفیت محیط انجام می‌شوند (T.Wul & Wu, J, 2012). DPSIR ابزاری برای تلفیق اطلاعات اقتصادی، اجتماعی و طبیعی در قالب چارچوبی برای تحلیل‌های دقیق‌تر است (Bidone &

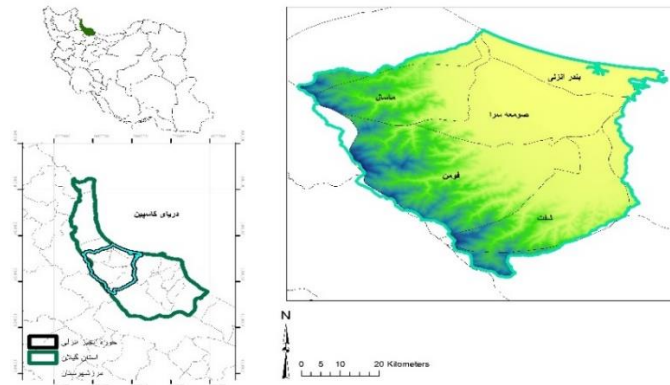
اکوسیستمی را در مدل DPSIR به عنوان شاخص‌های اکولوژیکی با توجه به مفهوم خدمات اکوسیستمی نشان دادند. نتایج آنها نشان داد که نیرو محرکه‌های شناسایی شده فشارهایی از طریق تغییرات و نوسانات ساختاری بر تالاب نمایان می‌کنند. نوآوری این تحقیق، تمرکز بر شناسایی پدیده‌های رخ داده در کلاس‌های مختلف سیمای سرزمین از طریق تجزیه و تحلیل سنجه‌های سیمای سرزمین و نقش آنها در انسجام و یکپارچگی حوزه بوده است.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز انزلی بخشی از حوزه آبخیز دریای خزر محسوب می‌شود که با مساحتی معادل ۳۲۱۵۰۰ هکتار بین مختصات جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۵ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۴۹ درجه ۱۲ دقیقه و ۲ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه و ۱ ثانیه تا ۳۷ درجه ۳۴ دقیقه و ۲۶ ثانیه عرض شمالی قرار دارد. شکل ۱ موقعیت حوزه آبخیز انزلی در ایران و مدل رقومی ارتفاع آن را نشان می‌دهد که بیش‌ترین ارتفاع آن از سطح دریا ۳۰۰۰ متر و کم‌ترین ارتفاع آن ۹۰ متر زیر سطح دریاست. این حوزه بر اساس تقسیمات کشوری شهرستان‌های فومن، صومعه‌سرا، شفت، ماسال، بندر انزلی و تالاب بین‌المللی انزلی را در بر می‌گیرد. جمعیت این حوزه ۴۶۳۲۷۲ و میانگین بیشینه دما ۱۷/۵ و کمینه دما در ارتفاعات ۸/۲ سانتیگراد است. رشته‌کوه‌های البرز همانند دیواری در باختر و جنوب حوزه کشیده شده‌اند. از ویژگی‌های منحصر به فرد اقلیمی این حوزه وجود تالاب انزلی است که از نظر زیست‌محیطی، اقتصادی و سیاحتی دارای اهمیت ویژه می‌باشد.

(Lacerda., 2004). Pullanikkatil و همکاران در سال ۲۰۱۶ در حوزه رودخانه Likangala مالای با استفاده از روش سنجش از دور و رویکرد DPSIR به بررسی تغییرات کاربری و تاثیر آن بر ارائه خدمات اکوسیستم پرداختند. این مطالعه نشان داد که محرک‌های اصلی تغییر در این حوزه، تقاضا برای زمین‌های کشاورزی با افزایش جمعیت است. Benini و همکاران در سال ۲۰۱۰ به ارزیابی تغییرات کاربری رودخانه Lamone در شمال ایتالیا با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و DPSIR پرداختند. نتایج تجزیه و تحلیل آنها کاهش شاخص تنوع شانون و افزایش مقادیر زیستگاه انسانی را نشان می‌دهد. نتایج تجزیه و تحلیل تعادل هیدرولوژیکی نشان داد، افزایش کشاورزی باعث کمبود آب در منطقه شده است. Palmer و همکاران در سال ۲۰۱۱ به ارزیابی توسعه ساحلی و تغییر کاربری اراضی با استفاده از چارچوب DPSIR در کیپ شرقی در آفریقای جنوبی پرداختند. توسعه و تغییر کاربری اراضی با ترکیبی از عوامل اجتماعی، اقتصادی و قانونی برای مدیریت و برنامه‌ریزی‌های آینده انجام گرفت. آنها دریافتند که گسترش تجمعات شهری ساحلی به مناطق کمتر توسعه یافته باعث فشار بیشتر در محیط طبیعی می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر، مدیریت پایدار اکوسیستم‌های تالابی توسط Saadati و همکاران در سال ۲۰۱۳ با استفاده از رویکرد DPSIR انجام شد. به منظور ایجاد ساختار DPSIR نخست منابع در دسترس را با هدف شناسایی مشکلات نمایه کردند. سپس هر نمایه را در دسته‌ای از مؤلفه‌های DPSIR قرار دادند و ارتباط بین مؤلفه‌های مختلف تعیین شده را در مدل مفهومی تعیین کردند. Jahani Shakib و همکاران در سال ۲۰۱۳ در پژوهشی قابلیت به کارگیری خدمات



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان گیلان

۲-۲. تهیه نقشه پوشش زمین

نمایان‌گر کل تغییر پدیده‌های زمینی باشد را افزایش می‌دهد. در این مطالعه نمونه‌های آموزشی مربوط به سال‌های مورد نظر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای موجود در Google Earth و نقشه‌ی کاربری اراضی تهیه شده با استفاده از طبقه‌بندی نظارت‌نشده به دست آمدند. در هر یک از تصاویر بخشی از نمونه‌های آموزشی انتخاب شده برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و بخشی دیگر برای برآورد صحت نتایج حاصل از الگوریتم طبقه‌بندی به کار گرفته شدند. سپس نقشه پوشش اراضی حوزه آبخیز انزلی با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال (Maximum Likelihood) برای هر سه سال در شش کلاس اصلی مناطق کشاورزی، شهر، مرتع، جنگل، بدون پوشش و پیکره آبی تهیه گردید. لذا برای اطمینان از صحت طبقه‌بندی اقدام به ارزیابی دقت طبقه‌بندی شد (Anderson et al., 1976). بنابراین به منظور بررسی دقت طبقه‌بندی نسبت به محاسبه پارامترهای آماری صحت کل و ضریب کاپا اقدام شد.

۲-۳. سنجش‌های سیمای سرزمین

اصول اکولوژی سیمای سرزمین می‌تواند به عنوان رهیافتی همه‌جانبه‌نگر در طراحی سیمای سرزمین استفاده شود. این رهیافت نه فقط مباحث اکولوژیک و زیستی را در طراحی سیمای سرزمین مطرح می‌کند

به منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی جهت بررسی وضعیت حوزه آبخیز انزلی، تصاویر ماهواره‌ای لندست TM برای سال‌های ۱۹۹۴ و ۲۰۰۸ و لندست OLI-8 برای سال ۲۰۱۸ در ماه June (ژوئن) از سایت زمین‌شناسی آمریکا (USGS) اخذ گردید. با توجه به شرایط اقلیمی خاص منطقه تصاویر از لحاظ ابری بودن و وجود مه بررسی شدند و سعی شد تاریخ تصاویر از نظر روز برداشت به هم نزدیک باشند. تصحیح هندسی و زمین مرجع نمودن تصاویر لندست TM با استفاده از تصویر زمین مرجع شده OLI در نرم‌افزار ENVI 5.3 و به روش نزدیک‌ترین همسایه انجام پذیرفت. تصاویر زمین مرجع شده از لحاظ سیستم مختصات جغرافیایی (UTM-Z39n) و بیضوی محاسباتی WGS84 نیز یکسان شدند. سپس تصحیح طیفی تصاویر به منظور بارز ساختن پدیده‌ها و بالا بردن سطح کیفی تصاویر و حذف تاثیرات نامطلوب نور و اتمسفر در تصاویر صورت گرفت. در این مطالعه از روش نمونه-برداري تصادفی جهت طبقه‌بندی داده‌ها استفاده گردید. برداشت نمونه‌ها با توجه به نقشه کاربری اراضی، تصاویر گوگل ارث، ایجاد تصویر رنگی کاذب انجام شد. موقعیت دقیق و پراکندگی مناسب مناطق آموزشی در سراسر تصویر، احتمال این که این مناطق




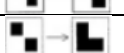


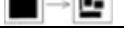

سرزمین، بررسی روند تغییرات زمانی متریک‌ها و انتخاب سنجه‌هایی هست که دارای روند تغییر مشهودی می‌باشند. همچنین بر اساس مرور منابع (Mirzaei et al., 2013; Kiyani & Fegghi, 2015; Bihamta Tousei et al., 2013; Jafari et al., 2012) سنجه‌هایی که بطور مکرر توسط دیگر محققین در مواردی شبیه محدوده مطالعاتی بکار گرفته شده‌اند مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق بر اساس تغییرات سنجه‌های اساسی تعداد لکه‌ها و مساحت و محیط لکه‌ها، تغییرات رخ داده در الگوی سیمای سرزمین در قالب گروه‌هایی به شرح جدول ۲ طبقه‌بندی گردیدند

بلکه به مباحث اقتصادی و جامعه‌شناسی نیز می‌پردازد و می‌تواند در طراحی سیماهایی که از نظر زیست محیطی پایدارتر و از لحاظ زیبایی‌شناختی و فرهنگی مناسب‌ترند، کمک کند. اصول اکولوژی سیمای سرزمین می‌تواند انواع سیمای سرزمین را ارزیابی کند و راهبرد مدیریتی مناسب‌تری ارائه دهد (Makhzoumi, 2000). در جدول ۱ سنجه‌های مورد استفاده در تحقیق ارائه شده است. در رابطه با انتخاب سنجه‌ها برای روند تغییرات سیمای سرزمین مطالعات زیادی صورت گرفته است. رویکرد مورد استفاده در این تحقیق برای انتخاب سنجه‌های سیمای

جدول ۱- سنجه‌های مورد استفاده در تحقیق

سنجه‌های سیمای سرزمین	تعریف	دامنه تغییر	واحد
تعداد لکه (NP)	تعداد لکه‌های کاربری‌های مختلف سرزمین را نشان می‌دهد	NP>1	واحد ندارد
تراکم لکه (PD)	تعداد لکه‌ها در واحد سطح می‌باشد	PD>0	متر در ۱۰۰ هکتار
مساحت کلاس (CA)	مجموع مساحت لکه‌های از یک نوع را محاسبه می‌کند	CA>0	هکتار
شاخص بزرگترین لکه (LPI)	درصدی از سرزمین که از بزرگترین لکه تشکیل شده را نشان می‌دهد	0<LPI≤100	درصد٪
درصد پوشش هر کلاس (PLAND)	نسبت درصد مساحت هر کلاس را محاسبه می‌کند	0<PLAND<100	درصد٪
CORE_AM	ناحیه‌ای دورنی‌تر لکه از عمق لبه تعریف شده از محیط لکه	Core ≥ 0	هکتار

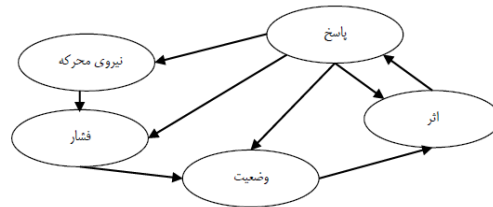
جدول ۲- توصیف شاخص‌های فرایندهای مکانی تغییر

شکل	توضیح	نام انگلیسی
	تعداد لکه‌ها ثابت بوده ولی مساحت لکه‌ها کاهش می‌یابد	سوراخ شدگی (Perforation)
	مساحت و محیط لکه‌ها کاهش یافته و تعداد لکه‌ها ثابت است	کاهش یا سایش (Shrinkage)
	مساحت و تعداد لکه‌ها هر دو کاهش می‌یابند	حذف (Attrition)
	تعداد لکه‌ها ثابت اما مساحت آنها در حال افزایش است	توسعه (Enlargment)
	تعداد لکه‌ها کاهش اما مساحت آنها ثابت و یا در حال افزایش است	تجمیع (Aggregation)
	تعداد لکه‌ها و مساحت لکه‌ها هر دو افزایش می‌یابند	خلق و ایجاد (Creation)
	تعداد لکه‌ها در حال افزایش و مساحت آنها کاهش می‌یابد	دو تکه شدن (Desection)
	تعداد لکه‌ها در حال افزایش و مساحت آنها بشدت کاهش می‌یابد	از هم گسیختگی (Fragmentation)

۲-۴. چهارچوب DPSIR

چارچوب مدل کیفی DPSIR بررسی ارتباط بین عوامل و فعالیت‌های انسانی و محیط در یک منطق علت و معلولی است. این مدل، ابزار بسیار کارایی در فرایند برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری بوده و به عنوان یک راهنما برای جهت‌دهی در درک عوامل و روابط یک سیستم می‌تواند بکار گرفته شود. DPSIR یا مجموعه عوامل مؤثر، فشار، وضع موجود، اپیامد و پاسخ چارچوب مدل را تشکیل می‌دهند. این چارچوب در واقع یک ماتریس است که دسته‌ای از شاخص‌ها را به طور افقی هماهنگ کرده و ابعاد موضوع را به صورت

عمودی در وضعیت‌های اجتماعی - اقتصادی و نهادی قرار می‌دهد (Peng, 2004). باید توجه داشت که مصرف بی‌رویه منابع سبب فشار بر محیط‌زیست می‌شود و در نتیجه وضعیت پارامترهای محیط‌زیستی را تغییر می‌دهد، این تغییرات به اثر نامطلوب بر رفاه انسان و اکوسیستم منجر می‌شود که برای رفع آنها به ارائه پاسخی مناسب از جامعه نیاز است. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است، پاسخ‌ها به همه اجزای زنجیره DPSIR باز می‌گردد. براساس این، پاسخ‌های کلیدی و مؤثرتر به بخش ابتدایی زنجیره علی معلولی یا نیروهای محرکه باز می‌گردد (EEA, 1999).



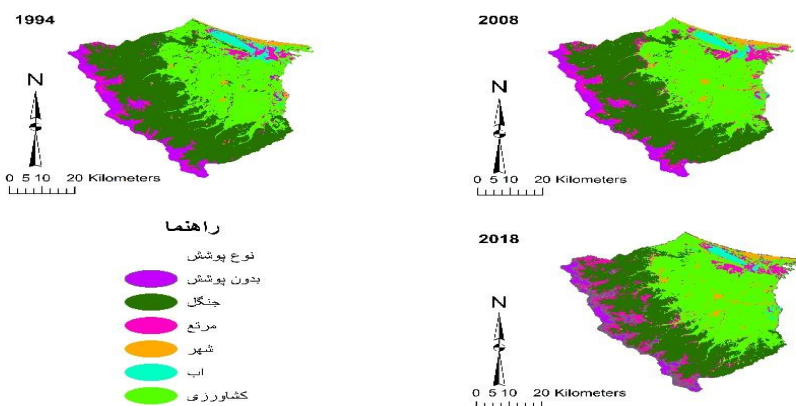
شکل ۲- مدل نیرو محرکه، فشار، وضعیت، اثر و پاسخ (DPSIR)

۳. نتایج

۳-۱. استخراج نقشه‌های پوشش / کاربری منطقه

در این بخش از تحقیق، نتایج مراحل مختلف را که در روند انجام تحقیق حاصل شد، ارائه می‌شود. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، سطح منطقه به ۶ طبقه کاربری

تقسیم گردید. این واحدها شامل مناطق شهری، اراضی مرتعی، اراضی کشاورزی، اراضی جنگلی، پهنه آبی و مناطق بدون پوشش می‌باشد. با تعیین نقاط تعلیمی، تصاویر مربوط به هر تاریخ به صورت مجزا طبقه‌بندی شد که در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳- نقشه‌های کاربری اراضی حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برای سال‌های مورد مطالعه

بر اساس نتایج به دست آمده از نقشه کاربری اراضی در سال ۱۹۹۴ طبقه جنگلی (۴۵٪/۵) و اراضی کشاورزی (۳۶٪) بیشترین سهم را بین کاربری‌ها در حوزه به خود اختصاص داده است. همچنین بر اساس نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۸، مشابه سال ۱۹۹۴، بیشترین درصد کاربری متعلق به مناطق جنگلی (۴۲٪/۹) و اراضی کشاورزی (۳۷٪/۸) و در سال ۲۰۱۸ بیشترین درصد کاربری مربوط به کشاورزی (۴۱٪/۸) و در رتبه بعدی اراضی جنگلی (۳۵٪) بوده است.

پس از طبقه‌بندی تصاویر به منظور ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده جدول خطا برای محاسبه صحت کلی و ضریب کاپای نقشه صورت گرفت. نتایج صحت کلی برای تصاویر سال ۱۹۹۴، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ به ترتیب ۹۸، ۹۱ و ۹۶ و ضریب کاپا ۰/۸۹، ۰/۹۷ و ۰/۹۵ درج شده است. جدول ۳ مساحت هر یک از این کلاس‌ها (در واحد هکتار) همراه با درصد اختصاص یافته به هر کدام از آنها را برای سال‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. درصد تغییرات هر کلاس نیز در طی دوره‌ی مورد مطالعه، در این جدول ارائه شده است.

جدول ۳- تغییر سطح کاربری‌ها از سال ۱۹۹۴-۲۰۱۸

نوع کاربری	کاربری (هکتار)			کاربری (درصد)			تغییرات کاربری (درصد)		
	۱۹۹۴	۲۰۰۸	۲۰۱۸	۱۹۹۴	۲۰۰۸	۲۰۱۸	۱۹۹۴-۲۰۰۸	۲۰۰۸-۲۰۱۸	۱۹۹۴-۲۰۱۸
بدون پوشش	۲۴۷۹۴	۲۰۴۳۹	۱۸۶۷۵	۷/۷	۶/۴	۵/۸	-۱/۳	-۰/۶	-۱/۹
کشاورزی	۱۱۵۸۷۰	۱۲۱۳۴۶	۱۳۴۰۶۲	۳۶	۳۷/۸	۴۱/۸	۱/۸	۴	۵/۸
جنگل	۱۴۶۰۲۱	۱۳۷۹۲۸	۱۱۲۶۰۵	۴۵/۵	۴۲/۹	۳۵	-۲/۶	-۷	-۱۰/۵
مرتع	۱۹۳۸۷	۲۷۲۵۴	۳۸۰۰۰	۶	۸/۵	۱۱/۸	۲/۵	۳/۳	۵/۸
شهر	۶۰۴۴	۸۰۱۱	۱۲۲۴۴	۱/۹	۲/۵	۳/۸	۰/۶	۱/۳	۱/۹
پیکره آب	۸۹۴۲	۶۰۸۴	۵۴۸۰	۲/۸	۱/۹	۱/۷	-۰/۹	-۰/۲	-۱/۱

کلاس، تعداد لکه، نسبت درصد هر کاربری، تراکم لکه، شاخص بزرگ‌ترین لکه و ناحیه هسته ای انجام گرفت. در جدول ۴، نتایج کمی‌سازی و بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین در بیست و چهار سال و سه دوره‌ی زمانی ارائه شده است.

۲-۳. تجزیه و تحلیل سنجه‌های سیمای سرزمین پایه‌ی اصلی برای محاسبه‌ی سنجه‌های سیمای- سرزمین، نقشه‌های پوشش اراضی، در سطح کلاس بوسیله نرم‌افزار FRAGSTATS بود. تجزیه و تحلیل سنجه‌ها در سطح کلاس با محاسبه سنجه‌های مساحت

جدول ۴- تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین از سال ۱۹۹۴-۲۰۱۸

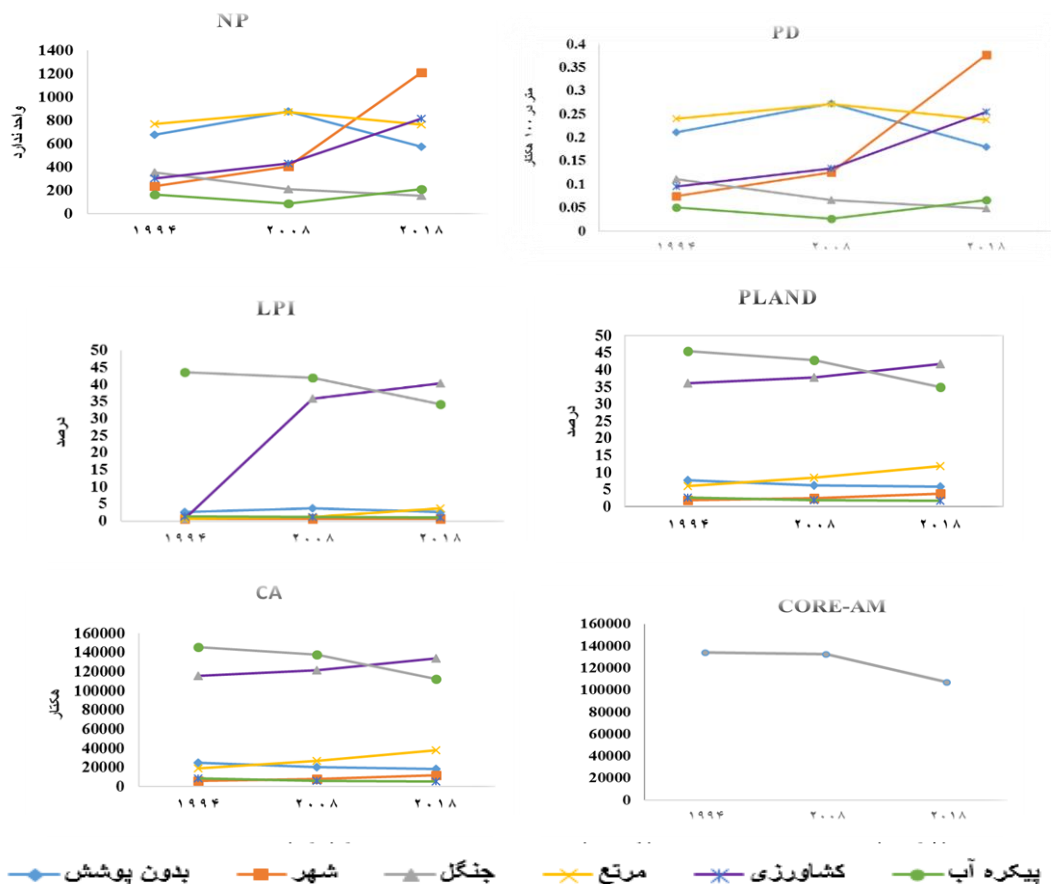
سال	طبقه	CA	NP	PD	LPI	PLAND	CORE-AM
۱۹۹۴	بدون پوشش	۲۴۸۱۸/۷	۶۷۹	۰/۲۱۱۵	۲/۷۳۱۵	۷/۷۳۰۳	
	کشاورزی	۱۱۵۸۱۵/۸	۳۰۷	۰/۰۹۵۶	۰/۵۶۸	۳۶/۰۷۳	
	جنگل	۱۴۶۰۷۴	۳۵۷	۰/۱۱۱۲	۴۳/۵۸	۴۵/۴۹۷۶	۱۳۴۰۴۵/۷
	مرتع	۱۹۳۵۳/۷۵	۷۷۲	۰/۲۴۰۵	۰/۵۶۸	۶/۰۲۸۱	
	شهر	۶۰۴۱/۲۵	۲۴۰	۰/۰۷۴۸	۰/۶۱۰۹	۱/۸۸۱۷	
	پیکره آب	۸۹۵۵/۵	۱۶۴	۰/۰۵۱۱	۱/۴۵۰۲	۲/۷۸۹۴	

ادامه جدول ۴- تغییرات سنجه های سیمای سرزمین از سال ۱۹۹۴-۲۰۱۸

سال	طبقه	CA	NP	PD	LPI	PLAND	CORE-AM
۲۰۰۸	بدون پوشش	۲۰۴۳۳/۷۵	۸۷۷	۰/۲۷۳۲	۳/۷۲۲۲	۶/۳۶۴۵	
	کشاورزی	۱۲۱۳۶۱/۳	۴۳۱	۰/۱۳۴۲	۳۵/۹۲۷۶	۳۷/۸۰۰۶	
	جنگل	۱۳۷۹۱۵/۵	۲۱۲	۰/۰۶۶	۴۲/۱۱۳۶	۴۲/۹۵۶۵	۱۳۲۵۵۶/۶
	مرتع	۲۷۲۶۴/۲۵	۸۷۲	۰/۲۷۱۶	۱/۱۸۶۴	۸/۴۹۲	
	شهر	۸۰۰۳/۷۵	۴۰۵	۰/۱۲۶۱	۰/۷۱۹۶	۲/۴۹۲۹	
	پیکره آب	۶۰۷۸/۲۵	۸۷	۰/۰۲۷۱	۱/۱۷۵۶	۱/۸۹۳۲	
۲۰۱۸	بدون پوشش	۱۸۶۷۷/۵	۵۷۸	۰/۱۸	۲/۶۵۳۴	۵/۸۱۷۴	
	کشاورزی	۱۳۴۰۹۰/۵	۸۲۰	۰/۲۵۵۴	۴۰/۳۷۷۴	۴۱/۷۶۴۴	
	جنگل	۱۱۲۵۹۲	۱۵۵	۰/۰۴۸۳	۳۴/۲۰۷۱	۳۵/۰۶۸۴	۱۰۷۱۳۳/۶
	مرتع	۳۷۹۹۲/۷۵	۷۶۵	۰/۲۳۸۳	۳/۶۴۲	۱۱/۸۳۳۴	
	شهر	۱۲۲۴۲	۱۲۱۱	۰/۳۷۷۲	۰/۶۷۶۸	۳/۸۱۲۹	
	پیکره آب	۵۴۶۹	۲۱۳	۰/۰۶۶۳	۱/۰۸۷۱	۱/۷۰۳۴	

نمودارها محور افقی سال‌های مطالعه (طبقه کاربری) است و محور عمودی مقادیر سنجه مورد نظر است.

نمودارهای شکل ۴ نتایج تجزیه سنجه‌ها را در سطح کلاس به صورت شماتیک نشان می‌دهد که در این



شکل ۴- نمودار تغییرات سنجه‌ها در سطح کلاس در محدوده حوزه آبخیز انزلی در سال‌های مورد مطالعه

در تحقیق حاضر به کمک داده‌های سنجش از دور و تحلیل سنج‌های سیمای سرزمین، وضعیت کاربری و پوشش اراضی در حوزه تالاب و روند تغییرات زمانی آنها به لحاظ میزان و توزیع تغییرات مشخص شد. سپس در قالب چارچوب مفهومی DPSIR، بر اساس جدول ۴ مهم‌ترین نیروهای محرکه تغییرات و فشارها و پیامدهای مترتب بر آنها تعیین گردید.

جدول ۵- نتایج بررسی و تحلیل کاربری اراضی ساخته شده و اعمال در مدل DPSIR

منبع	پاسخ (R)	وضعیت (S)	پیامد (I)	فشار (P)	نیرو محرکه (D)
Pullanikkatil <i>et al.</i> , 2016 Benini <i>et al.</i> , 2010 Palmer <i>et al.</i> , 2011; Yousefi <i>et al.</i> , 2013; Shahi <i>et al.</i> , 2018; Fathi zad <i>et al.</i> , 2013; Badahang <i>et al.</i> , 2019	اتخاذ استراتژی‌های مدیریتی در جلوگیری از افزایش روند تخریب برنامه‌ریزی توسعه با توجه به قابلیت‌های منطقه	ایجاد زمین‌های زراعی جدید افزایش تخریب زیستگاه‌های درونی	تخریب و کاهش جنگل افزایش اراضی سطح زیر کشت بیماری‌های ناشی از آب نابودی زیستگاه تخریب زمین از طریق برداشت شن و ماسه	افزایش تقاضا برای کشت افزایش مناطق مسکونی تجاوز به حریم منابع طبیعی تراکم جمعیت شهری نیاز غذایی استخراج معادن	رشد جمعیت
	وضع قوانین به روز و کارآمد جهت ممانعت از تغییر کاربری افزایش دانش محلی	افزایش روند مناطق مسکونی کاهش مناطق بدون پوشش	افزایش بیابان‌زایی تخریب تنوع زیستی افزایش میزان آسیب به حیوانات وحشی تخریب چشم انداز	نیاز به منابع آبی بیشتر تخریب و تبدیل کاربری خاک‌برداری و خاک‌ریزی تولید فاضلاب و زباله	سکونتگاه‌ها و مناطق شهری
تغییر نگرش نسبت به منابع طبیعی کشاورزی ارگانیک یا سیستم کشاورزی کم مصرف بهبود فعالیت جنگل-کلی کار	روند افزایش اراضی کشاورزی حذف مناطق جنگلی (جنگل-زدایی) قطعه قطعه شدن منابع آبی	افزایش فرسایش خاک افزایش سیل-خیزی در منطقه تلفات تنوع زیستی همگن‌سازی چشم انداز تخریب اراضی جنگلی کاهش کیفیت آب	توسعه کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات افزایش تعداد دام انتشار آمونیاک و گازهای گلخانه‌ای تخریب زیستگاه-های طبیعی	توسعه کشاورزی	

۴. بحث و نتیجه گیری

هدف این مطالعه کمی کردن تغییرات حوزه آبخیز انزلی با استفاده از سنجه های اکولوژی سیمای سرزمین و تحلیل و توصیف آن با چهارچوب DPSIR است. در این تحقیق ابزار سنجه از دور برای تولید داده های پوشش زمینی در مقاطع زمانی مورد نظر به منظور تجزیه و تحلیل در سطح کلاس مورد استفاده قرار گرفته است. در مطالعه ای مشابه Benini و همکاران (۲۰۱۰) در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز Lamone با DPSIR در شمال ایتالیا از متریک ها در سطح سیمای سرزمین استفاده نمودند. با توجه به هدف این مطالعه از ۶ سنجه استفاده شد که در مقایسه Benini و همکاران (۲۰۱۰) از ۸ متریک استفاده نمودند. معمولاً انتخاب سنجه های مناسب بر اساس هدف مطالعات انجام می شود. در این راستا Yang و Wang (۲۰۱۲) در تحقیقی با هدف یافتن سنجه های مهم برای کمی کردن الگوی پوشش اراضی دریافتند که متریک های مهم متناسب با هدف مطالعه خواهد بود. هدف از مطالعه حاضر، استخراج سنجه هایی بوده است که توضیح دهنده پدیده های الگوی سیمای سرزمین باشد. بر اساس جدول ۴ به دلیل کاهش متریک تعداد لکه های کلاس جنگل در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۱۹۹۴ ($NP_2 < NP_1$) و کاهش مساحت کلاس جنگلی در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۱۹۹۴ ($CA_2 < CA_1$) پدیده حذف در سطح کلاس جنگل رخ داده است و شاهد تخریب این کلاس کانونی طبیعی بوده ایم. Bogaert و همکاران (۲۰۰۴) و Japolghy و همکاران (۲۰۱۷) نیز در مطالعه خود این فرآیند را نمایه تخریب سیمای سرزمین معرفی کردند. در سطح کلاس، پوشش کشاورزی به دلیل افزایش توام

تعداد لکه ها و مساحت کلاس ($NP_2 > NP_1$, CA_2) در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۱۹۹۴ شاهد وقوع پدیده خلق و یا ایجاد (Creation) در سطح این کلاس بوده ایم. این پدیده در سطح کلاس مناطق شهری نیز اتفاق افتاده است. بعبارت دیگر پوشش طبیعی کانونی جنگل دچار تخریب و پوشش های اختلالی کشاورزی و شهری دارای افزایش و گسترش توزیع فضایی بوده اند. Japolghy و همکاران (۲۰۱۷) نیز در مطالعه خود اعلام کردند که پدیده خلق در طبقات کشاورزی و مسکونی رخ داده است که ناشی از تغییرات کاربری در اکوسیستم های طبیعی است. در سطح کلاس مرتع به دلیل افزایش مساحت کلاس مرتع در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۱۹۹۴ و ثبات نسبی تعداد لکه های این کلاس در دو مقطع زمانی (CA_2) در سطح این کلاس رخ داده است. در سطح کلاس آب، بدلیل کاهش مساحت کلاس آب در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۱۹۹۴ و افزایش تعداد لکه های کلاس آب در سال ۲۰۱۸، پدیده قطعه قطعه شدن (Dissection) به وقوع پیوسته است. در سطح کلاس زمین های بدون پوشش نیز به دلیل کاهش مساحت کلاس و کاهش تعداد لکه ها در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۱۹۹۴ پدیده حذف اتفاق افتاده است. بررسی کلاس مرتع و زمین های بدون پوشش در حوزه آبخیز بیانگر پویایی و ارتباط متقابل بین این دو کلاس است. در مواقعی که بارش در حوزه خوب باشد، زمین های بایر به سرعت به زمین های مرتعی تغییر شکل یافته و در مواقعی که بارش مناسب نیست، زمین های مرتعی به زمین های بایر تغییر پیدا می کنند. کلاس کانونی در این بررسی، کلاس جنگل بوده است. مطابق جدول ۴ و نمودار ۴ بر اساس شاخص LPI در مقطع زمانی ۱۹۹۴ یک لکه

تحقیقی مشابه نیز Benini و همکاران (۲۰۱۰) و Pullanikkatil و همکاران (۲۰۱۶) تبدیل زمین‌های کشاورزی را مهم‌ترین نیرو محرکه اعلام کردند. این محرک‌ها فشارهایی چون: افزایش تقاضا کشت، افزایش مناطق مسکونی، تجاوز به حریم منابع طبیعی، تخریب و تبدیل کاربری، جنگل زدایی، کمبود آب و غیره را به دنبال دارند. این فشارها، منجر به نوساناتی در ساختارهای سیستم مثل تخریب و کاهش جنگل، افزایش سطح زیر کشت، نابودی زیستگاه، استخراج معادن، تخریب تنوع زیستی، سیل‌خیزی و و یکنواخت سازی سیمای سرزمین می‌شود. بنابراین با توجه به ارتباط جامع و فراگیر حوزه‌های آبخیز با پوشش اراضی و شرایط اکولوژیک، عملکردها یا فرایندهای طبیعی که وابسته به ساختار هستند، دچار تحولاتی می‌شود که به طور مشخص بر حوزه آبخیز اثر می‌گذارد. برای مثال در اراضی جنگلی به تدریج و با دخالت‌های انسانی، تغییر کاربری رخ داده و کاربری‌های دیگر شکل گرفته‌اند. بایستی توجه کرد که داشتن بستر جنگل، مزیتی برای حفاظت و توسعه تنوع زیستی منطقه است، زیرا جنگل به عنوان عالی‌ترین اکوسیستم طبیعی خاستگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری است، اما وجود لکه‌های انسان‌ساز مانند اراضی کشاورزی، مناطق حاشیه‌ای را با خطر زیاد و در حد بحرانی قرار داده و زیستگاه‌های درونی را تخریب می‌کند. در مجموع پدیده‌های رخ داده در سیمای سرزمین مورد بررسی بیانگر آن است که لکه-های اختلالی شهری و کشاورزی از طریق وقوع الگوی خلق یا ایجاد، توسعه یافته و لکه‌های طبیعی مانند جنگل و آب از طریق وقوع الگوهای حذف و تکه تکه شدن تخریب شده‌اند. بر اساس بررسی بعمل آمده در چارچوب DPSIR مهم‌ترین نیروهای محرک تبدیل

جنگلی به تنهایی ۴۳/۵۸ درصد سیمای سرزمین را به خود اختصاص داده بود که در مقطع زمانی ۲۰۱۸ با کاهش ۹/۳۷ درصد به ۳۴/۲۱ درصد رسیده است. همچنین مطابق جدول (۳) و نمودار (۴) بر اساس شاخص PLAND در مقطع زمانی ۱۹۹۴ به میزان ۴۵/۵ درصد سیمای سرزمین را کلاس کانونی جنگل تشکیل داده است که در مقطع زمانی ۲۰۱۸ با کاهش ۱۰/۴۳ درصد به ۳۵/۰۷ درصد تقلیل پیدا کرده است. بر اساس شاخص PD تراکم لکه‌های جنگلی از ۰/۱۱ به ۰/۴۸ کاهش پیدا کرده است. شاخص‌های فوق بیانگر کوچک‌تر شدن بزرگ‌ترین لکه کانونی جنگلی، کاهش سطح کلاس کانونی جنگل در سطح کلی سیمای سرزمین و کاهش تراکم لکه‌های جنگلی در این سطح می‌باشد که همگی بیانگر تخریب و زوال این لکه کانونی می‌باشد. در این مطالعه روند کاهش شاخص بزرگترین لکه (LPI) همسو با نتایج مطالعات Matsushita و همکاران (۲۰۰۶) در کاسومیگورای ژاپن می‌باشد که نشان‌دهنده تجزیه سیمای سرزمین است. در همین راستا مساحت وزنی مناطق درونی لکه-های جنگلی بر اساس شاخص CORE از ۱۳۴۰۴۵ به ۱۰۷۱۳۳ هکتار کاهش یافته است که بیانگر کاهش ارزش زیستگاهی خالص کلاس کانونی جنگل می‌باشد. شناسایی آثار حاصل از نیرو محرکه که همراه بازخوردهایی در قالب پاسخ‌ها و راهبردهایی از وضعیت محیط زیست باشد سبب بهینه‌سازی مدیریت در سطح منطقه می‌شود. مطالعات متعددی (*et al.*, 2016) ; Pullanikkatil ; Kanianska, 2016 ; Shahi *et al.*, 2017 ; Jahani shakib *et al.*, 2014) رشد جمعیت را به عنوان عامل اصلی تغییر اکوسیستم تعبیر کردند. توسعه کشاورزی و سکونتگاه‌ها و مناطق شهری از دیگر نیرو محرکه‌ها در حوزه مورد مطالعه است. در

توسعه نیافتگی در استفاده از منابع طبیعی باعث افزایش بیکاری و درآمد پایین در منطقه شده است. بنابراین توسعه فرصت‌های شغلی در زمینه‌های گوناگون و همچنین آموزش موثر مردم محلی در استفاده سازگار از عرصه‌های طبیعی نقش بسیار موثری در کاهش وابستگی مستقیم به عرصه‌های طبیعی خواهد داشت. استفاده غالب مردم محلی در حال حاضر وابستگی مستقیم به عرصه‌های طبیعی از طریق تبدیل آنها به سکونتگاه‌ها و زمین‌های کشاورزی و یا استفاده مستقیم از تولیدات طبیعی مانند صید و شکار و برداشت چوب بطریق سنتی می‌باشد. در صورتیکه اگر از طریق توانمندسازی مردم محلی و طرح‌های حمایتی بالاسری، گزینه‌های توسعه یافته‌تری مانند توسعه بوم‌گردی، بهره‌برداری اصولی از منابع طبیعی بر اساس طرح‌های مطالعه شده و مشارکت مردم محلی در منافع این بهره‌برداری‌ها و متحول نمودن روش کشاورزی سنتی به کشاورزی مدرن مد نظر قرار گیرد، حفاظت و بهره‌برداری در خور از عرصه‌های طبیعی امکان‌پذیر خواهد بود.

پوشش‌های طبیعی مهمی مانند جنگل به سایر پوشش‌ها بویژه کشاورزی و شهری، رشد جمعیت و توسعه سکونتگاه‌ها و کشاورزی می‌باشد. بعبارت دیگر عامل اصلی تخریب عرصه‌های طبیعی افزایش وابستگی انسان‌ها به طبیعت برای تامین نیازهای مختلف خود بویژه اسکان، اشتغال و درآمدزایی و تامین منابع غذایی می‌باشد. بنابراین نقطه شروع حفاظت از عرصه‌های طبیعی کاهش این وابستگی‌ها می‌باشد. یکی از عوامل مرتبط با توسعه سکونتگاه‌ها در تخریب پوشش‌های طبیعی در استان گیلان و بطور مشخص در حوزه آبخیز انزلی توسعه بسیار پراکنده سکونتگاه‌های روستایی می‌باشد که بدون هیچگونه قاعده و الگویی در سطح حوزه گسترش پیدا کرده‌اند. چنین روندی بشدت بر انسجام و یکپارچگی پوشش کانونی جنگل در بالادست حوزه آبخیز تاثیر منفی گذاشته و ارزش زیستگاهی آن را بشدت تقلیل داده است. برای اجتناب از این وضعیت، رویکرد موثر تدوین و اجرای الگو و طرح مناسب استقرار روستاها مشتمل بر ضوابط و مکان‌یابی و تمرکز سکونت روستایی در سطح حوزه می‌باشد. افزایش رشد جمعیت به همراه فقدان تنوع شغلی و

References

Anderson, J., E. Hardy, J. Roach and R.E. Witmer. 1976. A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data., Professional Paper 964, United States Government Printing office, Washington.

Baadahang Galeh-Bacheh, A.; Abedi Sarvestani, A.; Mahboobi, M. R. 2019. Survey of Attitudes among Forest Neighboring Rural Communities toward Forest Land Use Change A Case Study of Golestan Province, Journal of land Management (Soil and Water sci.), 6, 144-152. (in Persian).

Benini, L.; Bandini, V.; Marazza, D.; Contin, A. 2010. Assessment of land use changes through an

indicator-based approach: A case study from the Lamone river basin in Northern Italy, Ecological Indicators, 10, 4-14.

Bidone, E. D. and Lacerda, L. D., 2004, The Use Of DPSIR Framework to Evaluate Sustainability In Coastal Areas. Case Study: Guanabara Bay Basin, Rio De Janeiro, Brazil. Regional Environmental Change, 4, 5-16.

Bihamta Tusi, N.; Sofyanian, A.R.; Fakheran, S., 2013. Investigation of Land Cover Changes in Central Area of Isfahan Using Landscape Metrics. Applied Ecology, 2, 87-87. (in Persian).

- Bogaert, J., Ceulemans, R., Salvador-Van Eysenrode, D., 2004. Decision Tree Algorithm for Detection of Spatial Processes in Landscape Transformation. *Environmental Management*, 33, 62-73.
- Buyantuyev, A.; Wu, J. & Gries, C. 2009. Multi scale analysis of the urbanization pattern of the Phoenix metropolitan landscape of USA: Time, space and thematic resolution, *Landscape and Urban Planning*, 94: 206-217.
- DeFries, R.S., Townshend, J.R., Los, S.O., 1997. Scaling land cover heterogeneity for global atmosphere-biosphere models. In: Quattrocchi, D.A., Goodchild, M.F. (Eds.), *Scale in Remote Sensing and GIS*. CRC Press, Lewis Publishers, New York, NY, USA, pp. 231-246.
- EEA., 1999, *Environmental Indicators: Typology and Overview*
- Fan, ZL., 1993 A study on the formation and evolution of oases in Tarim Basin. *Acta Geogr Sin* 48:421-427 .
- Fathi Saghezchi, F., Jafari, H.R., Adibi, M., Bagherzadeh Karimi, M., Vafaie Manesh, R. 2018. Using ecological services as an ecological indicator in finding land-based tourism (Case study: Sorkhangel Wildlife Refuge). *Environmental Studies*, 44, 241-255. (in Persian).
- Fathi zad, H; Nohe gar, A; Faramarzi, M; Taze, M. 2013. Survey of Land Use Changes Based on Landscape Metrics Analysis Using Remote Sensing and GIS in Dehloran Arid and Semi-Arid Area, *Town and Country Planing*, 5, 79-99. (in Persian).
- Gautam AP, Webb EL, Shivakoti GP, Zoebisch MA., 2003, Land use dynamics and landscape change pattern in a mountain watershed in Nepal. *Agric Ecosyst Environ* 99:83-96.
- Gale-Bache, A., Abedi Sarvestani, A., Mahboobi, M.R., 2018. Survey of Attitudes among Forest Neighboring Rural Communities toward Forest Land Use Change (Case Study of Golestan Province). *Journal of Land Management*, 6, 143-152. (in Persian).
- Giupponi, C., Vladimirova, I., 2006. Ag-PIE: a GIS-based screening model for assessing agricultural pressures and impacts on water quality on a European scale. *Science of the total Environment* 359, 57-75.
- Herold, M., J. Scepán and K. C. Clarke., 2002. The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. *Environment and Planning* 34, 1443-1458.
- Houghton, R.A., 1994. A worldwide extent of land use change. *Bio-Science* 44, 305- 313.
- Houghton, R.A., Hackler, J.L., Lawrence, K.T., 1999. The U.S. carbon budget: contributions from land-use change. *Science* 285, 575-578.
- Jafari, Sh., Alizadeh Shabani, A., Danekar, A., 2012. Investigation of Structural Changes in Lake Urmia Using Landscape Metrics. *Wetland Ecobiology*, 4, 45-54. (in Persian).
- Jahani Shakib, F., Malek Mohammadi, B; Zebardast, L., Adeli, F. 2013. Evaluation of ecosystem services capability and applicability as ecological indicators, Case study: Choghakhor Wetland in DPSIR Model, *Environmental Research*, 5, 210-109. (in Persian).
- Japolghy, M., Gholamali Fard, M., Shayesteh, K., 2017. Monitoring and Analysis of Lorestan Landscape Pattern and its Change Process in GIS. *Natural Environment*, 70, 23-15. (in Persian).
- Ji, w. 2008. Landscape effects of urban sprawl: spatial and temporal analysis using remote sensing images and landscape metrics, *The International Archives of the Photogrammetric, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 34: 119-138.
- Jing-hu, P. 2005. Land use change and its impact on the eco-environment in the source region of the Yangtze river during the past 15 years. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, vol. 3
- Kanianska, R. 2016. Agriculture and Its Impact on Land Use, Environment, and Ecosystem Services. *Landscape Ecology*, PP 4-26.

- Kiyani, V., Feghhi, J. 2015. Investigation of Cover/Land use Structure of Sefidrood Watershed by Landscape Ecology Metrics. *Environmental Science and Technology*, 17, 131-141. (in Persian).
- Lambin, E.F., 1997. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography* 21, 375-393.
- Luvall, J.C., 1997. The use of remotely sensed surface temperatures from an aircraft-based thermal infrared multispectral scanner (TIMS) to estimate the spatial and temporal variability of latent heat fluxes and thermal response numbers from a white pine (*Pinus strobus* L) plantation. In: Quattrocchi, D.A., Goodchild, M.F. (Eds.), *Scale in Remote Sensing and GIS*. CRC Press, Lewis Publishers, New York, NY, USA, pp. 169-185.
- Matsushita Bunkei and et al., 2006. Characterizing Changes in Landscape Structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan Using a High-Quality GIS Dataset. *Journal of Landscape and Urban Planning* 78, p 241-250.
- Makhzoumi, J. 2000. Landscape ecology as a foundation for landscape architecture application in Malta, *Landscape and urban planning*, Vol. 5, pp. 176-177.
- Mirzaei, M., Riahi Bakhtiari, A.R., Salman Mahini, A.R., Gholamali Fard, M., 2013. Investigation of land cover changes in Mazandaran province using Landscape metrics between 1984-2010. *Applied Ecology*, 2, 37-54. (in Persian).
- Narumalani, S., D. R. Mishra and R.G. Rothwell. 2004. Change detection and landscape metrics for inferring anthropogenic processes in the greater EFMO area. *Remote Sensing of Environment* 91(3-4): 478-489.
- Palmer, B. J., Hill, T. R., McGregor, G.K & Paterson, A. W. 2011. An Assessment of Coastal Development and Land Use Change Using the DPSIR Framework: Case Studies from the Eastern Cape, South Africa, *Coastal Management*, 39:2, 158-174.
- Peng, C.; 2004. Understanding residential Expansion Using MAS/LUCC Models.
- Petit, C.C., Lambin, E.F., 2002. Impact of data integration technique on historical land-use/land-cover change: comparing historical maps with remote sensing data in the Belgian Ardennes. *Landscape Ecology* 17, 117-132.
- Pullanikkatil, D., Palamuleni, L., Ruhiiga, T. 2016. Assessment of land use change in Likangala River catchment, Malawi: A remote sensing and DPSIR approach. *Applied Geography*, Vol. 71, pp 9-23.
- Reid, R.S., Kruska, R.L., Muthui, N., Taye, A., Wotton, S., Wilson, C.J., et al., 2000. Landuse and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and socio-political forces: the case of southwestern Ethiopia. *Landscape Ecology* 15, 339-355.
- Saadati, S., Motevallian, S.S., Rheinheimer, D.E. and Najafi, H. 2013. Indicators for Sustainable Management of Wetland Ecosystems Using a DPSIR Approach: A Case Study in Iran. In proceeding of: 6th International Perspective on Water Resources & the Environment conference (IPWE 2013), At Izmir, Turkey.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., et al., 2000. Biodiversity: global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287, 1770-1774.
- Shahi, A., Zebardast, L., Salehi, I., Salehi, R., 2018. Analysis of Factors Affecting Human Environment in Tehran Based on PDSIR Model, *Human Geography Research*, 50, 277-295.
- Tsung Yeh, C. & Li Huang, S. 2009. Investigating Spatiotemporal Patterns of Landscape Diversity in Response to Urbanization, *Landscape and Urban Planning*, 93: 151-162.
- United Nations Commission On Sustainable Development (UNCSD). 1995. Indicators of sustainable development - Guidelines and Methodologies.
- Wang, J., and Yang, X., 2012. A Hierarchical Approach to Forest Landscape Pattern Characterization, *Environmental Management*, 49, 64-81.

Wang, G.X., Cheng G.D., Xu Z.M., 1999. The utilization of water resources and its influence on eco environmental problems in the northwest arid area of China. J Nat Resour 14,109-116 .

Wickham, J.D., O'Neill, R.V., Jones, K.B., 2000. A geography of ecosystem vulnerability. Landscape Ecology 15, 495-504.

Wu, J. and T.Wu. 2012. Sustainability indicators and indices, handbook of sustainable management, Imperial College press, London, 65-86.

Yousefi, S., Mirzaei, S., Zainivand, H. 2013. Investigating the Trends of Zagros Forests Using Remote Sensing and Geographic Information System (Case Study: Marivan). Application of Remote Sensing and GIS in Natural Resources Sciences, 4, 15-23.(in Persian).