

پایش تغییرات دوره‌ای و مکانی استفاده از سرزمین در حوضه آبخیز شازند

علی اکبر داودی^۱، سید حمیدرضا صادقی^{۲*}، امیر سعدالدین^۳

۱. دانشجوی مقطع دکتری رشته علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۲. استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. دانشیار، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۴/۰۹/۲۲ تاریخ تصویب ۱۳۹۴/۱۲/۲۶)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف پایش تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز شازند در بازه زمانی ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳ در چهار دوره با سیاست‌های توسعه‌ای متفاوت، از طریق بررسی تغییرات خالص کاربری‌ها و تبدیل کاربری‌ها به یکدیگر در مدل‌ساز تغییر سرزمین (LCM) و در قالب زیرحوضه‌های منطقه بررسی شده انجام شد. در بازه زمانی مطالعه شده مراتع حدود ۳۸۰ کیلومترمربع کاهش یافته و سطح اراضی کشاورزی دیم و آبی در دوره اول و دوم به ترتیب ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلومترمربع افزایش و پس از آن کاهش یافته‌اند. سطح باغ‌ها طی بازه زمانی مطالعه شده به‌ویژه در دوره سوم با بیشترین میزان رشد سالانه ۰/۲۶۵ درصد، روند افزایشی داشت. بیشترین افزایش سطح مناطق مسکونی در دوره دوم و سوم (۶۰ درصد) و اراضی بایر و رها شده در دوره سوم و چهارم (۲۳/۴۹ درصد) مشاهده شد. نتایج بررسی تغییرات مکانی کاربری برحسب زیرحوضه نیز نشان داد در ابتدای دوره مطالعاتی، بیشترین میزان تغییر کاربری در زیرحوضه‌های کوهستانی مانند ازنا و نهرمیان صورت گرفته و با شروع توسعه صنعتی به سمت زیرحوضه دشتی گرایش پیدا کرده است. به‌طورکلی، بیشترین تغییر کاربری در دوره دوم (۳۲/۹۶ درصد) دیده شد. الگو و روند تغییرات کاربری اراضی به‌ویژه گسترش فعالیت‌های صنعتی در منطقه نشان می‌دهد که نوع مدیریت‌ها، برنامه‌ها و سیاست‌های توسعه‌ای در این زمینه نقش مهمی داشته و وضعیت فعلی منطقه را رقم زده است. بنابراین، هر برنامه مدیریت سرزمین در منطقه باید با در نظر گرفتن الگوهای مکانی و زمانی تغییرات کاربری اراضی و برنامه‌های توسعه‌ای منطقه و در قالب مدیریت سازگار طراحی شود.

کلیدواژگان: آبخیزداری سازگار، پایش تغییرات کاربری اراضی، توسعه صنعتی، مدیریت آبخیز، مدیریت سرزمین.

مقدمه

در چند دهه گذشته تخریب منابع طبیعی و تغییرات سریع و نابجای کاربری اراضی به واسطه گسترش جمعیت و توسعه شهرها و مناطق صنعتی، رشد چشم‌گیری داشته است [۱۴، ۲۱، ۲۰]. بنابراین، موضوع مدیریت پایدار زمین^۱ یکی از چالش‌های اساسی پیش روی جوامع و دولت‌ها بوده است و به تبع، ضرورت توجه جدی‌تر به آن در آینده را ایجاب می‌کند. مدیریت پایدار زمین را می‌توان به‌عنوان بهبود و مدیریت سازگار^۲ سامانه‌های کاربری اراضی بیان کرد که با به‌کارگیری شیوه‌های مدیریتی مناسب، وضعیت اکولوژیکی زمین را ارتقا و منافع اقتصادی و اجتماعی بهره‌برداران را بهبود می‌بخشد [۱۲]. به‌رحال، مهم‌ترین عامل تغییرات تخریب زمین، کاربری زمین و نوع برنامه مدیریتی آن است، به‌طوری‌که به‌منزله اطلاعات پایه و مبنای منحصربه‌فرد تحلیل تغییرات تخریب زمین تلقی می‌شود.

پایش و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و پدیده‌های سطح زمین، پایه‌ای را برای درک بهتر روابط و برهم‌کنش پدیده‌های انسانی و طبیعی فراهم می‌کند [۲]. همچنین پایش و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی زمینه‌ساز مدلسازی کاربری اراضی به‌منظور به‌کارگیری راهبرد، سیاست، برنامه اجرایی، طرح‌ریزی و ارزیابی مدیریت بهینه سرزمین محسوب می‌شود. انتخاب روش و الگوریتم برای بازیابی و کشف تغییرات کاربری اراضی به‌دلیل تأثیر در نتیجه آشکارسازی، اقدامی مهم و اساسی است [۶]. مدل‌ساز تغییر سرزمین^۳ مدلی مناسب برای آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در برنامه‌های مدیریت سرزمین محسوب می‌شود [۲] و درواقع نرم‌افزاری برای ایجاد توسعه پایدار بوم‌شناختی است که برای تشخیص مسئله مبهم و رو به افزایش تغییرات سرزمین و نیازهای تحلیلی مدیریت سرزمین طراحی و ساخته شده است. این برنامه در سامانه نرم‌افزاری IDRISI وجود دارد و همچنین به‌صورت یک افزونه^۴ برای نرم‌افزار ArcGIS نیز در دسترس است [۷]. پژوهش‌های متعددی درخصوص مدلسازی مکانی کاربری اراضی در سرتاسر جهان صورت پذیرفته و بنا بر ضرورت

کاربرد آن در مدیریت پایدار منابع طبیعی، همچنان مورد توجه پژوهشگران است. در این زمینه می‌توان به پژوهش واکلاویک و روگان [۲۲] در منطقه Olomouc جمهوری چک و استفاده از LCM در آشکارسازی تغییرات طی سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱ اشاره کرد. دیاز و همکارانش [۱۵] نیز با استفاده از LCM تغییرات سرزمینی شیلی در دوره ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۷ را بررسی کردند و دریافتند که وسعت اراضی کشاورزی از ۳۰۰ به ۱۶۵ کیلومترمربع کاهش یافته است. حجازی و کالوپ [۱۶] نیز با بهره‌گیری از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی تغییرات توسعه شهری در استان Daqahlia مصر طی دوره ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۰ را بررسی کردند و دریافتند که افزایش گستره اراضی مسکونی و کاهش اراضی کشاورزی به ترتیب ۳۰ و ۳۳ درصد بوده است. همچنین باکس و همکارانش [۱۳] تغییرات عرصه‌های جنگلی در منطقه‌ای در کشور پرو طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۴ را بررسی کردند و دریافتند گسترش جاده‌ها در تخریب جنگل‌ها و عوامل رشد جمعیت و توسعه اقتصادی در گسترش اراضی کشاورزی نقش داشته است و درنهایت از طریق LCM میزان کاهش سطح اراضی جنگلی طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ را پیش‌بینی کردند. در پژوهش‌های داخلی نیز زنگنه شهرکی و همکارانش [۲۳] تغییرات کاربری اراضی و توسعه شهر یزد در سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۹ را بررسی کردند و دریافتند که توسعه شهری از ۱۸۴۳ به ۱۳۸۰۲ هکتار افزایش یافته که میزان رشد آن سه برابر رشد جمعیت در مدت مشابه بوده است. همچنین غلامعلی‌فرد و همکارانش [۷] با توجه به نقشه‌های کاربری سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۹، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ مناطق ساحلی دریای خزر، از طریق LCM به آشکارسازی تغییرات و مدلسازی کاربری پرداختند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که در یک دوره ۳۳ ساله کاهش سطح مناطق جنگلی و افزایش سطح اراضی کشاورزی و شهری به ترتیب ۳۳۵، ۲۱۴ و ۱۳۲ کیلومترمربع بوده است. عزیزی قلاتی و همکارانش [۶] نیز با بررسی نقشه کاربری اراضی منطقه کوهمره سرخی در استان فارس طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹ و نیز ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۱ دریافتند که وسعت جنگلی منطقه در دو دوره به ترتیب ۳۹۵۴ و ۳۰۸۲ هکتار کاهش داشته است. زرگوش و همکارانش [۵] نیز تغییرات کاربری اراضی در

1. Sustainable Land Management, SLM
2. Adaptive Management
3. Land Change Modeler, LCM
4. Extension

زیرحوضه‌های دریاچه نمک است. موقعیت حوضه آبخیز شازند و زیرحوضه‌های مهم آن در شکل ۱ نشان داده شده است. زیرحوضه‌های ازنا، بازنه و نهرمیان بیشتر کوهستانی و زیرحوضه پل‌دوآب بیشتر در دشت شازند واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه حوضه آبخیز شازند مبتنی بر دوره آماری ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۳، ۴۱۶/۳ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه آن ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. همچنین براساس روش آمبرژه، اقلیم این منطقه در طبقه نیمه‌خشک معتدل تا نیمه‌خشک سرد قرار می‌گیرد. بیشترین مساحت حوضه مربوط به طبقه شیب کمتر از ۵ درصد است که دشت حاصل‌خیز شازند را در خود جای داده است. جمعیت حوضه آبخیز براساس آمار سرشماری نفوس و مسکن کشور از ۷۵۲۰۴ نفر در سال ۱۳۵۵ به ۱۰۲۲۷۸ نفر در سال ۱۳۹۰ رسیده است. با وجود دشت حاصل‌خیز شازند و اهمیت کشاورزی منطقه، ایجاد و توسعه شهرها و واحدهای صنعتی نیز در دهه‌های اخیر شایان توجه بوده است [۱۴] و مهم‌ترین مراکز سکونتگاهی منطقه شامل شهرهای شازند، آستانه، مهاجران و شهباز و مهم‌ترین واحدهای صنعتی نیز شامل پالایشگاه امام‌خمینی^(۵)، پتروشیمی و نیروگاه حرارتی شازند هستند. دوره ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۰ را می‌توان به اوج فعالیت‌های صنعتی منطقه نسبت داد که صنایع مهمی در این دوره فعال شدند [۱۴].

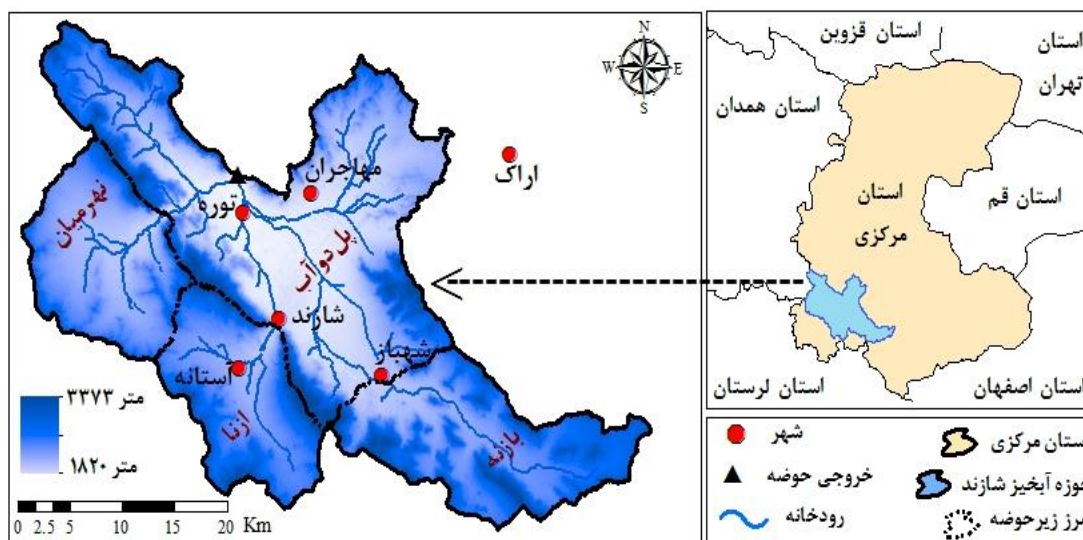
حوضه آبخیز هراز طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲ را بررسی کردند و دریافتند که کاربری مرتع بیش از سایر کاربری‌ها دست‌خوش تغییرات شده است.

بررسی کلی سوابق اشاره‌شده قابلیت و توانایی LCM در آشکارسازی و مدل‌سازی تغییرات کاربری را تأیید و نیز تغییرات کاربری در دوره‌های مختلف زمانی را بررسی کرده‌اند. اما نکته مهمی که کمتر به آن پرداخته شده است، بررسی تغییرات زمانی کاربری‌ها در مقاطع زمانی با نگرش هدفمند و دیگر تغییرات مکانی کاربری‌ها به‌ویژه در قالب و چارچوب حوضه آبخیز به‌عنوان واحد برنامه‌ریزی مناسب برای مدیریت این عرصه‌ها برای مدیران مربوطه بوده است. بر همین اساس، مقاله حاضر با هدف پایش و آشکارسازی تغییرات دوره‌ای و مکانی کاربری اراضی در حوضه آبخیز شازند (استان مرکزی) و بررسی نقش توسعه بر این تغییرات در یک بازه زمانی ۴۱ ساله (سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳) و با استفاده از LCM در چهار دوره توسعه‌ای منطقه و در قالب حوضه آبخیز انجام شده است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعه‌شده

حوضه آبخیز شازند با مختصات جغرافیایی $49^{\circ} 4' 15''$ تا $49^{\circ} 52' 12''$ طول شرقی و $33^{\circ} 44' 42''$ تا $33^{\circ} 13' 12''$ عرض شمالی و مساحت ۱۷۴۰ کیلومترمربع، یکی از



شکل ۱. موقعیت عمومی و برخی خصوصیات مهم حوضه آبخیز شازند در استان مرکزی

کاربری تهیه شد. شایان یادآوری است که کاربری جنگل در منطقه در یک محدوده و با مساحت کمی دیده شد که امکان تفکیک آن روی تصاویر وجود نداشت، بنابراین، پس از تهیه تصاویر اضافه شده و در بررسی صحت در نظر گرفته نشده است.

آشکارسازی تغییرات کاربری

با توجه به مساوی نبودن دامنه زمانی چهار دوره مطالعاتی، ابتدا میزان تغییرات سالانه هر کاربری [۱۹] بررسی شد. برای آشکارسازی تغییرات نیز بر مبنای روش پس از طبقه‌بندی، تغییرات بین دو سال شناسایی و به‌عنوان یک زیرمدل در نظر گرفته شد و هر زیرمدل شامل یک یا گروهی از تبدیل کاربری‌ها مد نظر قرار گرفت [۶]. در این پژوهش نقشه‌های کاربری تهیه‌شده در محیط نرم‌افزار IDRISI به‌منزله ورودی مدل LCM برای تحلیل و پایش تغییرات منطقه [۲] طی دوره‌های مطالعاتی در نظر گرفته و تغییرات خالص کاربری‌ها^۳ و میزان تغییرات آن‌ها برای هر دوره مشخص شد.

پایش مکانی تغییرات کاربری

از آنجاکه تغییرات کاربری در منطقه به‌ویژه در دوره‌های مختلف شرایط متفاوتی را نشان می‌دهد، بنابراین برای تحلیل بهینه این تغییرات و دستیابی به الگوی مناسب برای مدیریت منطقه، تغییرات کاربری در چهار دوره مد نظر به تفکیک چهار زیرحوضه اصلی حوضه آبخیز سازند مد نظر قرار گرفت.

یافته‌ها

بر اساس روش کار ارائه‌شده، نتیجه بررسی صحت نقشه‌های کاربری تهیه‌شده در جدول ۱ ارائه و صحت طبقات کاربری اراضی در مقاطع مختلف زمانی را تأیید می‌کند. همچنین مساحت و تغییرات انواع کاربری‌های مطالعه‌شده در حوضه آبخیز سازند و در مقاطع زمانی مختلف بررسی و نتایج مربوطه در جدول‌های ۲ و ۳ و شکل ۲ ارائه شده است.

تعیین دوره‌های مطالعاتی و تفکیک زیردوره‌ها

به‌منظور بررسی چگونگی تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز سازند با تأکید بر ایجاد و گسترش صنایع در این حوضه، دامنه زمانی ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳ انتخاب و به چهار دوره تقسیم شد. سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۶۵ به‌منزله دوره اول و مصادف با اتفاقات پیروزی انقلاب و جنگ تحمیلی بوده است که به‌نظر می‌رسد در این مقطع نظارت‌های دولتی بر تغییر کاربری‌ها کمتر بوده است. دوره دوم نیز شامل سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۷ است که منطبق بر شروع و گسترش فعالیت‌های صنعتی در منطقه است و بخش اعظم صنایع در این مقطع زمانی ایجاد شدند. دوره سوم که بیشتر گویای ایجاد مراحل تکمیلی و صنایع وابسته در منطقه است و از سال ۱۳۷۷ شروع و تا سال ۱۳۸۷ ادامه داشته است و دوره چهارم یا توسعه عمومی نیز از سال ۱۳۸۷ آغاز شده و اگرچه تا کنون ادامه دارد، در این بررسی سال ۱۳۹۳ به‌عنوان پایان دوره در نظر گرفته شده است.

تهیه نقشه کاربری اراضی در مقاطع مختلف زمانی

برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای موجود و براساس تاریخ‌های ابتدا و انتهای دوره‌ها و بر مبنای روش طبقه‌بندی نظارت‌شده^۱ [۱۷] در محیط نرم‌افزار ENVI، به برداشت نمونه‌های تعلیمی به روش نمونه‌برداری تصادفی ساده از منطقه مطالعه‌شده اقدام شد. تعداد نمونه‌های تعلیمی برای هر یک از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۳۵۲، ۱۳۶۵، ۱۳۷۷، ۱۳۷۸، ۱۳۹۳ و به‌ترتیب برابر ۱۰۶۰، ۱۱۷۳، ۱۲۷۳، ۱۳۴۶ و ۱۳۰۰ نقطه بود که ۷۰ درصد داده‌ها برای مرحله واسنجی و ۳۰ درصد آن‌ها برای اعتبارسنجی مدل و صحت‌سنجی استفاده شد. در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، طبقات یا نوع کاربری‌ها نیز با توجه به وضعیت منطقه و بازدیدهای صورت‌گرفته به‌صورت کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مرتع، اراضی با پوشش کم و رهاشده، باغ و فضای سبز، بیرون‌زدگی سنگی و اراضی مسکونی و صنعتی تعریف شد. در نهایت با استفاده از الگوریتم بیشترین احتمال^۲ به‌دلیل قابلیت مناسب آن در طبقه‌بندی [۱۰، ۱۱]، نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۵۲، ۱۳۶۵، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۳ تهیه و مساحت هر

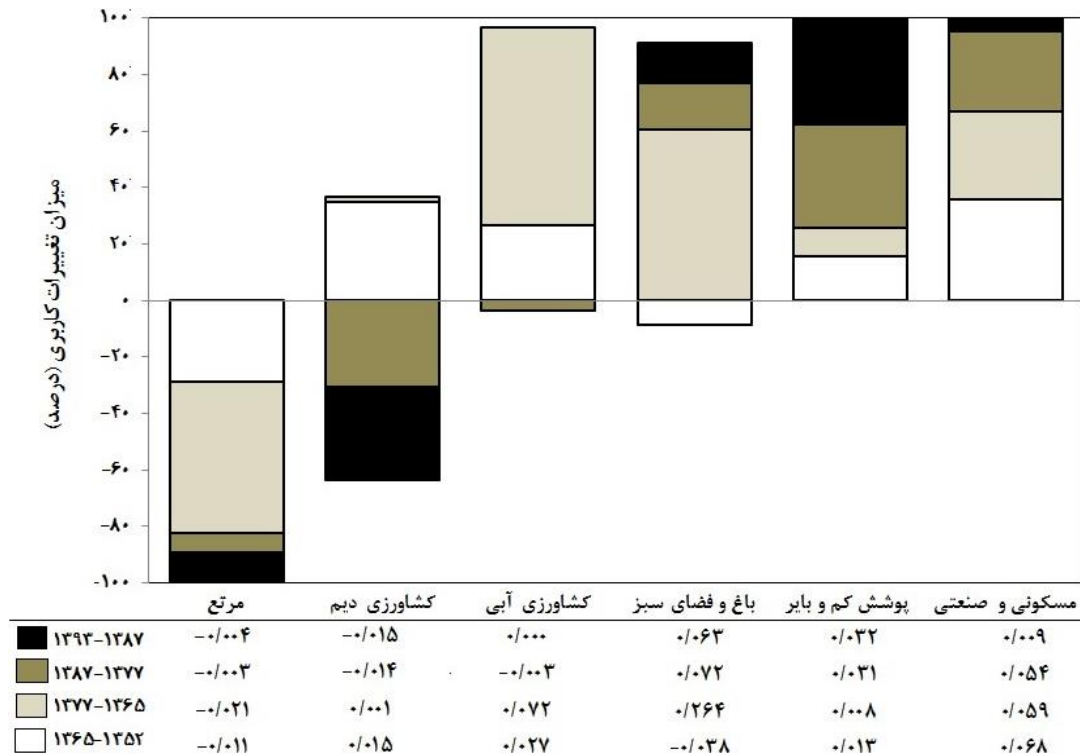
1. Supervised Classification
2. Maximum Likelihood

جدول ۲. درصد مساحت کاربری‌های اراضی حوضه آبخیز شازند در مقاطع زمانی مختلف

کاربری‌ها	۱۳۵۲	۱۳۶۵	۱۳۷۷	۱۳۸۷	۱۳۹۳
مرتع	۶۰/۲۰	۵۱/۹۲	۴۰/۳۷	۳۹/۳۲	۳۸/۳۱
کشاورزی دیم	۲۵/۷۴	۳۱/۴۴	۳۱/۷۴	۲۷/۷۰	۲۵/۳۸
کشاورزی آبی	۳/۵۹	۵/۱۳	۱۲/۲۳	۱۱/۸۱	۱۱/۸۱
باغ و فضای سبز	۰/۱۸	۰/۱۱	۲/۶۱	۵/۳۴	۷/۷۹
پوشش کم و بایر	۱/۵۹	۱/۸۹	۲/۰۹	۲/۸۴	۳/۴۴
مسکونی و صنعتی	۰/۵۸	۱/۴۰	۲/۸۵	۴/۸۸	۵/۱۶
جنگل	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
بیرون‌زدگی سنگی	۸/۱۰	۸/۱۰	۸/۱۰	۸/۱۰	۸/۱۰

جدول ۳. تغییرات خالص وسعت (کیلومتر مربع) کاربری‌های اراضی حوضه آبخیز شازند در دوره‌های زمانی مختلف

کاربری اراضی	۱۳۶۵-۱۳۵۲	۱۳۷۷-۱۳۶۵	۱۳۸۷-۱۳۷۷	۱۳۹۳-۱۳۸۷
مرتع	-۱۴۳/۴۶	-۲۰۰/۵۱	-۱۸/۶۸	-۱۸/۳۶
کشاورزی آبی	۲۶/۶۶	۱۲۳/۵۱	-۷/۲۸	۰/۰۵
باغ	-۱/۱۱	۴۳/۶۱	۴۷/۴۳	۴۲/۶۹
کشاورزی دیم	۹۸/۷۴	۴/۶۸	-۶۹/۸۱	-۳۹/۵۳
مسکونی و صنعتی	۱۴/۰۵	۲۵/۰۶	۳۵/۲۳	۴/۹۵
بایر و رهاشده	۶/۱۳	۳/۵۷	۱۳/۱	۱۰/۳۹



شکل ۲. درصد تغییرات سالانه کاربری اراضی حوضه آبخیز شازند در دوره‌های مطالعاتی

بر مبنای نقشه تغییرات کاربری حاصل از کاربرد LCM می‌توان تبدیل‌های مختلف کاربری‌ها به یکدیگر را مشخص کرد. بنابراین، برای چهار دوره مطالعاتی بدون محدودیت مساحت، ۳۱ تا ۳۹ تبدیل دوتایی کاربری‌ها ارائه شد که با بررسی صورت‌گرفته هشت تبدیل کاربری با توجه به مساحت و ماهیت آن مهم تشخیص داده شد. کاربری‌های کشاورزی آبی و باغ نیز به علت ممکن نبودن تفکیک دقیق آن‌ها به صورت ترکیبی در نظر گرفته شد. پایش مکانی تغییرات کاربری به تفکیک زیرحوضه‌های منطقه با توجه به تغییر کلی کاربری‌ها و هشت تبدیل کاربری مهم در جدول ۴ آمده است (در این جدول تغییرات بیشتر از ۰/۰۱ درصد مساحت در نظر گرفته شده است). در دوره اول زیرحوضه‌های ازنا و نهرمیان به ترتیب با ۱۵/۳۶ و ۱۲/۳۳ درصد مساحت، بیشترین تغییرات (تبدیل مرتع در وهله اول به دیم و سپس کشاورزی آبی) را داشتند. در این دوره توسعه مناطق مسکونی و صنعتی، بیشتر در کاربری‌های آبی و باغ دیده می‌شود. در دوره دوم تغییرات مشخص‌تر شده و افزایش شایان توجهی داشته، به طوری که بیش از دو برابر دوره قبل، به ویژه در زیرحوضه پل‌دوآب و نهرمیان دیده می‌شود. در این دوره تبدیل کشاورزی دیم به آبی و باغ و سپس به اراضی مسکونی و صنعتی بیشترین درصد را به خود اختصاص داده است. در دوره سوم روند تغییر و تبدیل کاربری‌ها نسبت به دوره قبل روند کندتری پیدا کرده و بیشترین میزان آن حدود ۱۴/۹۳ درصد در زیرحوضه پل‌دوآب دیده می‌شود. در این دوره گسترش کشاورزی آبی، باغ و فضای سبز و سپس مناطق مسکونی و صنعتی به خوبی مشهود است. در دوره چهارم به رغم دامنه زمانی کوتاه این دوره (شش سال) دوباره روند تغییرات افزایشی بوده است و مانند دوره اول تبدیل مراتع و توسعه اراضی دیم به ویژه در زیرحوضه ازنا دیده می‌شود. در مناطق دشتی مانند پل‌دوآب با توسعه شایان توجه مناطق صنعتی، سطح اراضی مسکونی و صنعتی دوباره افزایش یافته است. مسئله مهمی که در دو دوره انتهایی به چشم می‌خورد، گسترش اراضی با پوشش کم و رها شده است و به بیانی نتیجه تغییرات و تبدیل نابجای اراضی مرتعی در دوره‌های پیشین است (جدول ۴).

با بررسی نتایج مندرج در جدول ۲ کاملاً مشهود است که از سال ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳ اراضی مرتعی روند کاهشی و اراضی مسکونی، مجموع کشاورزی آبی و باغ و اراضی بایر روند افزایشی داشته‌اند. اراضی کشاورزی دیم تا سال ۱۳۷۷ روند افزایشی و پس از آن روند کاهشی یافته است. کاربری جنگل در منطقه فقط در یک محدوده دیده می‌شود که با توجه به وضعیت حفاظتی آن به ویژه پس از سال ۱۳۶۵، تغییر چندانی نداشته است. همچنین صخره‌ها و بیرون‌زدگی سنگی نیز تغییری نداشته، بنابراین در تحلیل‌های بعدی در نظر گرفته نشده است.

دقت در نتایج مندرج در جدول ۳ نیز نشان می‌دهد که در مجموع وسعت اراضی مرتعی روند کاهشی داشته است به طوری که طی سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۷۷، ۳۴۴ کیلومترمربع کاهش سطح داشته و پس از آن میزان کاهش سطح مراتع به حدود ۱۰ درصد قبل از آن است. در دو دوره اول، اراضی کشاورزی دیم حدود ۱۰۰ کیلومترمربع افزایش و در دو دوره دوم تقریباً به همان میزان کاهش داشته است. کشاورزی آبی در دو دوره اول روند افزایشی نشان داده در صورتی که در دوره‌های پس از آن کاهش چشم‌گیری داشته است و در مقابل اراضی باغی و فضای سبز طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۳، ۱۳۴ کیلومترمربع افزایش داشته که خود حائز اهمیت است. بیشترین افزایش سطح مناطق مسکونی و صنعتی (۳/۵ درصد مساحت) دوره‌های دوم و سوم (۱۳۶۵-۱۳۸۷) دیده می‌شود. هم‌گام با افزایش سطح اراضی دیم، اراضی با پوشش کم، بایر و رها شده نیز به تدریج بیشتر شده است.

شکل ۲ نیز میزان تغییرات سالانه کاربری‌های مختلف در چهار دوره را ارائه می‌کند. مراتع در چهار دوره با کاهش سطح روبه‌رو بوده است که بیشترین کاهش سالانه در دو دوره اول (سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۷۷) دیده می‌شود. اراضی کشاورزی دیم و آبی طی سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۷۷ رشد و از ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۳ کاهش سالانه داشته‌اند. باغ‌ها و سطح فضای سبز پس از سال ۱۳۶۵ و با شروع توسعه صنعتی در منطقه افزایش داشته است که بیشترین آن در دوره دوم دیده می‌شود. به همین ترتیب روند افزایش سالانه اراضی رها شده در سال‌های اخیر شایان توجه است. تغییرات سطح اراضی مسکونی و صنعتی شرایط درخور توجه و بیشترین افزایش سالانه آن در دوره اول بوده و به تدریج کاهش یافته است.

جدول ۴. درصد تغییرات و تبدیل کاربری‌های مهم به تفکیک زیرحوضه‌های حوضه آبخیز سازند در دوره‌های زمانی مختلف

دوره	زیرحوضه	تغییر کلی	تبدیل کاربری				مرتع به دیم	مرتع به آبی و باغ	دیم به آبی و باغ	سایر به رهاشده
			مرتع به دیم	آبی و باغ	مرتع به دیم	دیم به آبی و باغ				
۱۳۵۲-۱۳۶۵	ازنا	۱۵/۳۶	۶/۳۰	۷/۲۱	۰/۰۱	۰/۶۷	۰/۵۲	۰	۰/۰۲	
	نهرمیان	۱۲/۳۳	۷/۳۵	۲/۴۰	۰	۰/۸۱	۰/۲۶	۰	۰/۳۸	
	پل دوآب	۱۱/۳۰	۲/۴۴	۳/۲۰	۰/۰۱	۲/۲۷	۰/۱۳	۰/۰۱	۱/۱۴	
	بازنه	۹/۰۷	۳/۸۷	۲/۷۱	۰	۱/۴۱	۰/۱۹	۰	۰/۰۱	
	کل حوضه	۱۱/۶۰	۴/۰۹	۳/۵۷	۰/۰۱	۱/۶۲	۰/۷۱	۰	۰/۶۲	
۱۳۶۵-۱۳۷۷	ازنا	۲۸/۲۸	۱۱/۹۱	۲/۹۰	۷/۲۶	۰/۷۶	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۱۳	
	نهرمیان	۳۳/۱۸	۱۶/۶۵	۱/۴۰	۸/۴۹	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۱۷	۰	
	پل دوآب	۳۴/۳۱	۹/۷۹	۱/۹۲	۱۱/۶۳	۰/۱۲	۱/۱۲	۱/۴۷	۰/۰۳	
	بازنه	۳۲/۱۲	۲۴/۰۷	۰/۴۰	۲/۵۸	۱/۱۷	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/۰۱	
	کل حوضه	۳۲/۹۶	۱۴/۱۳	۱/۶۷	۸/۶۱	۰/۴۲	۰/۶۱	۰/۷۹	۰/۵۸	
۱۳۷۷-۱۳۸۷	ازنا	۸/۴۴	۰/۰۴	۱/۱۶	۰/۷۲	۰	۰/۶۵	۱/۰۰	۰/۱۷	
	نهرمیان	۱۲/۹۶	۰/۵۹	۱/۹۱	۰/۵۸	۰/۱۰	۰/۲۴	۰/۵۲	۲/۲۰	
	پل دوآب	۱۴/۹۳	۰/۵۰	۲/۵۶	۱/۶۲	۰/۱۳	۰/۹۵	۱/۰۰	۱/۱۸	
	بازنه	۱۳/۶۱	۱/۰۷	۰/۷۴	۲/۵۷	۰/۰۳	۰/۵۸	۰/۶۳	۱/۰۱	
	کل حوضه	۱۳/۳۹	۰/۵۶	۱/۸۷	۱/۵۱	۰/۰۸	۰/۷۱	۰/۸۵	۱/۱۶	
۱۳۸۷-۱۳۹۳	ازنا	۲۴/۴۵	۳/۱۷	۳/۸۵	۴/۷۴	۱/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۴۰	
	نهرمیان	۲۰/۱۹	۷/۰۹	۱/۷۵	۲/۴۲	۲/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۷	۱/۳۰	
	پل دوآب	۱۶/۴۷	۵/۱۶	۲/۲۸	۲/۲۸	۱/۲۰	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۶۰	
	بازنه	۲۱/۷۴	۴/۰۱	۰/۳۷	۱/۵۹	۰/۵۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲۲	
	کل حوضه	۱۹/۳۷	۵/۰۰	۲/۰۰	۲/۵۴	۱/۱۹	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۶۱	

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات زمانی و مکانی انواع کاربری اراضی در حوضه آبخیز سازند در استان مرکزی انجام گرفت. از آنجاکه یکی از پیش‌شرط‌های اصلی برای استفاده بهینه از زمین، آگاهی از الگوی کاربری اراضی و تغییرات آن در طول زمان است، بنابراین مدیریت و بهره‌برداری اصولی از منابع طبیعی به الگوها و مدل‌های توانا در ارائه روند تغییرات منطقه نیاز دارد. در پژوهش حاضر از مدل‌سازی تغییر سرزمین (LCM) برای پیش‌بینی و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در بعد زمان و مکان استفاده شد. در این راستا در حوضه آبخیز سازند تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۳۵۲ تا ۱۳۹۳ و در قالب چهار دوره و در واحد زیرحوضه بررسی شد.

تقارن دوره اول مطالعاتی با اتفاقات پیروزی انقلاب و جنگ تحمیلی، حداقل برای مدتی عرصه تهاجم به مراتع و شخم‌گسترده مراتع و تبدیل بی‌رویه به اراضی زراعی بدون

توجه به استعداد طبیعی آن‌ها فراهم شد [۳] و نیز افزایش جمعیت و لزوم ایجاد شغل و درآمد با توجه به اینکه کشاورزی مزیت اصلی منطقه محسوب شده، مزید بر علت شده، به‌خصوص در مناطق کوهستانی منطقه (زیرحوضه ازنا و نهرمیان) بر شدت تخریب مراتع افزود. در این خصوص، امیراصلانی و دراگوویچ [۱۱] نیز اشتغال و زندگی بر پایه کشاورزی را به‌عنوان یکی از عوامل مهم تبدیل جنگل‌ها و مراتع و تخریب زمین در بسیاری از مناطق کشور برشمردند. به تبع گسترش وسعت اراضی کشاورزی به‌ویژه دیم‌زارها به‌عنوان چالش مهم بخش کشاورزی قبل از توسعه صنعتی [۴]، به‌میزان ۹۸/۷۴ کیلومترمربع در دوره اول (جدول ۳) و با تمرکز بیشتر در زیرحوضه‌های ازنا و نهرمیان (جدول ۴)، بوده است. تبدیل و تخریب مراتع در دوره دوم نیز با توجه به روند توسعه صنعتی منطقه، ادامه داشته و بیشترین میزان کاهش سالانه نیز در همین مدت وجود داشت (شکل ۲ و جدول ۳). در این دوره که مصادف با

انتظار نیست که سطح اراضی بایر و رهاشده متناسب با توسعه صنعتی افزایش یابد، به طوری که در دوره‌های سوم و چهارم ۲۳/۴۹ درصد مساحت منطقه (جدول ۳) و با تمرکز بیشتر در زیرحوضه‌های نهرمیان، پل‌دوآب و بازنه (جدول ۴) افزایش داشته است. در این رابطه حجازی و کالوپ [۱۶] در منطقه مطالعه شده در مصر دریافتند که بر اثر توسعه شهری و با افزایش شایان توجه این سطوح به‌ویژه طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰، اراضی بایر از نظر وسعت بیش از سه برابر شده است. دیاز و همکارانش [۱۵] نیز گسترش اراضی بایر و رهاشده را به‌عنوان معضل دهه‌های اخیر مطرح کردند.

به‌طور کلی، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که قبل از توسعه صنعتی تغییر کاربری در راستای کاهش اراضی مرتعی و تبدیل آن به کشاورزی دیم و سپس آبی صورت گرفته است. همچنین در دوره توسعه صنعتی بیشترین درصد تغییر کاربری بروز کرده که افزایش سطح مناطق مسکونی و صنعتی، باغ‌ها و بایر را در پی داشته است. قبل از توسعه صنعتی زیرحوضه‌های ازنا و نهرمیان دچار بیشترین تغییرات کاربری شده‌اند و با شروع توسعه صنعتی زیرحوضه واقع در مناطق دشتی حوضه (پل‌دوآب) تغییرات بیشتری داشتند، دوباره در دوره چهارم به سمت مناطق کوهستانی منطقه مانند ازنا و بازنه نهرمیان گرایش پیدا کرد. بنابراین، با توجه به روند توسعه در منطقه و سیاست‌های توسعه‌ای، الگوهای تغییر کاربری اراضی نیز متفاوت است و به‌تبع وضعیت فعلی منطقه متأثر از تنوع بهره‌برداری و مدیریت‌های پیشین منطقه است. در مقاطع مختلف زمانی و مکانی نوع تغییرات کاربری و به‌تبع نوع تخریب متفاوت است و با شناسایی تغییرات متناسب با مدیریت‌های گذشته، عوامل مهم تخریب زمین در مقاطع مختلف زمانی و در ابعاد مکانی به‌خوبی شناسایی شده و بهتر می‌توان در راستای کاهش آن اقدام کرد. همچنین با بررسی روند تغییرات کاربری در ابعاد زمانی و مکانی و با توجه به نتایج حاصل از مدیریت‌های اعمال‌شده قبلی، می‌توان به مبنایی برای مدیریت آتی دست یافت.

قدردانی

بدین‌وسیله از آقایان مهندس حمید دارابی و دکتر مهدی غلامعلی‌فرد برای همکاری در استفاده از نرم‌افزار IDRISI و تهیه اطلاعات لازم تقدیر و تشکر می‌شود.

شروع و توسعه فعالیت‌های صنعتی در منطقه است، ۳۲/۹۶ درصد و حدود ۴۲ درصد کل تغییرات کاربری در مدت ۴۱ سال به‌خصوص در زیرحوضه‌های پل‌دوآب و بازنه با بیشترین سطح تمرکز صنایع صورت گرفته است (جدول ۴). در این دوره کشاورزی آبی از نظر توسعه صنعتی منطقه و به‌کارگیری فناوری‌های نوین در بهره‌برداری ساده‌تر آب‌های زیرزمینی (مطابق با یافته‌های امیراصلانی و دراگوویچ [۱۱] و باکس و همکارانش [۱۳])، بیش از ۱۲۳ کیلومترمربع افزایش داشته است (جدول ۳)، سپس در دوره‌های سوم و چهارم سطح اراضی کشاورزی به‌ویژه دیم‌زارها روند کاهشی داشته است (شکل ۲ و جدول ۳). در پژوهشی مشابه در منطقه کوهمره سرخی، عزیزی قلاتی و همکارانش [۶] دریافتند که دوره ۱۳۶۷ تا ۱۳۷۹ از نظر تخریب گسترده جنگل‌ها و شخم وسیع بوده و بیشترین تبدیل کاربری به کشاورزی دیم را داشته است و در دوره دوم (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۱)، گسترش بیشتر اراضی آبی دیده شد. در این دوره وسعت مناطق مسکونی و صنعتی به‌عنوان یکی از مشخصه‌های مهم توسعه صنعتی [۱۶] افزایش یافته و تا سال ۱۳۸۷ با کاهش و تغییر سطح اراضی کشاورزی، به بیش از ۶۰ کیلومترمربع رسیده است (جدول ۳). در تأیید این نتیجه، پاندی و ستو [۱۸] معتقدند که با توسعه شهری، بیشترین فشار بر اراضی کشاورزی تحمیل می‌شود. ایجاد شهر مهاجران در این دوره صورت گرفت که تغییر سطح و افزایش مناطق شهری و صنعتی در زیرحوضه پل‌دوآب را دربرداشته (جدول ۴) و نمودی روشن از توسعه شهری و چیرگی مناطق شهری و صنعتی بر طبیعت بوده و تخریب گسترده طبیعت را به‌دنبال داشته است [۸]. وسعت باغ‌ها و فضای سبز مشابه مناطق مسکونی و صنعتی در دوره توسعه صنعتی گسترش شایان توجهی در منطقه مطالعه شده داشته است به طوری که از شرایط کاهشی دوره اول، بیش از ۱۳۰ کیلومترمربع تا پایان دوره چهارم افزایش داشته است (جدول ۳) و نمایانگر تغییر تدریجی سبک زندگی کشاورزی به صنعتی است. در این خصوص نتایج سرشماری کشاورزی کشور در سال ۱۳۹۳ به‌خوبی این موضوع را تأیید می‌کند به‌گونه‌ای که طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳ مساحت باغ‌ها در کشور ۲۵ درصد افزایش یافته است [۹]. با تغییرات شایان توجه در سطح اراضی کشاورزی و افزایش سطح باغ‌ها و مناطق مسکونی در دوره توسعه صنعتی منطقه، دور از

منابع

- [۱]. احمدی ندوشن، مژگان؛ سفیانیان، علی‌رضا؛ خواجه‌الدین، سیدجمال، ۱۳۸۸، «تهیه نقشه پوشش اراضی شهر اراک با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی و بیشترین احتمال»، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ش ۶۹، ص. ۸۳-۹۸.
- [۲]. جورابیان شوشتری، شریف؛ اسماعیلی ساری، عباس؛ حسینی، سیدمحسن؛ غلامعلی‌فرد، مهدی، ۱۳۹۲، «کاربرد رگرسیون لجستیک و زنجیره مارکف در پیش‌بینی تغییرات کاربری سرزمین شرق استان مازندران»، مجله منابع طبیعی ایران، ج ۶۶، ش ۶، صص. ۳۶۳-۳۵۱.
- [۳]. سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، ۱۳۸۷، «ضوابط و دستورالعمل‌های فنی مرتع، دستورالعمل فنی مدیریت چرا و قرق»، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور، نشریه ۴۲۱، ۶۱ ص.
- [۴]. شامخی، تقی؛ میرمحمدی، سیدمحمد؛ ۱۳۹۱، «چالش‌های جنگل‌ها و مراتع ایران و پیشنهادهایی برای رفع مشکلات»، معاونت پژوهش‌های اقتصادی مرکز تحقیقات استراتژیک، گزارش راهبردی ۱۵۰، ۳۱ ص.
- [۵]. زرگوش، ظریفه؛ کاویان، عطاءالله؛ دارابی، حمید؛ جعفریان، زینب؛ ۱۳۹۳، «کاربرد مدل LCM در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز هراز)»، دومین همایش ملی و تخصصی پژوهش‌های محیط زیست ایران، مردادماه، دانشکده شهید مفتح همدان، صص. ۱-۱۴.
- [۶]. عزیزی قلاتی، سارا؛ رنگزن، کاظم؛ تقی‌زاده، ایوب؛ احمدی، شهرام؛ ۱۳۹۳، «مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مدل LCM (پژوهش موردی: منطقه کوهمره سرخی استان فارس)»، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ج ۲۲، ش ۴، صص. ۵۸۵-۵۹۶.
- [۷]. غلامعلی‌فرد، مهدی؛ جورابیان شوشتری، شریف؛ حسینی، حمزه؛ میرزایی، محسن، ۱۳۹۱، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی سواحل استان مازندران با استفاده از LCM در محیط GIS، محیط‌شناسی، ج ۳۸، ش ۴، صص. ۱۰۹-۱۲۴.
- [۸]. فیروزبخت، علی؛ پرهیزکار، اکبر؛ ربیعی‌فر، ولی‌الله؛ ۱۳۹۱، راهبردهای ساختار زیست‌محیطی شهر با رویکرد توسعه پایدار شهری (مطالعه موردی: شهر کرج)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ش ۸۰، صص. ۲۱۳-۲۳۹.
- [۹]. نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳۹۳، گزارش نتایج مقدماتی سرشماری عمومی کشاورزی ۱۳۹۳، فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، ج ۱۲، ش ۴۶، صص. ۱۹-۲۰.
- [10]. Al-Ahmadi, F.S. and Hames, A.S., 2009, Comparison of four classification methods to extract land use and land cover from raw satellite images for some remote arid areas, Kingdom of Saudi Arabia, JKAU, Earth Science, vol 20(1), pp.167-191.
- [11]. Amirarsalan F. and Dragovich D., 2011, Combating desertification in Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches, Journal of Environmental Management, vol 92, pp. 1-13.
- [12]. Andeltova, L., Barbier, E., Baker, L., Shim, K., Noel, S., Quatrini, S. and Schauer, M., 2013, The rewards of investing in sustainable land management, Interim Report for the Economics of Land Degradation Initiative, The Economic of Land Degradation Initiative (www.eld-initiative.org), 124 p.
- [13]. Bax, V., Francesconi, W. and Quintero, M., 2016, Spatial modelling of deforestation processes in the Central Peruvian Amazon, Journal for Nature Conservation, vol 29, pp. 79-88.
- [14]. Davudirad, A.A., Sadeghi, S.H.R. and Sadoddin, A., 2016, The impact of development plans on hydrological changes in the Shazand Watershed, Iran, Land Degradation and Development, DOI: 10.1002/ldr.2523
- [15]. Diaz, G.I., Nahuelhual, L., Echeverr, A.C. and Marin, S., 2011, Drivers of land abandonment in Southern Chile and implications for landscape planning, Landscape and Urban Planning, vol 99(3-4), pp. 207-217.
- [16]. Hegazy, I.R. and Kaloop, M.R., 2015, Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt, International Journal of Sustainable Built Environment, vol 4, pp. 117-124.
- [17]. Mohammady, M., Moradi, H.R., Zeinivand, H. and Temme, A.J.A.M., 2015, A comparison of supervised, unsupervised and synthetic land use classification methods in the north of Iran,

- [21].Teka, K., Van Rompaey, A. and Poesen, J., 2013, Assessing the role of policies on land use change and agricultural development since 1960s in northern Ethiopia, *Land Use Policy*, vol30, pp. 944-951.
- [22]. Václavík, T. and Rogan, J. 2009, Identifying trends in land use/land cover changes in the context of post-socialist transformation in Central Europe: A case study of the greater Olomouc region, Czech Republic, *GIScience & Remote Sensing*, vol 46(1), pp. 54-76.
- [23].Zanganeh Shahraki, S., Sauri, D., Serra, P., Modugno, S. and Pourahmad, A., 2011: Urban sprawl pattern and land-use change detection in Yazd, Iran, *Habitat International*, vol35(4), pp. 521-528.
- International Journal of Environmental Science and Technology, vol, 12(5), pp. 1515-1526.
- [18].Pandey B. and Seto K.C., 2015, Urbanization and agricultural land loss in India: Comparing satellite estimates with census data, *Journal of Environmental Management*, vol148, pp. 53-66.
- [19].Puyravaud, J.P., 2003, Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation, *Forest Ecology and Management*, vol 177(1), pp. 593-596.
- [20].Salvo, G., Simas, M.S., Pacca, S.A., Guilloto, J.J., Tomas, A.R. and Abramovay, R., 2015, Estimating the human appropriation of land in Brazil by means of an Input-Output Economic Model and Ecological Footprint analysis, *Ecological Indicators* vol 53, pp. 78-94.