



فصلنامه علوم محیطی، دوره نوزدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰

۲۱۹-۲۲۸

مدل سازی روند تغییر کاربری زمین های مجموعه حفاظت شده جاجرود در ۳۰ سال گذشته

شیده عطری^۱، مصطفی پناهی^{۱*}، رضا ارجمندی^۱ و علیرضا قراگوزلو^۲

^۱ گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
^۲ گروه ژئوتکنیک و حمل و نقل، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۹

عطری، ش.، م. پناهی، ر. ارجمندی و ع.ر. قراگوزلو. ۱۴۰۰. مدل سازی روند تغییر کاربری زمین های مجموعه حفاظت شده جاجرود در ۳۰ سال گذشته. فصلنامه علوم محیطی. ۱۹(۱): ۲۱۹-۲۲۸.

سابقه و هدف: بررسی عملکرد بسیاری از نهادهای دست اندرکار حفاظت محیط زیست ایران و جهان، در دهه های اخیر، نشان می دهد تمرکز سیاست های حفاظت از محیط زیست، به دلیل کمبود اطلاعات دقیق، بیشتر متکی بر روش های دستوری و ارشادی بوده و کمتر از رویکردهای مدیریتی مبتنی بر تجزیه و تحلیل های آماری و اطلاعات کمی دقیق استفاده شده است. در نتیجه، این مطالعه برای درک بهتر روند تغییرات کاربری در سی سال گذشته (۱۳۹۷ - ۱۳۶۶) و پیش بینی وضعیت آینده از طریق پردازش داده های فضایی با استفاده از تصاویر ماهواره ای و مدل سازی در نرم افزار InVEST امکان درک درست روند تغییرات آینده و اصلاح الگوهای مدیریتی، از سوی مدیران و تصمیم گیران را فراهم می سازد.

مواد و روش ها: در این بررسی، با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۵، ۷ و ۸ به ترتیب در سال های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۷ نقشه کاربری زمین های مجموعه حفاظت شده جاجرود، در محیط نرم افزاری ENVI 5.3 و ArcGIS 10.3 استخراج و درستی و صحت طبقه بندی ها با استفاده از بازدیدهای میدانی مورد ارزیابی قرار گرفته است. طبقات کاربری باتوجه به هدف مطالعه به ۱۰ طبقه شامل مرتع های فقیر، مرتع های غنی، جنگل دست کاشت، زمین های کشاورزی، زمین های بایر، سد، منطقه های مسکونی، رود، جاده خاکی و آسفالتت جاسازی، سپس وضعیت و مساحت هریک از کاربری ها مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت، به منظور دستیابی به وضعیت آینده منطقه، از ابزار سناریو ساز مجموعه نرم افزاری InVEST نسخه ۳.۶.۰ استفاده شده است.

نتایج و بحث: منطقه حفاظت شده جاجرود، به دلیل مداخلات انسانی، دستخوش تغییرات مهمی از نظر کاربری زمین ها شده است. چنین تغییراتی به طور عمده ریشه در دگرگونی های اقتصادی و اجتماعی داشته و با فراز و نشیب های مدیریتی در راستای رعایت موازین حفاظتی محدوده و دستیابی به هدف های تعریف شده برای چنین مناطقی همراه بوده است. به گونه ای که تغییرات کاربری زمین های طبیعی و جایگزین شدن کاربری های انسانی به واسطه اقدام های توسعه ای بی هدف و بی ضابطه، سیمای طبیعی منطقه حفاظت شده جاجرود را

* Corresponding Author: Email Address. m.panahi@srbiau.ac.ir
<http://dx.doi.org/10.52547/envs.32021>

مخدوش ساخته است.

براساس نتایج این مطالعه، تغییرات به نسبت شدیدی در سیمای طبیعی منطقه رخ داده است. به طوری که در دوره مورد بررسی، مساحت کاربری‌های انسان‌ساخت افزایش و گستره کاربری‌های طبیعی به مقدار قابل توجهی کاهش یافته است. همچنین مدل‌سازی و بررسی وضعیت آینده نیز نشان داده وسعت برخی از کاربری‌های انسانی، از جمله منطقه‌های مسکونی، زمین‌های بایر و جنگل‌های دست کاشت، افزایش و به تبع آن مساحت مرتع‌ها و زمین‌های کشاورزی کاهش پیدا خواهد کرد. در مجموع در بازه زمانی یاد شده، بیشترین کاهش مساحت را مرتع‌های غنی و بیشترین افزایش در وسعت کاربری را منطقه‌های مسکونی به خود اختصاص داده است.

نتیجه گیری: با توجه به بهره برداری‌های ناپایدار و نامتوازن در محدوده مطالعاتی و مدل‌سازی انجام شده مبنی بر پیش بینی ادامه تغییرات کاربری زمین‌ها و ادامه روند قهقرائی منابع زیستی، افزون بر شناسایی نواحی مناسب برای حفاظت سرمایه‌های طبیعی، توسعه کاربری‌های انسانی و بهره برداری پایدار از سرزمین، می‌توان برنامه ریزی توسعه فضایی را به نحوی پیش برد که ضمن کاهش عدم قطعیت‌های آینده به تصمیم‌گیری‌های آگاهانه و تقویت هم‌افزایی‌ها در هر یک از دو بخش محیط زیست و توسعه کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: InVEST، منطقه حفاظت شده جاجرود، کاربری زمین‌ها، مدل‌سازی، سناریوساز، تصاویر ماهواره‌ای.

مقدمه

خدمات اکوسیستمی می‌تواند به نحو قابل ملاحظه‌ای وابسته به کاربری زمین‌ها و گزینه‌های مدیریتی آن باشد. از این رو مدیریت کالاها و خدمات اکوسیستمی در سرزمین‌های در حال تغییر، چالشی کلیدی برای برنامه ریزان و تصمیم‌گیران محیط زیست است.

در سال‌های اخیر افزون بر زمین‌های خارج از محدوده‌های تحت حفاظت، مناطق حفاظت شده نیز با تغییرات کاربری شدیدی مواجه شده‌اند که بیشتر ناشی از توسعه انسانی است (Jaafari *et al.*, 2012). اثرهای توسعه انسانی، اشغال فیزیکی زمین‌ها است که می‌تواند به از دست رفتن زیستگاه، کاهش کیفیت طبیعی آن، اختلال در مدیریت صحیح منطقه و نیز تغییر در خدمات اکوسیستمی منجر شود. می‌توان چنین برداشت کرد که نبود دیدگاه جامع در کنار اقدام‌های جزیره‌ای و ناهماهنگ، افزون بر اتلاف منابع، سبب شده است روش‌های مدیریتی در منطقه‌های حفاظت شده اثربخشی لازم را نداشته و منطقه را با ناسازگاری‌های متعدد مواجه می‌سازد. در همین ارتباط (Goljani *et al.* 2010) با مطالعه بر منطقه حفاظت شده جاجرود، همجواری با شهر تهران، اماکن انسان ساخت، جاده‌ها، فنس‌ها و سایر موانع و فعالیت‌ها را عامل محدود شدن و تجزیه زیستگاه و در نتیجه کاهش خدمات اکوسیستمی در مجموعه جاجرود معرفی کرد. همچنین نزدیکی به کلان شهر

تغییر کاربری زمین‌های عرصه‌های طبیعی همواره یکی از مهمترین دخالت‌هایی بوده که انسان از طریق آن محیط زیست خود را تحت تأثیر قرار داده است. منظور از کاربری زمین‌ها، فعالیتی است که انسان با هدف استفاده از منابع طبیعی، سبب رشد و توسعه اقتصادی - اجتماعی خود شده و در عین حال، ساختارها و فرآیندهای حاکم بر محیط زیست را تغییر می‌دهد (Mesbahzadeh and Soleimani sardoo, 2019).

تغییرات کاربری زمین‌ها به دلیل نیازهای انسان به غذا و توسعه کشاورزی، احداث سکونتگاه و رشد بیشتر اقتصادی صورت می‌گیرد. برنامه ریزی تغییرات کاربری زمین‌ها یک ضرورت است که نیازمند در نظر گرفتن عامل‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و اکولوژیکی به‌عنوان محرکه‌های این تغییرات است. کمیت تغییرات به‌طور مستقیم تحت تأثیر علاقه و نیازهای صاحبان منافع و تقاضای آن‌ها برای زمین جهت انواع توسعه و سکونتگاه‌های شهری و روستایی است. هرچه توسعه در سکونتگاه‌های انسانی بالاتر باشد، تقاضا برای کاربری‌های انسان ساخت بیشتر می‌شود. به موازات افزایش جمعیت، تقاضا برای انواع کالاها و خدمات اکوسیستمی افزایش می‌یابد، سکونتگاه‌های انسانی رشد و گسترش یافته و کاربری‌های طبیعی دستخوش تغییر می‌شوند. بنابراین تولید یا عرضه انواع

لتیان، از شرق به ارتفاعات البرز اطراف جاده‌های فیروزکوه و هراز، از جنوب به کوه‌پارچین ورامین و از غرب به کوه بی‌بی شهربانو و مسگرآباد محدود می‌شود. قسمت اعظم منطقه، کوهستانی و دربرگیرنده دامنه جنوبی رشته کوه‌های البرز مرکزی است.

سرشاخه‌های رودخانه جاجرود و بخشی از رودخانه دماوند در شرق محدوده حفاظت شده جاجرود به این منطقه ریخته، همچنین رودخانه رودهن مرز شرقی محدوده را تشکیل می‌دهد. در سال‌های اخیر در محل پائین دست روستای ماملو، سدی طراحی و احداث شده که با آبیگری این سد، روستای ماملو و چند روستای دیگر به زیر آب رفته‌اند.

پست‌ترین منطقه حوزه مورد مطالعه ۱۰۰۰ متر از سطح دریا و بلندترین آن ۲۶۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد (Vissan Consulting Engineers Company, 2012).

دو پارک ملی خجیر و سرخه حصار داخل منطقه حفاظت شده جاجرود قرار دارند که در سال ۱۳۵۸ با تصویب شورای انقلاب اداره این مجموعه به سازمان حفاظت محیط زیست و در سال ۱۳۶۱ مجموعه حفاظتی جاجرود مشتمل بر پارک ملی خجیر با مساحت ۱۰۶۹۲ هکتار و پارک ملی سرخه حصار با مساحت ۸۶۹۵ هکتار تحت مدیریت اداره کل محیط زیست استان تهران قرار گرفتند. پارک ملی خجیر منطقه‌ای است با کوه‌های کم ارتفاع و تپه ماهوری با دامنه ارتفاعی ۱۳۰۰ تا ۲۱۰۰ متر که رودخانه جاجرود در آن جاری است. اقلیم نیمه خشک، معتدل و تنوع زیستی بسیار زیاد از ویژگی‌های آن به‌شمار می‌رود. پارک ملی سرخه حصار منطقه‌ای نیمه کوهستانی و تپه ماهوری با دامنه ارتفاعی ۱۲۰۰ تا ۱۸۰۰ متر واقع در اقلیم نیمه خشک و معتدل شناخته می‌شود (Ghasriani et al., 2018).

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ و طی سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۷ در یک بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۳۶۶ - ۱۳۹۷) استفاده و نسبت به پردازش

تهران به‌عنوان پایتخت و ارزش بالای زمین از دیگر عامل‌های تغییرات کاربری منطقه است. به‌طور کلی شهرها به سبب آنکه مرکز اصلی اقدام‌های اقتصادی هستند حتی در فرای مرزهایشان، اکوسیستم را در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی تحت تأثیر قرار داده که دامنه این تأثیرات بسته به وسعت و گسترش سطح شهرها متفاوت است (Grimm et al., 2008).

با توجه به اینکه بررسی روند تغییرات کاربری و وضعیت موجود در هر منطقه نیازمند تهیه نقشه کاربری زمین‌های آن منطقه بوده و یکی از پر هزینه‌ترین بخش‌های پروژه-های محیط زیستی است، سنجش از دور می‌تواند به‌عنوان یکی از سریع‌ترین و کم هزینه‌ترین روش‌ها، کمک شایانی را در این مورد انجام و داده‌ها را در اختیار محققان قرار دهد. (Hashemi and Nejadi, 2016). عکس‌های هوایی و تصاویر سنجش از دور به‌دلیل ویژگی‌های خاص از جمله سطح پوشش وسیع، قابلیت تکرار و همپوشانی و نیز به‌هنگام شدن مداوم از قابلیت بالایی برای استخراج نقشه‌های کاربری زمین برخوردار بوده و در سراسر جهان، برای ارزیابی کاربری زمین‌ها و مدیریت سرزمین بویژه در منطقه‌های حفاظت شده که دارای وسعت زیاد می‌باشند به‌کار گرفته می‌شود (Darvish Sefat and Shetaii, 1997).

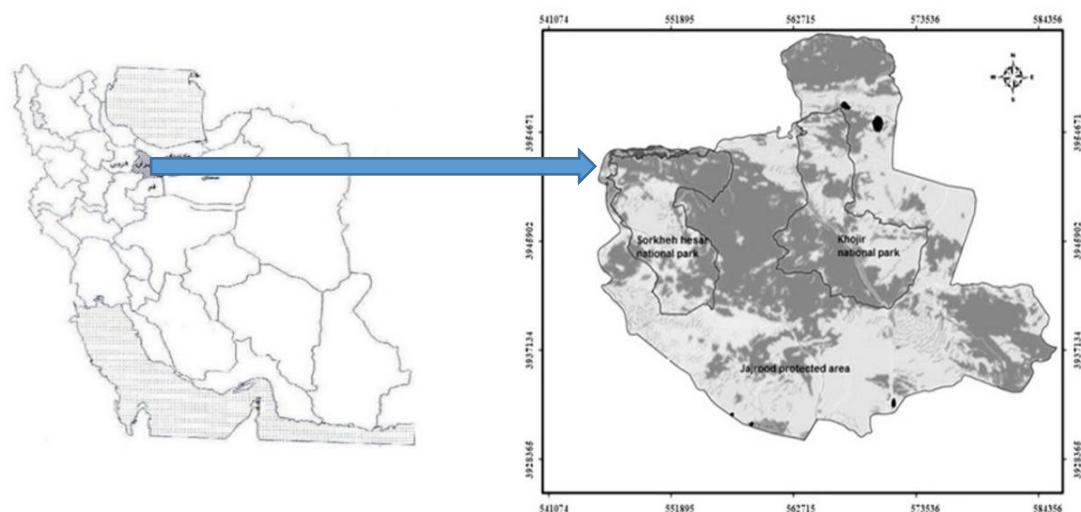
(Gross et al., 2009) نیز توانایی‌های سنجش از دور و نتایج مطلوب آن را در پایش پارک‌های ملی و مناطق حفاظت شده مورد ارزیابی قرار داد و به این نتیجه رسید که استفاده از این دانش می‌تواند به‌واسطه سرعت و دقت در پردازش داده‌ها، به حفاظت از محیط زیست و اصلاح شیوه‌های مدیریتی آن کمک کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی، مجموعه حفاظت شده جاجرود در حدود عرض جغرافیایی ۳۰° و ۳۵° تا ۵۰° و ۳۵° شمالی و طول جغرافیایی ۳۰° و ۵۱° تا ۰۰° و ۵۲° شرقی و در شرق شهر تهران قرار دارد. این منطقه از شمال به دریاچه سد

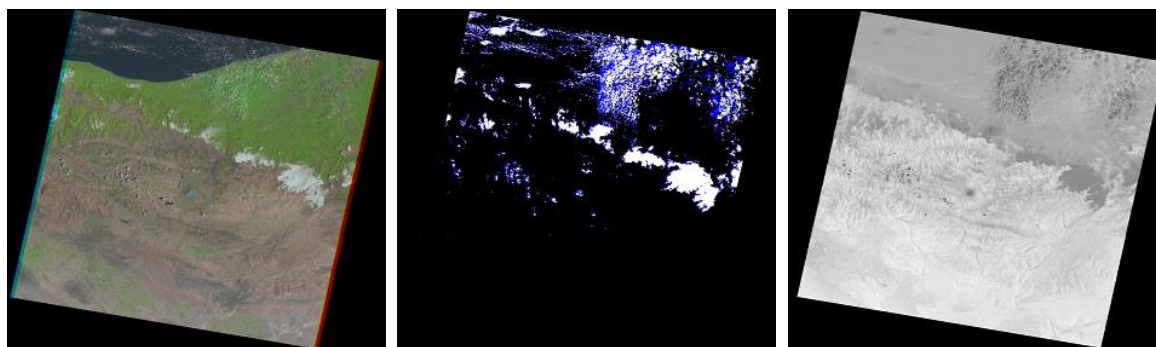
پیامدهای تغییر کاربری‌ها به واسطه اقدامات انسانی (که با عوامل اقتصادی - اجتماعی و فیزیکی - محیطی متعددی در ارتباط است) و با در نظر گرفتن تنوع زیستی بالای محدوده، ۱۰ طبقه کاربری برای مجموعه حفاظت شده جاجرود شامل مرتع‌های فقیر، مرتع‌های غنی، زمین‌های کشاورزی، زمین‌های بایر، جنگل دست کاشت، سد، منطقه‌های مسکونی، رود، جاده خاکی و جاده آسفالت در نظر گرفته شد و مساحت هر کاربری به هکتار محاسبه گردید. بدین ترتیب کلیه کاربری‌ها مورد بررسی قرار گرفت تا نتایج دقیق‌تری به منظور ارائه الگوهای مدیریتی و برنامه ریزی کاربری زمین حاصل شود.

داده‌ها و استخراج نقشه کاربری زمین‌های منطقه مورد مطالعه اقدام شد. جهت پردازش تصاویر ماهواره‌ای و استخراج کاربری زمین‌ها از نرم افزار سنجش از دور ENVI 5.3 و ArcGIS 10.3 استفاده شد. سپس دقت طبقه‌بندی‌های انجام گرفته ارزیابی شد. برآورد دقت برای درک نتایج به دست آمده و به کار بردن آن برای تصمیم‌گیری دارای اهمیت است. معمول‌ترین عامل‌های برآورد دقت، شامل دقت کل، دقت تولیدکننده، دقت کاربر و ضریب کاپا هستند. در تحقیق حاضر از دقت کل و ضریب کاپا جهت ارزیابی درستی طبقه‌بندی و مقایسه صحت طبقه‌بندی‌های انجام گرفته استفاده شد. با توجه به هدف‌های مطالعه و به منظور درک بهتر



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مجموعه حفاظت شده جاجرود

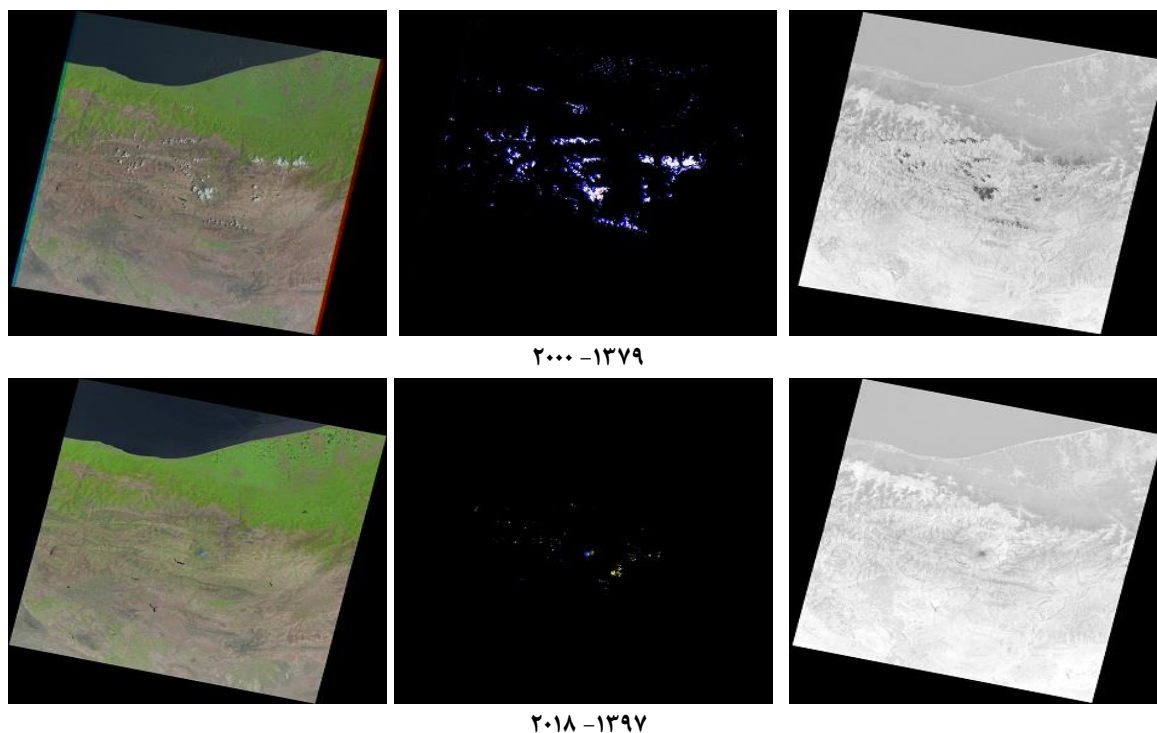
Fig. 1- Geographical location of Jajrood Protected Area



۱۳۶۶ - ۱۹۷۸

شکل ۲- تصاویر ماهواره‌ای منطقه حفاظت شده جاجرود در سال‌های مختلف

Fig. 2- Satellite images of the Jajrood Protected Area in different years



ادامه شکل ۲- تصاویر ماهواره‌ای منطقه حفاظت شده جاجرود در سال‌های مختلف

Fig. 2- Satellite images of the Jajroud Protected Area in different years

است. با این حال، این مدل نیز مانند سایر ابزارهای تولید بشر، با محدودیت‌هایی مواجه است. یکی از مهمترین این محدودیت‌ها این است که مدل فرض می‌کند یک نوع پوشش/کاربری یا در حال رشد و یا در حال نقصان است و امکان اینکه هر دو حالت مذکور برای یک طبقه پوشش/کاربری به‌طور همزمان لحاظ شود، وجود ندارد. این در حالی است که در دنیای حقیقی، تبدیل زمین بسته به شرایط زمانی و مکانی ممکن است در هر دو جهت اتفاق بیفتد. با این حال، برای ساده نگه‌داشتن مدل، طراحان آن چنین فرضی را مدنظر قرار داده‌اند. همچنین خروجی مدل به‌صورت یک مرحله‌ای تولید می‌شود. به‌عنوان نمونه، در این مطالعه یک دوره زمانی سی ساله مدنظر می‌باشد، خروجی نهایی مدل تنها سال سی ام را نشان می‌دهد، درحالی‌که فرآیند تبدیل زمین گام به گام است و در فاصله زمانی بین دو دوره، تغییراتی رخ می‌دهد که با زمان انتهایی دوره موردنظر متفاوت است. از این رو با توجه به اینکه پیش بینی آینده براساس روندهای موجود، برای آینده نزدیک قابل اتکا است و در طولانی مدت ممکن است با تغییر شرایط همراه باشد، پیشنهاد می‌شود، در تعریف سناریوها دوره زمانی

در ادامه به‌منظور پیش‌بینی وضعیت آینده در منطقه مورد مطالعه از ابزار سناریوساز نرم‌افزار InVEST استفاده شد. نقاط قوت این نرم‌افزار؛ دادن اطلاعات جامع در مورد روند تغییرات، عرضه خدمات اکوسیستمی در محدوده مورد مطالعه، استخراج مقادیر کمی خدمات اکوسیستمی و ارائه نتایج به‌صورت نقشه، کمک به بهبود شیوه مدیریت مناطق بویژه مناطق حفاظت شده و امکان تحلیل مکانی اثرهای تغییرات در مدیریت سرزمین می‌باشد. رویکرد چندمقیاسی (قابلیت اجرا در مقیاس‌های خرد تا کلان اکوسیستمی، آبخیزی و ...)، امکان مدل‌سازی در قالب سناریوهای مختلف و به‌روز رسانی مستمر این مدل، از ویژگی‌های منحصر به فردی است که آن را از سایر مدل‌ها متمایز می‌سازد. همچنین، با برخورداری از قابلیت تحلیل هم‌زمان فضایی و زمانی، افزون بر انعطاف‌پذیری برای اجرا در مقیاس‌های مختلف و امکان پذیرش داده‌های ورودی با قدرت تفکیک مکانی متفاوت، از قابلیت بالایی در تلفیق داده‌های اقتصادی - اجتماعی و فیزیکی - محیطی در قالب مدلی یکپارچه، برای شبیه‌سازی تغییرات پوشش / کاربری زمین و تسهیل تحلیل‌های مربوط به آن برخوردار

مورد پیش بینی خیلی طولانی نباشد. با این تفسیر یک دوره زمانی در نهایت سی ساله می‌تواند برای پیش بینی و تحلیل تغییرات آینده سرزمین بر مبنای واقعیت‌های جاری امروز، تحلیل منطقی باشد (Zarandian et al., 2018).

در این مطالعه برای آگاهی از روند تغییرات آینده کاربری زمین‌ها در هر پایلوت و استخراج نقشه آن‌ها از ابزار سناریوساز نسخه ۳.۶.۰ نرم افزار InVEST استفاده شد. ابزار سناریوسازی از ترکیبی از تحلیل‌های همپوشانی در GIS^۱، ارزشیابی چندمعیاری و کاربرد مستقیم دانش کارشناسی استفاده می‌کند تا آینده ممکن را به صورت نقشه دریاورد. سناریوسازی می‌تواند برای ایجاد اطلاعات لازم در زمینه تصمیم سازی در مورد کاربری پایدار یا هوشمندانه تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی به کار رود. عوامل زیادی بر تغییر کاربری زمین اثر می‌گذارند، برخی به طور کامل شفاف هستند مانند استخراج و اکتشاف معدن در حالیکه شناسایی بعضی دیگر، مانند تغییر در ارزش‌های اجتماعی، مشکل است. عامل‌هایی که بر استعداد پیکسل‌های زمین برای تعدیل به کاربری‌های مختلف اثرگذار هستند شامل مواردی چون شیب، جهت، ارتفاع، نوع خاک، فاصله تا جاده و بازار، توزیع بارندگی و میزان دسترسی می‌باشد. فرآیند سناریوسازی با شیوه مشارکتی، متکی بر عامل‌هایی است که صاحبان منافع به آسانی می‌توانند شناسایی و اثرهای آن‌ها را تخمین بزنند. برای اجرای مدل سناریوساز، داده‌هایی مانند: نقشه کاربری زمین‌های جاری و گذشته هر پایلوت، عامل‌های استعداد زمین مانند ارتفاع، شیب و جهت و فاکتورهای اقتصادی و اجتماعی مانند دوری و نزدیکی به جاده‌های اصلی و فرعی تهیه و وارد نرم افزار شد. مدل سناریوساز مبتنی بر تعیین استعداد زمین در تخصیص به کاربری‌های مختلف است، در نتیجه نقشه کاربری زمین‌ها مهمترین داده‌های مورد نیاز است. نقشه‌های پوشش/کاربری زمین به فرم رستری و با کدهای عددی مربوط به طبقه بندی انواع پوشش/کاربری برای هر سلول که از ۱ تا ۱۰ و برای تمامی نقشه‌های کاربری به طور یکسان در نظر گرفته شد، توسط ابزار مورد استفاده قرار گرفت. باتوجه به اینکه روند تغییرات کاربری

در منطقه مورد بحث در بازه زمانی مورد مطالعه از سال ۱۳۷۹ به طور مشخص تری خودنمایی می‌کند بنابراین در این مقاله برای مدل سناریوساز، نقشه کاربری سال ۱۳۷۹ به عنوان نقشه پایه استفاده شده و شرایط حاکم بر وضعیت محدوده تا سال ۱۳۹۷، به عنوان مبنای مدلسازی پیش بینی آینده اراضی محدوده در نظر گرفته شده است، بنابراین نتایج حاصله، بازگو کننده شرایط احتمالی پیش بینی شده تا سال ۱۴۱۵ خواهد بود.

باوجود آنکه شواهد حکایت از نامناسب بودن وضعیت منطقه داشت، عنوان حفاظت شده سبب شد این فرضیه که بهترین شیوه مدیریتی بر منطقه حاکم است، تقویت گردد در نتیجه تنها یک سناریو برای مطالعه تعریف شد و آن، بررسی وضعیت آینده در صورت ادامه روند مدیریتی موجود بود. پس از تعریف سناریو، کمیت تغییر کاربری زمین‌ها براساس مقایسه کمیت‌های تغییر یافته از گذشته تاکنون یعنی در بازه زمانی ۱۳۹۷ - ۱۳۷۹ به دست آمد. کمیت تغییر به صورت عددی و با واحد درصد بیان می‌شود. براساس هدف تعیین شده کاربری‌هایی که بخشی از مساحت خود را از دست می‌دهند باید ارزش منفی و آن‌هایی که به مساحتشان افزوده می‌شود باید ارزش مثبت داشته باشند.

ارزش عددی احتمال تغییر هر یک از طبقات کاربری به نوع دیگر، از نگاه کارشناسی براساس طیف ارزش (نامستعد) تا ۱۰ (شدیداً مستعد) به شرح زیر مشخص گردید:

احتمال رشد مرتع فقیر از مرتع غنی: ۱۰

احتمال رشد جنگل‌های دست کاشت از زمین‌های بایر،

مرتع فقیر، مرتع غنی، به ترتیب: ۸، ۷، ۴

احتمال رشد زمین‌های کشاورزی از مرتع فقیر، زمین‌های

بایر، جنگل‌های دشت کاشت به ترتیب: ۱۰، ۸، ۳

احتمال رشد زمین‌های بایر از مرتع فقیر، مرتع غنی،

جنگل‌های دست کاشت به ترتیب: ۱۰، ۹، ۵

احتمال رشد مناطق مسکونی از زمین‌های کشاورزی،

زمین‌های بایر، مرتع فقیر، جنگل‌های دست کاشت، مرتع

بنابراین برای هر نوع کاربری یکسری از عامل‌ها تعریف می‌شوند. ادغام این عامل‌ها در تعیین اینکه کدام کاربری مستعدتر است، مستلزم ارزشیابی چند معیاری است. بنابراین با کمک نرم افزار به تعداد انواع پوشش/ کاربری لایه‌های استعداد زمین تهیه شد. این ابزار تبدیل کاربری‌ها را با هر یک از لایه‌های رستری براساس ارزش‌های استعداد هر پیکسل انجام می‌دهد. کار با نوع کاربری که بالاترین اولویت را دارد آغاز می‌شود و ابزار، استعداد پیکسل را براساس طیف ارزش (نامستعد) تا ۱۰ (به شدت مستعد) مشخص می‌نماید. سپس عامل‌ها نسبت به همدیگر وزن دهی می‌شوند. پیکسل‌هایی که ارزش‌های نزدیک‌تر به ۱۰۰ دارند اول تبدیل می‌شوند. و بعد از اینکه هر کاربری پردازش شد، پیکسل‌های تبدیل شده ماسک می‌شوند تا دوباره تبدیل نشوند. در زمانی که تعداد بیشتری پیکسل با استعداد یکسان در دسترس باشند ابزار به صورت تصادفی از میان پیکسل‌های موجود انتخاب می‌کند. براساس هدف یا هدف‌های تعیین شده توسط کاربر، پوشش/ کاربری‌هایی که بخشی از مساحت خود را از دست می‌دهند باید ارزش منفی و آن‌هایی که مساحتشان اضافه می‌شود باید ارزش مثبت دریافت کنند.

غنی، به ترتیب: ۵، ۶، ۸، ۹، ۱۰، ۸، ۶، ۵
 احتمال رشد جاده خاکی از زمین‌های کشاورزی، زمین‌های بایر، جنگل‌های دست کاشت، مرتع فقیر، مرتع غنی، به ترتیب: ۴، ۵، ۶، ۸، ۱۰، ۵
 احتمال تبدیل سایر کاربری‌ها به یکدیگر: ۰
 همچنین انواع کاربری‌ها باید با توجه به اهمیتشان رتبه بندی شوند تا توسط مدل وزن دهی گردد. برای رتبه بندی کاربری‌ها نسبت به هم در این مدل یک ابزار تدارک دیده شده تا با استفاده از یک ماتریس، امکان مقایسه دو کاربری در یک زمان از طریق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی^۲ فراهم شود. مبنای قضاوت در تعیین ضریب اهمیت معیارها در این مطالعه، استفاده از مقیاس ۹ امتیازی ساعتی است که براساس آن و با توجه به هدف بررسی، شدت برتری یک کاربری نسبت به کاربری دیگر تعیین می‌شود این مقایسه‌ها به مقادیر کمی ۱ تا ۹ تبدیل شده‌اند که در جدول ۱ مشخص گردیده‌اند (Saaty, 1977). جدول ۲، ماتریس اولویت بندی کاربری‌ها برای محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.
 گام نهمی، تبدیل پیکسل‌ها (تخصیص زمین) با توجه به عامل‌های فیزیکی - محیطی است. از آنجاییکه اثر عامل‌های فیزیکی - محیطی بر کاربری‌ها متفاوت است،

جدول ۱- نحوه امتیازدهی براساس مقیاس ۹ امتیازی Saaty

Table 1. Scores based on a 9-point Saaty scale

دو کاربری با اندازه سهم مساوی در تحقق یک هدف Two land uses with equal contribution to the objective	اهمیت معادل Equal importance	1
	اهمیت ضعیف Weak importance	2
اثبات تجربی اینکه یک کاربری بر کاربری دیگر تا حدی ترجیح دارد Experience and judgment slightly favor one land use over another	اهمیت متوسط Moderate importance	3
	اهمیت بیشتر از متوسط More than moderate importance	4
اثبات تجربی اینکه یک کاربری بر کاربری دیگر تا حد زیادی ترجیح داده می‌شود Experience and judgment strongly favor one land use over another	اهمیت قوی Strong importance	5
	اهمیت بیشتر از قوی More than strong importance	6
اثبات تجربی اینکه یک کاربری بر کاربری دیگر تا حد خیلی زیادی ترجیح داده می‌شود و در عمل اثبات شده است A land use is favored very strongly over another and its dominance is demonstrated in practice	اهمیت خیلی قوی Very strong importance	7
	اهمیت خیلی خیلی قوی Very very strong importance	8
شواهدی موجود است که نشان می‌دهد یک کاربری نسبت به کاربری دیگر به صورت قطعی اولویت دارد The evidence favoring one land use over another with the highest possible order of affirmation	اهمیت شدید Extreme importance	9

جدول ۲- ماتریس اولویت بندی کاربری‌ها برای مجموعه حفاظت شده جاجروود
Table 2. Priority matrix of land uses relative to each other in the Jajrood Protected Area

کد کاربری Land use code	نام کاربری Land use type	مرتع‌های غنی Rich rangeland	مرتع‌های فقیر Poor rangeland	جنگل‌های دست کاشت Planted forest	زمین‌های کشاورزی Agricultural land	زمین‌های بایر Barren land	سد ماملو Mamloo Dam	مناطق مسکونی Residential areas	رود River	جاده خاکی Dirt road	جاده آسفالتی Paved road
1	مرتع‌های غنی Rich rangeland	1									
2	مرتع‌های فقیر Poor rangeland	8.9	1								
3	جنگل‌های دست کاشت Planted forest	6.9	6.8	1							
4	زمین‌های کشاورزی Agricultural land	4.9	4.8	4.6	1						
5	زمین‌های بایر Barren land	6.9	5.8	6.5	6.4	1					
6	سد ماملو Mamloo Dam	2.9	2.8	2.6	2.5	2.6	1				
7	مناطق مسکونی Residential areas	5.9	5.8	5.6	8.2	5.7	5.4	1			
8	رود River	1	9.7	9.5	9.4	9.6	9.7	9.5	1		
9	جاده خاکی Dirt road	3.9	3.7	3.5	3.6	2.7	4.2	6.5	4.9	1	
10	جاده آسفالتی Paved road	4.9	4.8	4.6	4.5	3.5	7.5	7.6	5.9	1	1

جدول ۳- عامل‌های محیطی مؤثر بر توزیع کاربری‌های انسانی در شرایط محتمل آینده
Table 3. Environmental factors affecting the distribution of human uses in probable future situations

وزن عامل Factor weight (0-1)	استعداد Capability (0-100)	عامل‌های محیطی مؤثر Effective environmental factors	کد کاربری Land use code	نوع کاربری در حال توسعه Developing land use type
0.8	95	$1200 \leq$	7	منطقه‌های مسکونی Residential areas
	40	1200-1800		
0.9	0	≥ 1800	Elevation (m)	منطقه‌های مسکونی Residential areas
	100	≤ 8		
0.8	50	8-15	Slope (%)	جاده Road
	0	≥ 15		
0.2	مستعد Capable	فاصله کمتر Less distance	Distance from road	جاده Road
	مانند مناطق مسکونی All factors are the same as residential areas			
0.5	90	$15 \leq$	Slope (%)	زمین‌های کشاورزی Agricultural land
	50	15-30		
0.5	10	≥ 30	Distance from road	جاده Road
	0	فاصله کمتر Less distance		

ارزش عددی استعداد زمین و وزن هر یک از عامل‌های مورد نظر را برای هر کدام از کاربری‌های هدف نشان می‌دهد. پس از اتمام موفقیت آمیز مدل، پنجره حاوی فضای کاری خروجی که در ابتدای کار، برای قرارگرفتن نتایج مدل در آن

در این تحقیق، سه نوع کاربری منطقه‌های مسکونی، زمین‌های کشاورزی و جاده که به‌عنوان مهمترین محرکه‌های توسعه انسانی در تغییرات آینده منطقه مورد بررسی، نقش دارند در نظر گرفته شد. جدول ۳ عامل‌های محیطی مؤثر،

مرتعی اختصاص یافته است و زمین‌های بستر رودخانه و جنگل‌های دست کاشت، کمترین مساحت کاربری را به خود اختصاص داده‌اند. این نتایج با نتایج تحقیق Hashemi and nejadi (2016) که از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در استخراج نقشه کاربری زمین‌های منطقه حفاظت شده جاجرود در سال ۲۰۰۷ بهره بردند، همخوانی دارد. بررسی جزئیات بیشتر تغییر کاربری‌ها در طول سی سال گذشته نشان داد که مساحت برخی از کاربری‌های انسانی از جمله، منطقه‌های مسکونی، جنگل‌های دست کاشت و جاده‌ها افزایش یافته است. افزایش سطح مناطق مسکونی به دنبال افزایش جمعیت کلان شهر تهران رخ داده است. افزایش سکونتگاه‌ها تنها محدود به شهر تهران نبوده بلکه در روستاهای داخل منطقه حفاظت شده نیز رخ داده است به گونه‌ای که نزدیکی به شهر تهران، ارزش بالای زمین و سایر خدمات اکوسیستمی از جمله مساعد بودن آب و هوا نسبت به شهر تهران توجه تعاونی‌ها و ارگان‌های مختلف برای تصرف زمین‌های این منطقه را به خود جلب کرده است.

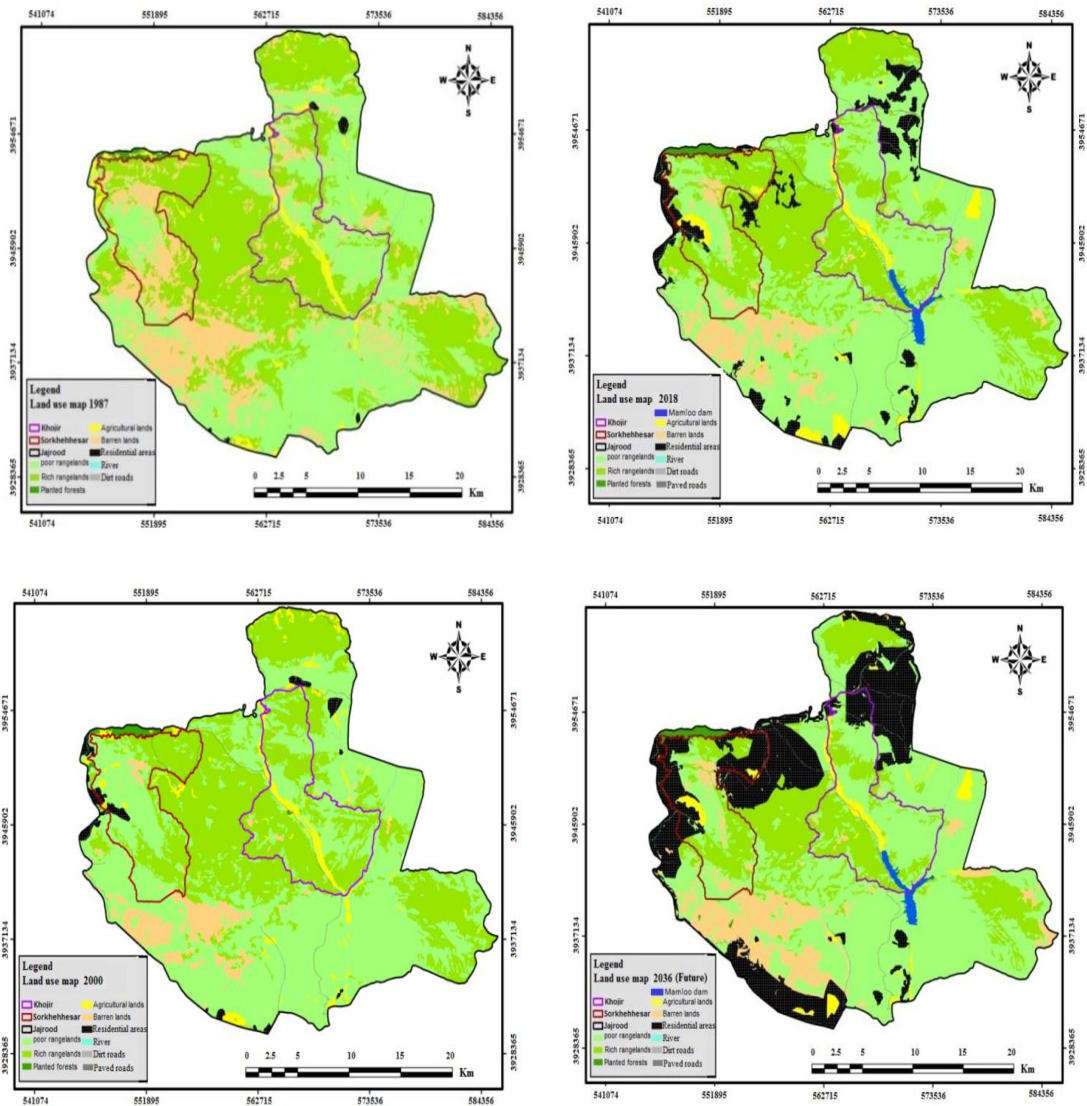
ساخته شده بود، باز شد. این پنجره شامل پوشه خروجی است که فایل‌های تولید شده توسط این مدل را در اختیار دارد. این فایل‌ها شامل نقشه رستری پوشش/کاربری زمین در محدوده مورد مطالعه در زمان آینده (قابل مشاهده در محیط GIS) و جدول لیست پوشش/کاربری زمین به همراه مساحت (به هکتار) می‌باشد.

نتایج و بحث

برای آگاهی از روند تغییرات کاربری زمین در هر پایلوت نقشه-های کاربری زمین از گذشته تاکنون و سناریوی آینده تهیه و بررسی شد. مساحت و درصد تمام کاربری‌ها در دوره‌های مختلف در جدول ۴، نقشه‌های کاربری زمین در منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۹، ۱۳۹۷ و پیش بینی وضعیت کاربری در آینده (۱۴۱۵)، در شکل ۳ و روند تغییر کاربری‌ها در شکل ۴ نشان داده شده‌اند. در بررسی وضعیت گذشته تاکنون مشخص شد در مجموع بیشترین مساحت در محدوده مورد مطالعه، به زمین‌های

جدول ۴- مساحت و درصد کاربری‌ها در دوره های مختلف
Table 4. Area and percentage of each land use in different periods

سال	۱۳۶۶	۱۳۷۹	۱۳۹۷	۱۴۱۵	سال	۱۳۶۶	۱۳۷۹	۱۳۹۷	۱۴۱۵
Year	1987	2000	2018	2036	Year	1987	2000	2018	2036
نوع کاربری زمین‌ها	درصد	هکتار	درصد	هکتار	نوع کاربری زمین‌ها	درصد	هکتار	درصد	هکتار
Land use type	%	Ha	%	Ha	Land use type	%	Ha	%	Ha
مرتع‌های فقیر	38.99	29547	53.03	40188	مرتع‌های فقیر	38.99	29547	53.41	34038
Poor rangeland					Poor rangeland				
مرتع‌های غنی	39.08	29620	36.41	27595	مرتع‌های غنی	39.08	29620	29.08	15122
Rich rangeland					Rich rangeland				
جنگل‌های دست کاشت	0.38	287	0.50	378	جنگل‌های دست کاشت	0.38	287	0.55	554
Planted forest					Planted forest				
زمین‌های کشاورزی	2.51	1901	3.01	2280	زمین‌های کشاورزی	2.51	1901	2.92	1990
Agricultural land					Agricultural land				
زمین‌های بایر	17.90	13566	4.84	3665	زمین‌های بایر	17.90	13566	6.47	7057
Barren land					Barren land				
سد ماملو	0.00	0	0.00	0	سد ماملو	0.00	0	0.72	549
Mamloo Dam					Mamloo Dam				
مناطق مسکونی	0.23	174	1.13	854	مناطق مسکونی	0.23	174	5.65	15572
Residential areas					Residential areas				
رود	0.56	425	0.56	425	رود	0.56	425	0.52	391
River					River				
جاده خاکی	0.36	270	0.16	120	جاده خاکی	0.36	270	0.16	120
Dirt road					Dirt road				
جاده آسفالت	0.00	0	0.38	285	جاده آسفالت	0.00	0	0.52	397
Paved road					Paved road				



شکل ۳- نقشه کاربری زمین‌های منطقه حفاظت شده جاجرود در سال‌های مختلف

Fig. 3- Land use map of Jajrood Protected Area in different years

منافع دولتی و غیردولتی نسبت به ارزش‌های زیستی این مناطق به دلیل دسترسی غیرانحصاری همگان به آن، اشاره کرد به‌طوریکه مناطق مسکونی بیشترین ضریب رشد را به خود اختصاص داده است تا جایی که حتی در نقاطی از پارک ملی سرخه حصار نیز خودنمایی می‌کند. نتایج تحقیق (2006) Mallawaarachchi با موضوع ارزیابی خدمات اکوسیستمی زمین‌های پیرامونی شهرها در نواحی ساحلی استرالیا نیز نشان داد همزمان با رشد جمعیت و رشد اقتصاد، تقاضای زمین به‌عنوان یکی از مهمترین منابع‌های تولید طبیعی افزایش یافته و با افزایش تقاضا، فشار بیشتری بر

با افزایش هزینه‌های زندگی بویژه در دهه اخیر، مهاجرت از شهر تهران به نواحی اطراف شکل گرفته، در محدوده مورد مطالعه می‌توان به شهر پردیس اشاره کرد که طی مدت کوتاهی از شهرک به شهری با جمعیت ۷۳۳۶۳ نفر تبدیل شده و ۲۲۲۸ هکتار از محدوده و ۴۵۰۱ هکتار از حریم این شهر با منطقه حفاظت شده تداخل دارد. از دلایل گسترش سکونتگاه‌های انسانی در این محدوده، می‌توان به افزایش ارزش زمین‌های مجاور تهران، نبود ضمانت اجرایی قوی برای قوانین محیط زیستی و ارجحیت مسئله‌های اقتصادی به مسئله‌های محیط زیستی، همچنین آگاهی نداشتن صاحبان

است. (Sheikhi (2009) در تحقیق خود گزارش کرده است که افزایش هزینه فرصت زمین در نتیجه گزینه‌های مختلف برای استفاده از آن، نظیر کاربری‌های صنعتی و مسکونی که بالارفتن ارزش بازاری آن را نیز به دنبال دارد، اغلب منجر به کشمکش شدید بین کاربری‌های مختلف شده و در مناطق حومه شهری چنین پدیده ای، گاه با ابعاد وسیع‌تری مشاهده می‌گردد. پیامدهای محیط‌زیستی تبدیل و یا نابودی زمین‌های حاصلخیز کشاورزی، خسارت عظیمی است که کمتر در ارزیابی‌های مالی و اقتصادی نظام بهره برداری تولیدی و سایر فعالان بازاری، مورد توجه قرار می‌گیرد. چرا که ارزش بسیاری از کارکردها و خدمات از دست رفته، غالباً غیر مالی و غیربازاری است.

با احداث و بهره برداری از سد ماملو در پارک ملی خجیر و در محل تلاقی رودخانه جاجرود با رودخانه فصلی دماوند در سال ۱۳۸۹، بستر این رودخانه کاهش سطح داشته با وجود این به لحاظ تأمین منافع اقتصادی و اجتماعی توانسته بخشی از آب موردنیاز کشاورزی، آب شرب و برق شهرهای پاکدشت، ورامین و جنوب تهران را تأمین نماید و همین مسئله عاملی برای افزایش سکونتگاه‌ها و فعالیت‌های کشاورزی در جنوب منطقه بوده است. تحقیقات (Rasouli et al. (2008 در بررسی نوسان‌های سطح آب پارک ملی دریاچه ارومیه و Rafiee et al. (2011 در بررسی تغییرات محیط زیستی تالاب نیریز نشان داد که با احداث سد، فعالیت‌های صنعتی و انسانی در منطقه افزایش می‌یابد و نتایج این مطالعه را تأیید می‌کند.

بنابر نتایج مطالعه حاضر، زمین‌های بایر محدوده حفاظت شده تا سال ۱۳۷۹ کاهش نشان داد چرا که بارش‌های مناسب سبب بروز پوشش گیاهی و تبدیل زمین‌های بایر به مرتع شده است. این جایگزینی در محدوده پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار و نیز محدوده‌های تصرف شده توسط نیروهای نظامی به دلیل تدابیر حفاظتی و امنیتی بالاتر، مشهودتر بوده است. البته در برخی نقاط نیز زمین‌های بایر توسط سکونتگاه‌ها حذف گردیده است. در دوره ۱۳۹۷ - ۱۳۷۹ نرخ بارش کاهش یافته و فعالیت در محدوده تصرفات نظامی به شکل جدی‌تر

کاربری‌های سنتی زمین نظیر زمین‌های کشاورزی برای تغییر کاربری وارد می‌شود. تغییر کاربری به شکلی گسترده و آشکار در بیشتر مناطق کشاورزی نزدیک شهرها روی می‌دهد که نمایانگر چگونگی پاسخ به این فشارها می‌باشد. با گسترش مناطق مسکونی، جاده‌ها نیز برای اتصال سکونتگاه‌های جدید به یکدیگر ساخته شده‌اند به‌طوری‌که در این مطالعه نیز افزایش سطح جاده‌ها کاملاً محسوس است و بخش‌هایی از منطقه را قطع نموده است. در تحقیقی مشابه که توسط Rezaei et al., (2007) در جنگل‌های ارسباران انجام شد، توسعه مراکز سکونتگاهی بیشترین زمین‌های منطقه را به خود اختصاص داده است و به‌همراه ایجاد جاده‌های دسترسی، عامل اصلی جزیره‌ای شدن و از بین رفتن زیستگاه‌های طبیعی و جنگل شمرده شده است.

در محدوده مورد مطالعه، طبقه جنگل‌های دست کاشت در حد فاصل مرز شمالی پارک ملی سرخه حصار با مرز منطقه حفاظت شده جاجرود توسط شهرداری ایجاد و در طول زمان بر وسعت آن افزوده شده است. به دلیل ناسازگاری گونه‌های انتخاب شده و دست اندازی شهرداری در محدوده تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست، این اقدام همراستا با اهداف حفاظت و سیاست‌های مدیریتی منطقه نبوده و ناسازگاری محسوب می‌شود.

از دیگر کاربری‌های انسانی می‌توان به کاربری کشاورزی اشاره داشت که در فاصله زمانی ۱۳۷۹ - ۱۳۶۶ به دلیل همجواری با سکونتگاه‌های انسانی داخل منطقه و شهر تهران و نیز با انگیزه زمین خواری، همراه با بلعیدن مرتع‌های منطقه، افزایش سطح داشته است. سپس تا سال ۱۳۹۷ با رشد پدیده زمین خواری، سکونتگاه‌ها به سمت زمین‌های کشاورزی پیشروی کرده و به دلیل افزایش قیمت زمین‌های مسکونی نسبت به زمین‌های کشاورزی، جایگزین آن شده است. در واقع کاربری کشاورزی در این منطقه، فقط نقش مرحله گذار را برای گسترش توسعه بشری انجام داده است. رشد جمعیت و افزایش تقاضای خدمات شهری موجب گسترش حوزه شهری و فشار زیاد بر زمین‌های کشاورزی به‌منظور تغییر کاربری شده

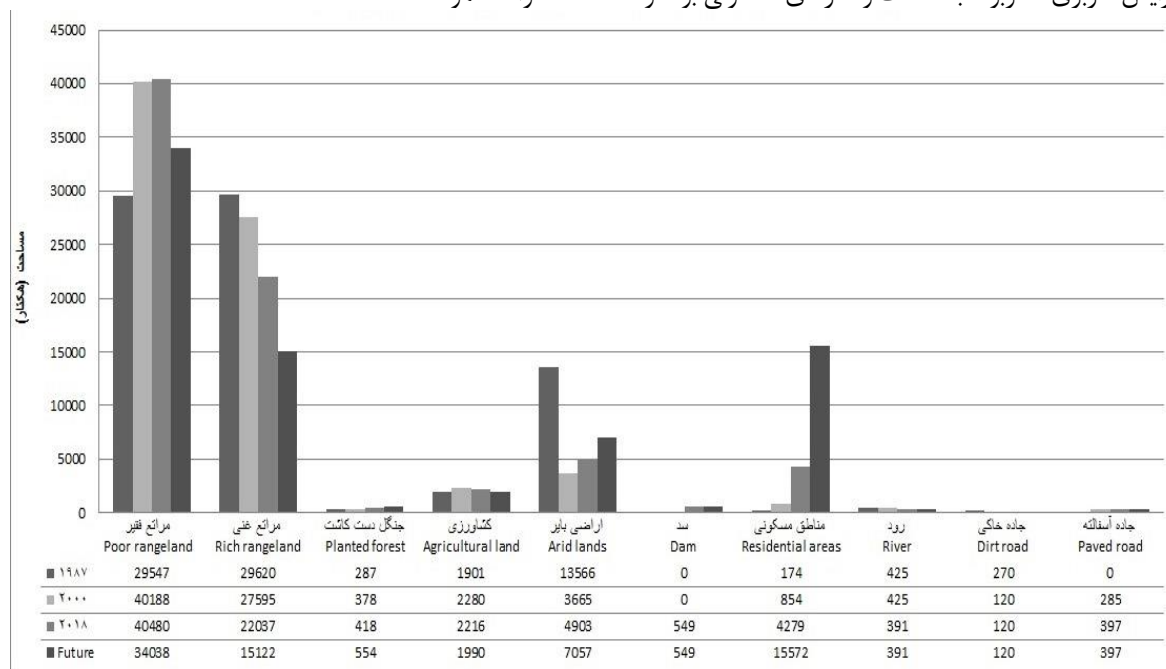
کاربری کشاورزی و مرتع کاهش سطح نشان داده است. با توجه به نتایج مشابه تحقیقات (Zebardast 2011) در بررسی روند تخریب محیط زیستی تالاب انزلی و Zebardast *et al.* (2010) در بررسی ارزیابی روند تغییرات پوشش زمین‌های منطقه حفاظت شده ارسباران، نتایج این تحقیق مبتنی بر اینکه مهمترین عامل تخریب منطقه، توسعه کاربری‌های انسان ساخت می‌باشد، مورد تأیید قرار می‌گیرد.

در بررسی تغییرات آینده، تحت سناریوی تداوم شیوه مدیریت کنونی منطقه، نتایج حاصل از اجرای مدل سناریوساز کاهش وسعت کلی مرتع‌ها و زمین‌های کشاورزی، افزایش وسعت جنگل‌های دست کاشت، زمین‌های بایر و مناطق مسکونی را نشان داد. نزدیکی این منطقه به کلان شهر تهران و در نتیجه افزایش ارزش زمین سبب گسترش زمین‌های مسکونی بوده است. افزون بر آن تغییرات آب و هوایی، بروز خشکسالی‌های اخیر و ادامه روند آن تحت تأثیر برداشتهای غیر اصولی از منابع آبی منطقه، بخشی از کاربری‌های مرتع و کشاورزی و حتی بستر رودخانه را به زمین‌های بی حاصل و بایر تبدیل خواهد نمود.

صورت گرفته و با انجام مانورها، احداث جاده‌های دسترسی و تردهای ایجاد شده به‌همراه چرای بی‌رویه دام، عاملی جهت افزایش سطح زمین‌های بایر و نیز تبدیل مراتع به زمین‌های بایر بوده است.

کاربری مرتع فقیر در مواردی به دلیل گسترش کلان شهر تهران از یک سو و چرای بی‌رویه دام‌های محلی و خشکسالی‌های متوالی از سوی دیگر، جایگزین مراتع غنی شده و در نتیجه در طول دوره مطالعه افزایش سطح نشان داده و به دنبال آن، وسعت مرتع‌های غنی کاهش یافته است.

در مجموع می‌توان گفت بیشترین تغییرات کاربری گذشته تاکنون به لحاظ افزایش سطح، در مناطق مسکونی و به لحاظ کاهش سطح در مرتع‌های غنی رخ داده است. نتایج مطالعه Wang *et al.* (2009) و Rahdary *et al.* (2008) پیرامون تغییرات کاربری در مناطق حفاظت شده، از نظر افزایش کاربری زمین‌های مسکونی با نتایج این تحقیق همسو هستند. همچنین نتایج این مطالعه با نتایج (Jaafari *et al.* 2012) در زمینه بررسی روند تغییرات گذشته کاربری زمین‌ها در منطقه حفاظت شده جاجرود مطابقت نشان داد به‌طوری‌که بیشترین افزایش کاربری‌ها مربوط به ساخت و سازهای مسکونی بوده و



شکل ۴- روند تغییر کاربری زمین‌های به هکتار طی دوره ۱۴۱۵ - ۱۳۶۶

Fig. 4- Land use change trends (ha) 1987-2036

جدول ۵- درصد تغییرات کاربری‌ها در دوره‌های مختلف
Table 5. Percentage of land use changes in different periods

دوره Periods	۱۳۶۶-۱۳۷۹ 1987-2000	۱۳۷۹-۱۳۹۷ 2000-2018	۱۳۹۷-۱۴۱۵ 2018-2036
نوع کاربری زمین‌ها Land use type	درصد %	درصد %	درصد %
مرتع‌های فقیر Poor rangeland	36	1	-16
مرتع‌های غنی Rich rangeland	-7	-20	-31
جنگل‌های دست کاشت Planted forest	32	11	33
زمین‌های کشاورزی Agricultural land	20	-3	-10
زمین‌های بایر Barren land	-73	34	44
سد ماملو Mamloo Dam	0	100	0
مناطق مسکونی Residential areas	391	401	264
رود River	0	-8	0
جاده خاکی Dirt road	-56	0	0
جاده آسفالت Paved road	100	39	0

نتیجه گیری

افزایش وسعت جنگل دست کاشت از دید مدیران شهری و افزایش وسعت زمین‌های کشاورزی از دید مدیران حوزه جهادکشاورزی می‌تواند دستاوردی مثبت تلقی گردد اتفاقی که از دید مدیریت محیط زیستی پیامدی منفی با تأثیرات سوء بر منطقه محسوب می‌گردد. این جا نقطه‌ای است که مدیریت بخش‌های مختلف در تلاقی با هم قرار می‌گیرند و نیاز به مدیریت یکپارچه احساس می‌شود.

بررسی تغییرها از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۷ نشان می‌دهد که بیشترین تغییر، باز هم در مناطق مسکونی با افزایش ۴۰۱ درصدی وسعت این کاربری اتفاق افتاده است. همچنین طبقه جاده آسفالت طی دوره بیان شده افزایش ۳۹ درصدی و طبقه جاده خاکی تغییری نداشته است که احتمالاً جاده‌های آسفالت در مناطقی توسعه داده شده که منطقه بدون هرگونه جاده دسترسی بوده است. طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۷ مرتع‌های فقیر ۱ درصد افزایش و مرتع‌های غنی ۲۰ درصد کاهش داشته است که گویای فشار انسانی بیش از حد بر مرتع‌ها در این دوره است. زمین‌های بایر ۳۴ درصد افزایش نشان می‌دهد

بررسی تغییرات از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹ نشان می‌دهد که بیشترین تغییر در مناطق مسکونی با افزایش ۳۹۱ درصدی اتفاق افتاده است. همچنین طبقه جاده آسفالت در این دوره، افزایش ۱۰۰ درصدی و طبقه جاده خاکی کاهش ۵۶ درصدی داشته است که احتمالاً بخشی از جاده‌های خاکی به آسفالت تبدیل شده است. طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۹ مرتع‌های فقیر ۳۶ درصد افزایش و مرتع‌های غنی ۷ درصد کاهش یافته است. کلاس زمین‌های بایر ۷۳ درصد کاهش نشان می‌دهد که می‌تواند به دلیل تبدیل این زمین‌ها به مناطق شهری و مسکونی باشد. از دیگر تغییرات این دوره می‌توان افزایش ۳۲ درصدی سطح جنگل دست کاشت و افزایش ۲۰ درصدی وسعت طبقه کشاورزی را بیان نمود که هر دو کاربری انسانی بوده و به دلیل اشغال بخشی از وسعت منطقه حفاظت شده جاجرود، مدیران عرصه‌های طبیعی را با نگرانی مواجه می‌سازد. سد ماملو در این دوره هنوز ساخته نشده در نتیجه تغییری در وسعت پراکندگی رودها مشاهده نشده است.

کشاورزی اطراف تهران به سکونتگاه‌های انسانی تبدیل شده است.

نتایج سناریوسازی نیز نشان داد با استفاده بی‌رویه از محیط و منابع، روند کاهش کالاها و خدمات اکوسیستمی ادامه یافته و مشکل‌ها و مسئله‌های زیادی را برای ادامه زندگی به وجود خواهد آورد. بنابراین اگر برنامه ریزی محیط زیستی که هدف کلی آن ترسیم وقایع گذشته، بهسازی عملکرد کنونی و سازگاری فرآیند توسعه با توان محیط است صورت نگیرد، زمینه‌ها و پایه‌های یک زندگی سالم برای ساکنان شهر ضعیف خواهد شد (Salehi et al., 2010). بر کسی پوشیده نیست که شهرها به طبیعت و خدمات اکوسیستمی فراهم آمده از آن وابسته‌اند تا زندگی، سلامت، امنیت و روابط اجتماعی ساکنان خود را دوام بخشند و چالش‌های عمیقی چون تغییرات اقلیمی، امنیت غذایی و آب را پاسخ گویند. با این وجود ارزش‌های چندگانه آن‌ها در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی شهرهای ایران لحاظ نمی‌شود. در تمامی مباحث نظام مالی و ضوابط ساخت‌وساز در شهرها خبری از ارزش‌گذاری اقتصادی محیط‌زیست نیست. در این شرایط نمی‌توان انتظار داشت صاحبان منافع ساکن در شهر و مناطق پیرامونی آن حفظ زیرساخت‌های طبیعی شهر و محیط‌های پیرامونی را اولویت و ارزش زندگی خود قرار دهند بویژه که در مقابل دریافت کالا و خدمات از اکوسیستم، بهایی پرداخت نمی‌کنند. تهیه و تدارک خدمات اکوسیستم در شهرها وابسته به کیفیت و کمیت مناطق طبیعی چون جنگل‌ها، کوه‌ها و تالاب‌های پیرامون فضاهای شهری است و تاب‌آوری شهرها در برابر تغییرات محیط زیستی وابسته به خدمات اکوسیستمی است. افزایش آگاهی مردم محلی در مورد پیامدهای ناشی از تغییر کاربری زمین‌ها، توجه مدیران متولی برنامه‌ریزی و مدیریت شهری و روستایی در فرآیند برنامه ریزی به عوامل تأثیرگذار بر تغییر کاربری زمین‌ها، تقویت چارت‌های تشکیلاتی و قانونی در مدیریت زمین‌ها بویژه در مناطق پیراشهری و کنترل قیمت زمین‌های روستایی پیرامون شهری، از جمله راهکارهای حل مسئله است. پیامد روابط نامتعادل تهران با سکونتگاه‌های

که می‌تواند به دلیل تخریب مرتع‌های فقیر و غنی و تبدیل آن به زمین‌های بایر باشد. از دیگر تغییرات این دوره می‌توان افزایش ۱۱ درصدی طبقه جنگل دست کاشت و کاهش ۳ درصدی کلاس کشاورزی را بیان نمود. همچنین در این دوره سد ماملو احداث شده است و وسعت پراکندگی رودها به میزان ۸ درصد کاهش نشان داده است.

بررسی تغییرات از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۱۵ که توسط مدل سناریوساز InVEST پیش‌بینی شده است نشان می‌دهد که بیشترین تغییر در طبقه مناطق مسکونی با افزایش ۲۶۴ درصدی اتفاق خواهد افتاد. احتمالاً تا سال ۱۴۱۵ مرتع‌های فقیر ۱۶ درصد و مرتع‌های غنی ۳۱ درصد کاهش می‌یابد. همچنین پیش‌بینی شده است تا سال ۱۴۱۵ افزایش ۳۳ درصدی در وسعت جنگل دست کاشت رخ دهد. برآورد می‌شود وسعت کلاس کشاورزی هم کاهش ۱۰ درصدی داشته باشد. کلاس زمین‌های بایر ۴۴ درصد احتمال افزایش دارد که به دلیل تخریب مرتع‌های فقیر و غنی و جایگزینی با زمین‌های بایر خواهد بود. طبقات جاده آسفالتی، جاده خاکی، رودخانه و سد (در نتیجه وسعت رود) جزء کلاس‌هایی هستند که تغییراتشان قابل پیش‌بینی نیست.

نتایج این مطالعه بیانگر نوع مدیریت اعمال شده در منطقه است و می‌تواند به‌عنوان ابزار مدیریتی قدرتمند در راستای مدیریت بهینه زمین‌ها و توسعه پایدار و درخور، در اختیار مدیران و مسئولان محلی قرار گیرد. در سه دهه گذشته تاکنون جایگزینی کاربری‌های طبیعی با کاربری‌های انسانی رخ داده است و این در حالی است که کارکردهای «منطقه حفاظت شده جاجرود» به‌عنوان «اکوسیستم طبیعی پشتیبان حیات شهر تهران» بر کسی پوشیده نیست. در واقع توسعه کالبدی - فضایی شهر، افزون بر اشغال کردن زمین‌های اطراف شهر و تغییر کاربری آن‌ها، زیستگاه‌های طبیعی موجود را کاهش داده است و بر سایر خدمات اکوسیستمی منطقه از جمله جلوگیری از فرسایش خاک، تولید اکسیژن، آب و هوا، چشم‌انداز و کیفیت زیستگاه نیز تأثیر گذاشته است. در بعضی از نقاط برای توسعه شهر، زمین‌های بایر، مرتع‌ها و یا زمین‌های

بهره برداری پایدار از سرزمین و برنامه ریزی توسعه فضایی را به نحوی پیش برند تا افزون بر کاهش عدم قطعیت‌های آینده، به تصمیم‌گیری‌های آگاهانه و تقویت هم‌افزایی‌ها در هر بخش محیط زیست و توسعه کمک نماید. همچنین پیشنهاد می‌شود مطالعه حاضر در سه سناریو ادامه روند موجود، حفاظت کیفی و گسترده تر و ایجاد تعادل بین توسعه و حفاظت مدل‌سازی شود تا از طریق مقایسه نتایج سناریوها بتوان به این سؤال بزرگ، که چرا یک منطقه حفاظت شده که ممانعت تغییر کاربری دارد تا این حد باید دستخوش تغییر کاربری شود، پاسخ داد و راهکارهای مؤثرتری را ارائه نمود.

پی‌نوشت‌ها

¹ GIS: Geographic Information System

² AHP: Analytical Hierarchy Process

پیرامون خود در سه دهه اخیر سبب بروز مسئله‌های عدیده محیط زیستی و تغییرات سریع در عملکرد اقتصادی روستاها و تبدیل زمین‌های ارزشمند کشاورزی از شکل تولیدی، همچنین ناپایداری کشاورزی روستاها در پیرامون این کلان-شهر شده است.

همانطور که از نتایج این مطالعه بر می‌آید چنانچه مدیریت منطقه حفاظت شده جاجرد و گسترش تهران با روند کنونی ادامه یابد، افزایش کاربری‌های انسانی سبب کاهش بیشتر خدمات اکوسیستمی خواهد شد. بنابراین پیشنهاد می‌شود مدیران مجموعه با تکیه بر روش‌های مدل‌سازی، نقشه‌سازی و سنجش کمیته‌های خدمات اکوسیستمی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت ضمن شناسایی نواحی متناسب برای حفاظت از سرمایه‌های طبیعی، توسعه کاربری‌های انسانی و

منابع

- Adamowicz, W., 1995. Stated preference approaches for measuring passive use values: choice experiment versus contingent valuation. Department of Rural Economy Faculty of Agriculture, Forestry, and Home Economics University of Alberta Edmonton, Canada Rural Economy Staff Papers.
- Boniad, A.E. and Hajighaderi, T., 2008. Mapping of natural forest stands of Zanjan province using landsat 7ETM+ sensor data. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 42(11), 627-638. (In Persian with English abstract).
- Darvish Sefat, A.A. and Shetaii, Sh., 1997. Forest mapping using ETM+ data. Iranian Journal of Natural Resources. 50, 39. (In Persian with English abstract).
- Dewan, A.M. and Yamaguchi, Y., 2009. Land use and land cover change in greater Dhaka, Bangladesh: using remote sensing to promote sustainable urbanization, Applied Geography. 29, 390-401.
- Doregar Zavareh, R., Fakheran Esfahani, S., Soffianian, A., Hemami, M.R. and Sheikh Goodarzi, M., 2012. Human conflicts in Khojir national park. In Proceeding 11th National Environmental Planning Congress, 22 th Feb, Tehran. (In Persian with English abstract).
- Falahatkar, S., Soffianian, A.R., Khajeddin, S.J., Ziaee, H.R. and Ahmadi Nadoushan, M., 2011. Integration of remote sensing data and GIS for prediction of land cover maps. International Journal of Geomatics and Geosciences. 1(4), 847-864. (In Persian with English abstract).
- Ghahremani Rhad, M. and Mokhtari, A., 2016. Land use/land cover change detection techniques using satellite images. In Proceedings International Conference on Urban, Civil and Architectural Engineering, June, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract)
- Ghasriani, F., Yaghubi Nejad, A., Bali, S., Ramin, M., Shirzad, M., Bi Ria, F., Pazireh, M., Asl Eskandar, S. and Ahadi Fakher, M., 2018. An

Introduction to the Regions under Supervision the Head Office of Environment, Department of the Enviroment, Tehran, Iran.

Goljani, R., 2010. Modeling on desirability related to autumn habitat of central alborz wild sheep in Jajrood protected area. *Iran Natural Resources*. 63(2), 173-186. (In Persian with English abstract).

Gross, J.E., Goetz, S.J. and Cihlar, J., 2009. Application of remote sensing to parks and protected area monitoring: Introduction to the special issue. *Remote Sensing of Environment*. 113, 1343-1345.

Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T. and Hokao, K., 2011. Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*. 222 (20-22), 3761-3772.

Hashemi, N. and Nejadi, A., 2016. Application of remote sensing and geographic information systems in extracting land use maps (case study: Jajrood protected area). In *Proceedings 2th International Conference of Lale-Iran, 26 th -27 th Oct, Isfahan University of Technology, Iran*. (In Persian with English abstract).

Hashemi, N. and Yavari, A.R., 2013. Identifying priority protected areas by land use modeling, case study: Jajrood protected area, Master of Science Thesis. University of Tehran, Iran.

Hayatzadeh, M., Ekhtesasi, M.R., Malekinejad, H. and Fathzadeh, A., 2016. Monitoring and evaluation of land use change in Fakhrabad watershed in Mehriz, using remote sensing. In *proceedings 11th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran, 19th-21th April, Yasouj, Iran*. 467.

He, C., Okada, N., Zhang, Q., Shi, P. and Zhang, J., 2011. Modeling urban expansion scenarios by

coupling cellular automata model and system dynamic model in Beijing, China, *Applied Geography*. 26, 323-345.

Imani Harsini, J., Kaboli, M., Feghhi, j. and Taherzadeh, A., 2017. Land use/ land cover chande modeling using Markov chain and cellular automata (case study: Hamedan Province). *Journal of Environmental Science and Technology*. 19, 120-129. (In Persian with English abstract).

Jaafari S., Alizadeh Shabani A., Danehkar A. and Nazari Samani A.A. 2012. Assessment of development trend in protected areas (case study: Jajroud protected area). *Journal of Environmental Management and Planning*. 3, 1701-1717. (In Persian with English abstract).

Jia, Y., Ge, Y., Ling,, F., Guo, X., Wang, J., Wang, L., Chen, Y. and Li, X., 2018. Urban land use mapping by combining remote sensing imagery and mobile phone positioning data. *Remote Sensing Journal*. 10, 446.

Lee, Y. and Chang, H., 2011. The simulation of land use change by using CA-Markov model: a case study of Tainan city, Taiwan. 19 th International Conference on Geoinformatics, 24 th -26 th June, China.

Malczewski, J., 2004. GIS-based land use suitability analysis: A critical overview. *Progress in planning*. 62(1), 3-65.

Mallawaarachchi, T., Morrison, M. and Blamey, R.K., 2006. Choice modelling to determine the significance of environmental amenity and production alternatives in the community value of peri-urban land: Sunshine Coast, Australia. *Land use policy*. 23(3), 323-332.

Mallupattu, P.K. and Sreenivasula Reddy J.R. 2013. Analysis of land use/land cover changes using remote sensing data and GIS at an urban

- area, Tirupati, India. *The Scientific World Journal*. 2013, 1-7.
- Mesbahzadeh, T. and Soleimani Sardoo, F., 2019. Effects of land use change on agricultural water quality in Kerman Plain using remote sensing technique. *Environmental Sciences Journal*. 16, 33-46. (In Persian with English abstract).
- Rafiee, Y., Malek Mohammadi, B., Abkar, A., Yavari, A., Ramezani Mehrian, M. and Zohrabi, H., 2011. Investigation of environmental changes in wetlands and protected areas by using multi-time images of TM sensor (case study: Nairiz wetland). *Environment*, 37 (57), 65-76. (In Persian with English abstract).
- Rahdary, V., Soffianian, A., Maleki Najfabdai, S., Khajeddin, S.J., and Pahlavanravi. 2008. Land use and land cover change detection of Mouteh wildlife refuge using remotely sensed data and geographic information system. *World Applied Sciences Journal*. 1, 113-118. (In Persian with English abstract).
- Rasouli, A., Abbasian, S.H. and Jahanbakhsh, S., 2008. Monitoring the water level fluctuations of Lake Urmia using multi-satellite and multi-time satellite image processing. *Quarterly Journal of Humanities*. 12(2), 53-71. (In Persian with English abstract).
- Razavi, B.S., 2014. Predicting the trend of land use change using artificial neural network and Markov chain model (case study: Kermanshah city). *Research Journal of Environmental and Earth Science*. 6(4), 215-226. (In Persian with English abstract).
- Rezaei, B., Rostamzadeh, H. and Feizizadeh, B., 2007. Investigation and evaluation of trend of forest surface change using remote sensing and GIS (case study of Arasbaran forests 1987-2005). *Geographical Research*. 62, 143-159. (In Persian with English abstract).
- Saaty, T.L., 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*. 15, 234-281.
- Salehi, A., Negahban, S. and Jaafarian Dehkordi, Z., 2010. Study and examination of the effects of urban development on the environment, *Geographical Information Journal (Sepehr)*. 76, 29-33.
- Sánchez-Reyes, U.J., Niño-Maldonado, S., Barrientos-Lozano, L. and Treviño-Carreón, J., 2017. Assessment of land use-cover changes and successional stages of vegetation in the natural protected area, Altas Cumbres, northeastern Mexico, using landsat satellite imagery. *Remote Sensing Journal*. 9, 1-33.
- Singh, P. and Khanduri, K., (2011). Land use and land cover change detection through Remote Sensing and GIS technology: case study of Pathankot and Dhar Kalan Tehsils, Punjab. *International Journal of Geomatics And Geosciences*. 4, 839-846.
- Tsuyoshi, K., Murakami, T., Mizoue, N., Top, N. and Yoshida, S., 2009. Object-based forest biomass estimation using landsat ETM+ in Kampong Thom Province, Cambodia. *Journal of Forest Research*. 14(4), 203-211.
- Yusefiroobiat, E. and Jahanishakib, F., 2019. Scenario-based validation and prediction of land use changes in Birjand watershed in 1404. *Environmental Sciences*. 17(2), 225-241. (In Persian with English abstract).
- Vissan Consulting Engineers Company, 2012. Detailed study of Jajrood protected collection, 5th volume, Department of the environment, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Wang, Y., Mitchell, B.R., Nugranad-Marzilli, J., Bonyng, G., Zhou, Y. and Shriver, G., 2009. Remote sensing of land-cover changes and landscape context of the national parks: A case study of the northeast temperate network. *Remote Sensing of Environment*. 113, 1453–1461.

Zarandian, A., Moosazadeh, R., Badamfirooz, J. and Rahmati, A., 2018. Scenario modeling for predicting future land cover / land use changes using InVEST software (Case study: Two thousand and three thousand forest landscape). *Environmental Sciences Journal*. 16(2), 111-132. (In Persian with English abstract).

Zebardast, L., Jafari, H., Badeh Yan, Z. and Ashegh Maala, M., 2010. Evaluation of landscape change trends in Arasbaran protected area between 2002, 2008 and 2008 using satellite images. *Journal of Environmental Research*. 1, 23-33. (In Persian with English abstract).

Zebardast, L., 2011. Evaluation of Anzali wetland trends by using remote sensing and management solution. *Journal of Environmental Studies*. 37(57), 57-64.





Environmental Sciences Vol.19 / No.1 / Spring 2021

219-238

Modelling the land use changes in Jajrood Protected Area during the last 30 years

Shideh Atri ¹, Mostafa Panahi ^{1*}, Reza Arjmandi ¹ and Alireza Gharagozlou ²

¹ Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Department of Geotechnical and Transportation Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2019.12.14 Accepted: 2020.10.20

Atri, Sh., Panahi, M., Arjmandi, R. and Gharagozlou A., 2021. Modelling the land use changes in Jajrood Protected Area during the last 30 years. *Environmental Sciences*. 19(1): 219-238.

Introduction: Reviewing the function of many environmental protection organizations over the past decades, including in Iran, shows that environmental policies are more focused on the application of instructions and guidance methods, and less on quantitative management approaches due to the lack of accurate and reliable information. Therefore, this study aimed at modeling the process of land use changes in the last thirty years (1987-2018) and predicting the future status in case of continuation of the current trend and using improper management patterns. For this purpose, the InVEST software was used to analyze the present situation and to draw future conditions. The results may provide a good opportunity for managers and decision-makers to infer trends in future changes and modify management patterns to improve current conditions.

Material and methods: In this study, satellite images of Landsat 5, 7, and 8 in the years 1987, 2000, and 2018 were used for land use mapping in Jajrood Protected Area through extraction in ENVI 5.3 remote sensing software and ArcGIS 10.3 software. The accuracy of the classifications was evaluated. According to the purpose of the study, the study area was divided into 10 user units. These units included poor rangelands, rich rangelands, planted forests, agricultural lands, barren lands, dams, residential areas, rivers, and dirt and paved roads. Also, the status and area of each user unit were determined. Finally, the scenario generator model in the InVEST software V.3.6.0 was applied to map the status of the future.

Results and discussion: According to the results of the past 30 years, the extent of residential areas, roads,

* Corresponding Author: *Email Address*. m.panahi@srbiau.ac.ir
<http://dx.doi.org/10.52547/envs.32021>

and planted forests has increased, and the extent of river distribution has decreased. As a result, poor rangelands increased, and rich rangelands decreased. Also, the area of the barren lands has declined by the year 2000 due to the conversion to man-made use (near residential areas) and poor rangelands (due to favorable weather conditions, including suitable rainfall). The situation in the barren areas during the period ending in 2018 has increased due to the bad weather (drought), irregular grazing of livestock, and the conversion of poor rangelands into barren areas. The agricultural lands have increased over a period of time due to their proximity to residential areas and then a downward trend was taken place due to increasing land value. In recent years, the Mamlou Dam has been constructed in the area. In fact, because of Jajrood's proximity to the large city of Tehran and the increasing population, the need for ecosystem services in the area has increased, and man-made uses were replaced by natural land uses. Future forecasts showed that the extent of planted forests and barren and residential areas would increase. On the other hand, rangelands and agricultural lands would decrease. During the study period, rich rangelands were marked as the most reduced area, and residential areas were marked as the most increased area.

Conclusion: The Jajrood Protected Area has undergone significant land use changes over the past 30 years due to human intervention. These changes have been caused by economic and social changes. It has been accompanied by management challenges in adherence to safeguards and efforts to achieve the defined goals for such areas. The changes in natural land use and the replacement of man-made use in the face of unnecessary development have undermined the natural landscape of the Jajrood Protected Area. This study showed that changes in multiple ecosystem services will act as major drivers of human change through changes in land cover/land use. In addition to identifying land use change, identifying suitable areas for natural capital conservation, man-made use development, sustainable land use, and spatial development planning can be carried out in a way that reduces future uncertainties. It will result in making informed decisions and foster synergies in both environmental and development sectors.

Keywords: InVEST model, Jajrood Protected Area, Land use, Modelling, Scenario generator, Satellite images