



نخستین شماره از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال دوازدهم / شماره اول) بهار ۱۴۰۰

نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز، سیولیکا، گوگل اسکولار
آدرس وب سایت: <http://girs.iaubushehr.ac.ir>



مقاله
پژوهشی

ارزشیابی پیامدهای رشد شهری بر خدمت اکوسیستمی ذخیره کربن (مطالعه موردی: زیر حوزه‌های آبریز شهر کرج)

ساره السادات سجادی قائم مقامی، رومینا سیاح نیا، نغمه مبرقی دینان، مجید مخدوم فرخنده

دریافت: ۳ شهریور ۱۳۹۹ / پذیرش: ۱۳ آذر ۱۳۹۹

دسترسی اینترنتی: ۱ فروردین ۱۴۰۰

چکیده

با استفاده از خدمات اکوسیستمی، برنامه‌های کاربردی متعددی را از جمله مدیریت پایدار منابع طبیعی، بهینه‌سازی استفاده از زمین، حفاظت محیط‌زیست، حفاظت و بازسازی طبیعت، برنامه‌ریزی سیمای سرزمین، راه‌حل‌های طبیعت پایه، حفاظت آب‌وهوا، کاهش خطر بلایا، آموزش محیط‌زیست و تحقیقات پیرامونی، می‌توان به دنبال داشت. با این حال ارتباط بین فرایندها و عملکردهای اکوسیستمی و رفاه بشر پیچیده بوده و می‌بایست به منظور ارزیابی این ارتباطات و ارزش‌گذاری منافع یک رویکرد چندجانبه و پیشگیرانه اتخاذ کرد. هدف از این پژوهش، بررسی روند تغییرات خدمات اکوسیستمی در روند رشد و توسعه شهری، ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی و پیامدهای رشد شهری بر خدمت اکوسیستمی ذخیره کربن در محدوده مطالعاتی زیر حوزه‌های آبریز شهر کرج در دوره زمانی (قبل و پس از توسعه بی‌رویه) است.

مواد و روش‌ها نقشه سازی خدمات اکوسیستمی ابزاری کارآمد برای بهبود برنامه‌ریزی سرزمین و کاربری اراضی است. ارزش‌گذاری این خدمات می‌تواند عاملی مؤثر و روشی امیدوارکننده در تبیین ارتباط بین خدمات، جامعه و اقتصاد بوده و در سیستم هزینه-منفعت سیاست‌گذاری‌ها جهت احیا و مدیریت محیط‌زیست نقش مؤثری داشته باشد. در این مطالعه، به بررسی خدمت ذخیره کربن در سه زیر حوزه آبریز استان البرز، کرج، هشتگرد و اشتهارد پرداخته شد. از آنجایی که منطقه مورد مطالعه،

پیشینه و هدف در دهه‌های اخیر، اکوسیستم‌های طبیعی به دلیل رشد روزافزون جمعیت و افزایش تقاضا به منظور فراهم نمودن امکانات لازم برای تأمین رفاه بشر دستخوش تغییرات اساسی شده است. از آنجایی که این تغییرات عموماً با تخریب محیط همراه است، همواره باید نگران خسارات وارد بر اکوسیستمی بود که خود پشتیبان حیات بشر است. بنابراین نگهداری و حفاظت از اکوسیستم‌ها برای دستیابی به تعادل، توازن و هماهنگی بین جامعه انسانی و اکوسیستم و خدمات کارکردی آن‌ها حیاتی است. خدمات اکوسیستمی پتانسیل این را دارد که به عنوان ابزار اصلی برای سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌ها در سطح جهانی، ملی، منطقه‌ای و محلی در نظر گرفته شود.

ساره السادات سجادی قائم مقامی^۱، رومینا سیاح نیا^۲، نغمه مبرقی دینان^۳، مجید مخدوم فرخنده^۴

۱. کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. استادیار گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. دانشیار گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۴. استاد گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: r_sayahnia@sbu.ac.ir

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1400.12.1.2.3>

تن در هکتار در سال ۱۹۸۸ و ۷۲۶۱۸۴۵۰ تن در هکتار در سال ۲۰۱۸، متعلق به حوضه تهران کرج بوده و کمترین با سهم حدودی ۳۶۰۷۸۴۹۷ تن در هکتار در سال ۱۹۸۸ و ۳۴۶۰۶۹۱۳ تن در هکتار در سال ۲۰۱۸، متعلق به اشتهارد است. در مجموع ارزش از حدود ۱۴۱۶۳ میلیارد ریال در تن بر هکتار از سال ۱۹۸۸ به حدود ۱۳۱۶۳ میلیارد ریال در سال ۲۰۱۸ رسیده است که در جهت منفی پیش رفته است. اگرچه در مکان‌های مختلف میزان ذخیره کربن متفاوت بوده و تغییر کرده است، مقدار حداکثری ذخیره کربن در طول این مدت بدون تغییر بوده است؛ چراکه فضای ساخته نشده همچنان وجود دارد.

نتیجه‌گیری استفاده از ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم لزوماً به معنی کاهش ارزش خدمت در روند توسعه نیست، بلکه بدین معنا است که با استفاده از این رهیافت می‌توان برای بهبود برنامه‌ریزی توسعه برای حفظ و بهبود کیفیت اکوسیستم استفاده کرد. در واقع می‌توان گفت که این رهیافت می‌تواند به‌عنوان یک حلقه واسط برای پیوند دادن بخش‌های انسان‌شناختی و بخش بوم‌شناختی تحت یک چارچوب برنامه‌ای و مدیریتی واحد مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: خدمات اکوسیستمی، کاربری اراضی، رشد شهری، ترست، سنجش‌ازدور، کرج

تقریباً دوسوم فضای استان را در برمی‌گیرد، لذا در بررسی ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه همان ویژگی‌های استان البرز ذکر شده است. در راستای این پژوهش، ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی محدوده مطالعاتی با استفاده از نرم‌افزارهای ترست و سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره لندست (تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ سال ۱۹۸۸، سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۸ سال ۲۰۱۸) و روش طبقه‌بندی نظارت‌شده برای دو دوره زمانی ۱۹۸۸ و ۲۰۱۸ در چهار طبقه پوشش گیاهی، فضای انسان‌ساخت، محیط آبی و فضای ساخته نشده تهیه شد. پس از تهیه نقشه کاربری اراضی صحت نقشه‌ها با استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث و بازدید میدانی مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از نقشه کاربری اراضی، نقشه خدمت اکوسیستمی ذخیره کربن با استفاده از نرم‌افزار اینوست استخراج و در نهایت با استفاده از اطلاعات میزان کربن خاک، کربن روی زمین، زیرزمین و بافت مرده ارزش‌گذاری شد.

نتایج و بحث نتایج حاکی از آن بود که بیشترین تغییرات در نقشه‌های کاربری اراضی متعلق به فضای ساخته نشده و فضای انسان‌ساخت است که به ترتیب کاهش ۱۶ درصدی و افزایش ۱۱ درصدی را نشان می‌دهد. در خصوص خدمت ذخیره کربن نیز، با توجه به نقشه‌های به‌دست‌آمده در دو سال، در بخش مرکزی منطقه که شاهد رشد زمین‌های کشاورزی بوده است، مقدار ذخیره کربن نیز افزایش یافته است. حداکثر ذخیره کربن، با سهم حدودی ۷۸۳۷۷۴۷۰

مقدمه

شهرنشینی با ایجاد گسترده‌ترین دست‌کاری‌های بشری در چهره طبیعی زمین، شرایط زندگی ساکنان شهری را در معرض تهدید و نابودی قرار داده است. توسعه شهری و تغییرات الگوی کاربری زمین باعث ایجاد تأثیرات گسترده اجتماعی و محیط زیستی می‌گردد. پوچارد و همکاران (۲۰) این تأثیرات را شامل کاهش فضاهای طبیعی، افزایش تجمع وسایل نقلیه، کاهش زمین‌های کشاورزی با توان تولید بالا، تأثیر بر زهکش‌های طبیعی و کاهش کیفیت آب بیان کرد؛ بنابراین توسعه شهری به حالات مختلف بر اکوسیستم تأثیرگذار است. هر اکوسیستم دارای ساختار و عملکرد مربوط به خود است؛ ساختار اکوسیستم مربوط به مجموع گونه‌ها، ترکیب، جمعیت، ساختار جامعه و روابط درونی آن‌ها و آب‌وهوا، خاک و زیستگاه گیاهان و جانوران است، اما عملکرد اکوسیستم مربوط به خصوصیات سیستم، یا فرایندهایی است که بین یک، یا چند اکوسیستم روی می‌دهد (۶). به بیان دیگر عملکرد اکوسیستم به روشنی ظرفیت فرایندهای طبیعی و اجزای آن در تهیه خدماتی است که احتیاجات انسانی را به صورت مستقیم، یا غیرمستقیم مرتفع می‌سازد (۸). این ساختار و عملکرد اکوسیستم، کالاها و خدماتی را تولید می‌کند که دارای ارزش است (۱۲). خدمات اکوسیستمی پتانسیل این را دارد که به عنوان ابزار اصلی برای سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌ها در سطح جهانی، ملی، منطقه‌ای و محلی در نظر گرفته شود. خدمات اکوسیستم (ES) مزایایی هستند که جوامع انسانی از اکوسیستم دریافت می‌کنند و به چهار دسته تقسیم می‌شوند: تنظیم، تأمین، زیستگاه و خدمات فرهنگی (۲۴). تقسیمات دیگری که صورت گرفته است، همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، اگرچه در جزئیات تفاوت‌هایی دارند، در حالت کلی این تقسیمات عموماً شبیه هستند. خدمات اکوسیستم نشانگر واقع‌گرایی منافع طبیعی است که پایداری جوامع انسانی را در یک روش سازگار با محیط‌زیست حفظ می‌کند (۴).

نقشه‌سازی خدمات اکوسیستمی ابزاری کارآمد را برای بهبود فعالیت‌های کاربردی، به وجود می‌آورد. نقشه‌ها می‌توانند اطلاعات پیچیده فضایی را برای مردم قابل‌درک کنند، به نحوی که با مشاهده آن به راحتی امکان فهم و استفاده درست از اطلاعات را دارا باشند؛ بنابراین، نقشه خدمات اکوسیستمی برای افزایش آگاهی افراد نسبت به کالاها و خدمات اکوسیستمی و نظام عرضه و تقاضا، بسیار مفید خواهد بود و همچنین باعث تسهیل آموزش مسائل محیط زیستی در خصوص عملکرد طبیعت و وابستگی ما به آن و ارائه اطلاعات پیرامون جریان‌های فرا منطقه‌ای فعالیت‌های اکوسیستمی خواهد شد (۳ و ۱۰). نقشه‌های خدمات اکوسیستمی نظام‌های محیط‌های پیچیده انسانی که شامل گسستگی‌ها و پیوستگی‌ها است را به نمایش می‌گذارند. نقشه‌های حاصل باید به خوبی طراحی شده، منطقی، واضح و قابل فهم بوده تا به خوبی بتواند منعکس‌کننده‌ی تمامی این پیچیدگی‌ها باشد. ارزش‌گذاری باعث می‌شود تا نقش اکوسیستم در سیاست‌ها و برنامه‌ها به رسمیت شناخته شود. این فرایند آنالیز و بررسی نظام‌های اکولوژیک را شفاف‌تر کرده و به تصمیم‌گیرندگان در مورد امتیازدهی‌های نسبی کمک می‌کند. با این حال، این ارزش‌گذاری است، حائز اهمیت است. تصمیماتی که به عنوان یک جامعه در خصوص اکوسیستم‌ها گرفته می‌شود، در واقع ارزش‌گذاری به شمار می‌آید، ولی گاهی به صورت ارزش پولی نیست. این نکته همواره حائز اهمیت است که مادامی که در جریان انتخاب کردن هستیم، ارزش‌گذاری لازم و ضروری است (۵).

توسعه شهری یک فرایند تغییر کاربری بوده که زمین‌های غیرشهری را به شهری تبدیل می‌کند. از یک سو این روند مستقیماً باعث ایجاد خسارات قابل توجهی بر زیستگاه‌های طبیعی و خدمات اکوسیستمی مانند تولید غذا، آب آشامیدنی ذخیره کربن، شده که به از بین رفتن پوشش گیاهی و افزایش سطح غیرقابل نفوذ می‌گردد و از سوی دیگر به طور غیرمستقیم با تغییر چرخه هیدرولوژی، چرخه جوی و فرایند چرخه غذایی بر ارائه خدمات اکوسیستمی (مانند اقتباس آب، تنظیم

اقليم و حفظ مواد مغذی) تأثیر می‌گذارد (۲۲، ۲۵ و ۲۶). به‌عنوان یک وظیفه مهم برای بهبود درک اکولوژی شهری و بنابراین، ارزیابی تأثیرات گسترش شهر بر خدمات اکوسیستمی دستیابی به پایداری است.

جدول ۱. مقایسه چهار طبقه‌بندی اصلی خدمات اکوسیستمی با استفاده از تشابهات و تفاوت‌های جهانی

Table 1. Comparison of four of the main ecosystem services classification systems used worldwide and their differences and similarities

خدمات	(۶)	(۲۲)	(۲۴)	(۷)
تأمین‌کننده	تولید غذا	غذا آب تازه و سالم	غذا آب	بیومس - مغذی آب
	تأمین و ذخیره آب مواد خام منابع ژنتیکی	فیبر منابع زینتی منابع ژنتیکی داروهای طبیعی و زیست- شیمیایی	مواد خام منابع زینتی منابع ژنتیکی منابع دارویی	بیومس-فیبر، انرژی و سایر مواد بیومس-انرژی مکانیکی
تنظیم‌کننده و زیستگاه	تنظیم گاز	تنظیم کیفیت هوا	تصفیه هوا	واسطه جریان هوا و گازها ترکیبات اتمسفری و تنظیم اقليم
	تنظیم اقليم تنظیم آشفتنگی‌ها (محافظت در مقابل طوفان و کنترل سیل) تنظیم آب (آبیاری طبیعی و جلوگیری از خشک‌سالی) تصفیه فاضلاب کنترل فرسایش و حبس رسوبات گرده‌افشانی کنترل بیولوژیک	تنظیم اقليم تنظیم بلایای طبیعی تنظیم آب تصفیه آب و فاضلاب تنظیم فرسایش شکل خاک (خدمات پشتیبانی) گرده‌افشانی تنظیم آفت و بیماری‌های انسانی	تنظیم اقليم جلوگیری از آشفتنگی‌ها و یا تعدیل آن‌ها تنظیم جریان آب تصفیه فاضلاب (تصفیه آب) جلوگیری از فرسایش مدیریت حاصلخیزی خاک گرده‌افشانی کنترل بیولوژیک	واسطه جریان‌های مایعات واسطه فاضلاب، سموم و غیره واسطه جریان‌های انبوه مدیریت شکل و ترکیب خاک مدیریت چرخه حیات (گرده‌افشانی) مدیریت آفات و کنترل بیماری‌ها
پشتیبان و زیستگاه	چرخه غذایی پناهگاه (مهدکودک، زیستگاه مهاجران)	چرخه غذایی، فتوسنتز و تولیدات اولیه تنوع زیستی	مدیریت چرخه حیات (مهدکودک) بانک ذخیره ژن	مدیریت چرخه حیات، زیستگاه و بانک ذخیره ژن
فرهنگی	تفریحات (اکو توریسم و فعالیت‌های بیرونی) فرهنگی (زیبایی‌شناختی، هنری، انتزاعی، آموزشی و علمی)	ارزش‌های زیبایی‌شناختی تنوع فرهنگی ارزش‌های ذهنی و مذهبی سیستم دانش ارزش‌های آموزشی	اطلاعات زیبایی‌شناختی الهام برای فرهنگ، هنر و طراحی تجربیات ذهنی اطلاعات توسعه شناختی	تعاملات ذهنی و یا نمادین تعاملات انتزاعی و نمایشی

و کمترین درجه از دست دادن خدمات اکوسیستم، از شهرک‌سازی‌ها کاسته شود. ژانگ و همکاران (۲۷) به بررسی گسترش شهر بیجینگ-تیانجین-هبی تا سال ۲۰۴۰ پرداختند و تأثیر آن را بر خدمات اکوسیستمی بر پایه مدل گذرگاه‌های اقتصادی اجتماعی و پویایی شهری سناریو کاربری اراضی بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که تغییر کاربری اراضی از کشاورزی به شهری و ساخت‌وساز اصلی‌ترین عامل کاهش خدمات اکوسیستمی است.

از اولین مطالعات مکان‌دار در رابطه با نقشه‌سازی خدمات اکوسیستم در ایران می‌توان به مطالعه مبرقی (۱۷) اشاره کرد که با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به الگوسازی و ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم‌های جنگل‌های منطقه خیرود و حوزه شماره ۴۵ جنگل‌های خزری پرداخته است وی ارزش خدمات اکوسیستم جنگل‌های شمال کشور را معادل ۲۲ هزار میلیارد ریال تخمین زده است و این‌گونه بیان می‌کند که این برآوردها اگر به‌صورت سالانه بررسی شوند می‌تواند در حسابرسی‌های ملی به کار رود. همچنین اسداللهی و همکاران (۲) با هدف مدل‌سازی خدمت نگهداشت خاک در بخش شرقی حوزه آبخیز گرگان رود، پتانسیل هدر رفت خاک را بر اساس مدل جهانی هدر رفت خاک (USLE) تخمین زدند. نتایج نشان داد که مناطق با پتانسیل فرسایش زیاد عمدتاً در مسیر آبراهه‌ها و در مناطق جنگلی مرتفع با شیب بالا قرار دارند. همچنین زیر حوزه‌های با پوشش غالب جنگل، بیشترین بیشتر میزان نگهداشت خاک و اراضی کشاورزی پایین‌دست حوزه (علیرغم شیب کم محدوده) کمترین نگهداشت خاک را به خود اختصاص داده‌اند. در انتها این نتیجه حاصل شد که در مقایسه با مدل‌های دیگر در زمینه فرسایش و رسوب، نرم‌افزار اینوست قادر است با واردکردن اطلاعات حداقل، خروجی‌های نسبتاً مفیدی در زمینه این خدمت اکوسیستمی در اختیار کاربر قرار دهد.

شاید منشأ این فراگیر شدن خدمات اکوسیستم را می‌توان به مطالعه کاستانزا و همکاران (۶) نسبت داد. آن‌ها ارزش خدمات اکوسیستمی در سراسر جهان را در همان سال حدود ۳۳ تریلیون دلار برآورد کردند که موجی از توجهات را در سراسر جهان به وجود آورد. استفاده از این مفهوم احتمالاً تحت تأثیر آگاهی جدید جهانی درباره پایداری محیط زیستی بوده است که نخستین بار در اجلاس ریو در سال ۱۹۹۲ مورد پیگیری قرار گرفت (۲۳). در رابطه با پیشینه این پژوهش می‌توان به؛ مطالعه اگو و همکاران (۹) اشاره کرد که در آن، ۵ خدمت اکوسیستمی (ذخیره آب سطحی، نگهداشت خاک، فشردگی خاک، تنظیم رواناب و ذخیره کربن) را در جنوب آفریقا نقشه‌سازی و رابطه و همگرایی فضایی آن‌ها بررسی شد. این بررسی نشان می‌دهد که؛ بیشتر سطح زمین آفریقای جنوبی، حداقل برای تأمین یک خدمت حائز اهمیت است، همگرایی پایینی بین خدمات و سطح پایین‌تری از همگرایی بین نقاط مختلف تولید این خدمات به چشم می‌خورد، و به نظر می‌رسد که تولیدات اولیه، این پتانسیل را دارند که به‌عنوان جایگزینی برای پراکنش خدمات باشند. هایها و همکاران (۱۱) خدمات اکوسیستمی تولیدی در جنگل‌های کوهستانی شمال ایتالیا را مورد بررسی بیوفیزیکی قرارداد و ارزش پولی آن‌ها محاسبه شد. در این بررسی، از GIS برای آنالیز و تجسم پراکنش و ارائه خدمات استفاده شد. ارزش کل اقتصادی برای خدمات، حدود ۳۳ میلیون یورو در سال برآورد شد. نتایج حاصل از نقشه‌سازی خدمات اکوسیستمی در تعیین و نشان اولویت‌ها در مناطق برای کاربری‌های مختلف و همچنین کشف روابط بین خدمات و همکاری آن‌ها، بسیار سودمند بود. همچنین پنگ و همکاران (۲۱) با کمی کردن چهار خدمت اکوسیستمی و کل خدمات اکوسیستمی، مناطقی که شامل چندین خدمت اکوسیستمی بودن را شناسایی کردند. همچنین با رگرسیون خطی قطعه‌ای، پاسخ خدمات اکوسیستمی را به شهری شدن یافتند. در پایان با توجه به ارتباط مابین شهری شدن و مجموع خدمات اکوسیستمی، اقتصاد و جمعیت شهرنشین، می‌بایست برای دستیابی به پایداری اکولوژیکی شهر

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مطابق با اطلاعات مرکز آمار ایران در سال ۹۷، استان البرز سی و یکمین استان ایران است که در تاریخ ۱۳۸۹/۴/۷ از استان تهران جدا شده و به‌طور رسمی با مرکزیت شهرستان کرج شکل گرفت. استان البرز از نظر موقعیت جغرافیایی در $28^{\circ} 35'$ تا $30^{\circ} 36'$ عرض شمالی و $50^{\circ} 10'$ تا $51^{\circ} 30'$

طول شرقی واقع شده است و از شمال به استان مازندران، از جنوب به استان مرکزی، از غرب به استان قزوین و از شرق به استان تهران منتهی می‌شود (شکل ۱). با توجه به موقعیت استراتژیک خود به‌عنوان چهارراه غرب و شمال کشور محسوب شده و نقطه اتصال راه ترانزیتی ۱۷ استان پرجمعیت کشور است.

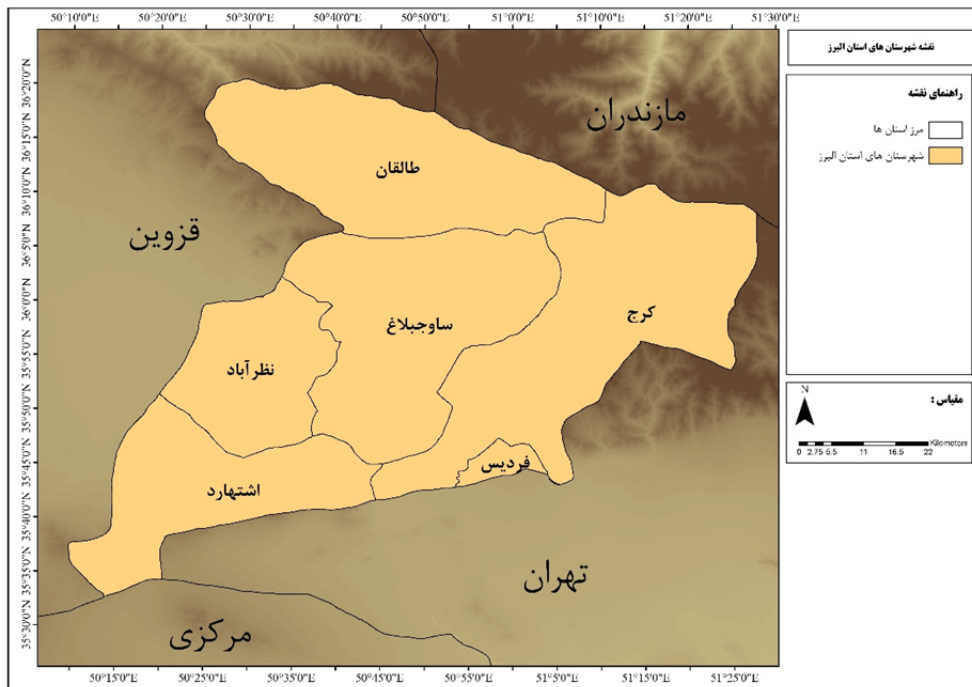


شکل ۱. موقعیت استان البرز

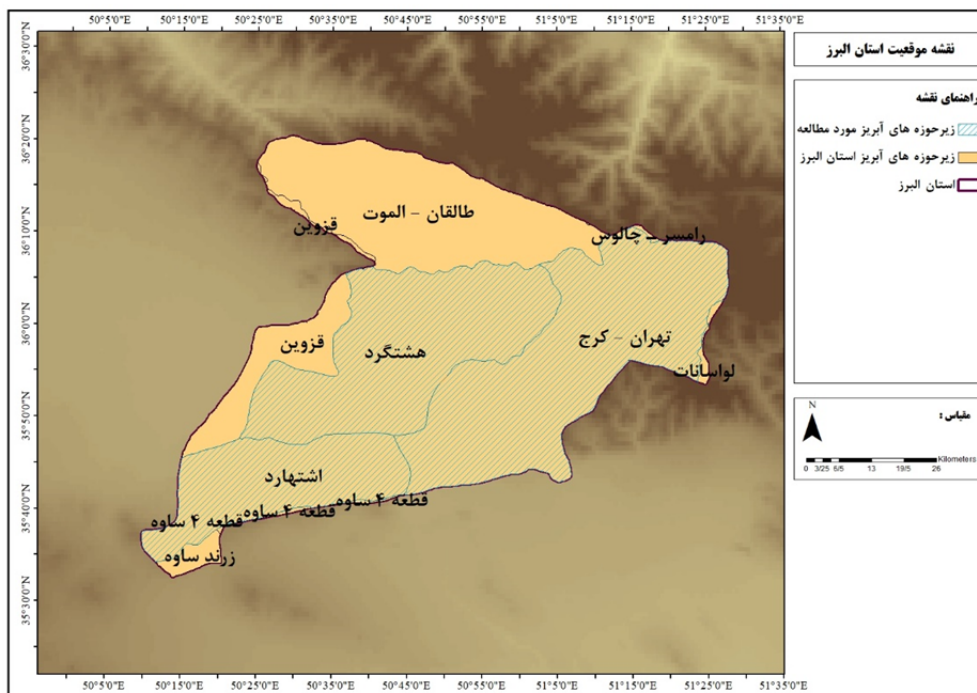
Fig. 1. Location of Alborz province

اشتهارد، قطعه ۴ ساوه، زند-ساوه و هشتگرد است. در این راستا، سه زیر حوزه آبریز تهران-کرج، هشتگرد و اشتهارد به‌عنوان نمونه موردی انتخاب شدند که از دلایل انتخاب آن می‌توان به مجاورت با پایتخت و همچنین رشد جمعیت و توسعه سکونتگاه‌ها اشاره کرد. بدین منظور، یک بازه زمانی ۳۰ ساله برای آشکارسازی تغییرات انتخاب شد.

این استان دارای ۶ شهرستان (شکل ۲) کرج، ساوجبلاغ، نظرآباد، طالقان، اشتهارد و فردیس بوده و مطابق سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵، دارای جمعیت ۲ میلیون و ۷۱۲ هزار و ۴۰۰ نفر است. طبق اطلاعات به‌دست‌آمده از اداره کل هواشناسی استان البرز (سال ۹۷)، این استان دارای ۹ زیر حوزه آبریز است (شکل ۳) که شامل تمام یا قسمتی از حوزه‌های طالقان-الموت، قزوین، رامسر-چالوس، تهران-کرج، لوسانات،



شکل ۲. شهرستان های استان البرز
Fig. 2. Cities of Alborz province

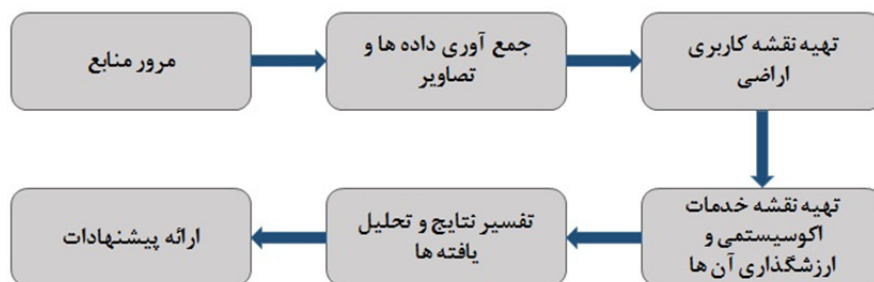


شکل ۳. زیر حوزه های آبریز استان البرز و زیرحوزه های مورد مطالعه
Fig. 3. Sub-catchments of Alborz province and Sub-catchments of study

روش تحقیق

این مطالعه در شکل ۴ ارائه شده است. لازم به ذکر است در این مطالعه نه تنها خدمات اکوسیستمی در دو سال مختلف قبل از توسعه و زمان کنونی، به صورت نقشه ارائه می شود، بلکه این خدمات ارزشیابی نیز می گردد.

با توجه به مرور منابع انجام شده در این پژوهش، هدف این است که پس از نقشه سازی و تحلیل خدمات اکوسیستمی ذخیره کربن در منطقه مطالعاتی در دوره زمانی (قبل و پس از توسعه بی رویه) مقایسه روند صورت پذیرد. چارچوب کلی



شکل ۴. چارچوب کلی مطالعه

Fig. 4. General study framework

سابقه طولانی حضور در فضا نقش مهمی در جمع آوری اطلاعات از سطح زمین دارد؛ بنابراین از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ سال ۱۹۸۸ و سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست ۸ سال ۲۰۱۸ استفاده شد که در جدول ۲ مشخصات تصاویر مورد استفاده تشریح شده است. این تصاویر زمین مرجع شده در سیستم تصویر UTM و در ناحیه ۳۹ شمالی قرار دارند.

کاربری اراضی

یکی از پیش شرطهای اصلی برای استفاده بهینه از زمین، اطلاع از الگوهای کاربری اراضی و دانستن تغییرات هر کدام از کاربری ها در طول زمان است. آگاهی از نسبت انواع و توزیع کاربری اراضی از جمله نواحی کشاورزی، مسکونی، اراضی شهری و به موازات آن تغییرات آن ها در طول زمان، برای برنامه ریزی و قانون گذاری به منظور استفاده بهتر از زمین و منابع، شناسایی نواحی و نقاط تحت فشار محیطی، ارزیابی توسعه ناحیه ای و ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب در راستای کنترل تغییرات غیراصولی اهمیت بسزایی دارد (۱۶ و ۱۸). روش های مختلف آشکارسازی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای یک منطقه در زمان های مختلف قابل اجرا می باشند و با توجه به نوع منطقه و هدف، دقت لازم را ارائه می نمایند. تصاویر ماهواره ای، بسته به نوع ماهواره و سنجنده موجود در آن، دارای قدرت های تفکیک متفاوت می باشند. هر کدام از این سنجنده ها برای هدف و دقت خاصی قابل استفاده بوده و اطلاعات طیفی و مکانی بسیاری از نقاط زمین را ارائه می دهند. در این پژوهش با توجه به هدف مورد نظر به منظور ارزیابی تغییرات از تصاویر لندست استفاده شد. این ماهواره با توجه به

جدول ۲. تصاویر ماهواره ای مورد استفاده در مطالعه

Table 2. Satellite images used in the study

ماهواره	تاریخ	سنجنده	Path	Row	رزولوشن (متر)
لندست ۵	۱۹۸۸-۱۰-۰۴	TM	۱۶۵	۳۵	۳۰
لندست ۸	۲۰۱۸-۰۶-۱۷	OLI	۱۶۵	۳۵	۳۰

با توجه به هدف پژوهش، کاربری های مورد نظر به شرح جدول ۳ تعیین شد. در تهیه نقشه کاربری اراضی از دو روش طبقه بندی نظارت شده (حداکثر احتمال) و شبکه عصب مصنوعی پرسپترون که صحت و دقت بیشتری برای دو سال مورد مطالعه داشتند بهره گرفته شد.

جدول ۳. طبقات کاربری اراضی و توصیف آنها

Table 3. Land use classes and their description

شرح	کلاس کاربری اراضی
مناطق شهری، روستایی و به‌طورکلی مناطق ساخت بشر	انسان‌ساخت
تمام اراضی جنگلی، باغات، مناطق اراضی کشاورزی آبی، شالی، کشت دیم و مراتع پرتراکم	پوشش گیاهی
مراتع تنک و کم تراکم و مناطق ساخته نشده	مناطق ساخته نشده

عصبی مصنوعی می‌توان به قابلیت یادگیری، قابلیت تعمیم و پردازش اطلاعات به‌صورت موازی اشاره کرد (۱۵). پس از تهیه نقشه کاربری اراضی صحت نقشه‌ها با استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث و بازدید میدانی موردبررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه در این مطالعه از میان خدمات اکوسیستمی، خدمت ذخیره کربن موردنظر بوده است لذا به‌منظور تهیه نقشه این خدمت اکوسیستمی از نرم‌افزار ترست، مدل کربن، استفاده شد. درنهایت برای ارزش‌گذاری این خدمت، روش انتقال منافع به‌کاربرده شد. در این روش، به‌منظور برآورد ارزش‌های اقتصادی خدمات اکوسیستمی از نتایج مرتبط به‌دست‌آمده از هر روش ارزش‌گذاری دیگری در یک منطقه و مطالعات تکمیل‌شده آن‌ها استفاده می‌شود. در این روش می‌بایست از صحت و دقت نتایج مطالعات قبلی اطمینان حاصل کرد تا درستی و دقیق بودن ارزش‌گذاری را تضمین نمود. به‌منظور به دست آوردن قیمت کربن، هزینه اجتماعی انتشار کربن دی‌اکسید با توجه به اطلاعات منتشرشده در مجله آمار در نظر گرفته شد که مطابق جدول زیر است که عدد را گرد کرده و ۸۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد.

یکی از رایج‌ترین فرآیندهای طبقه‌بندی نظارت‌شده، طبقه‌بندی حداکثر احتمال است. در این روش طبقه‌بندی توزیع ارزش بازتابی در هر نمونه تعلیمی توسط یک تابع تراکم احتمال که بر اساس تئوری احتمال بناشده، نشان داده خواهد شد. این طبقه‌بندی احتمال اینکه هر سلول به یک کاربری تعلق گیرد را بررسی نموده و سلول‌هایی را به کاربری با بالاترین درجه احتمال عضویت، اختصاص می‌دهد (۱). یکی دیگر از روش‌های مورد استفاده در زمینه طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش‌از‌دور، روش شبکه عصبی مصنوعی است. شبکه عصبی شکلی از هوش مصنوعی است که از اجزای ساده محاسباتی به نام نرون تشکیل شده که با یکدیگر از طریق اتصالات وزنی با ساختاری خاص در ارتباط بوده و به‌صورت موازی کار می‌کنند. درواقع ساختار آن‌ها از ساختار نرون‌های عصب بیولوژیکی انسان شبیه‌ساز شده است. شبکه می‌تواند یاد بگیرد و تعمیم دهد. شبکه عصبی به‌طور گسترده‌ای در طبقه‌بندی نظارت‌شده و نظارت‌نشده داده‌های سنجش‌از‌دور بکار برده شده است (۱۳). از ویژگی‌های شبکه

جدول ۴. هزینه اجتماعی کربن دی‌اکسید (۱۴)

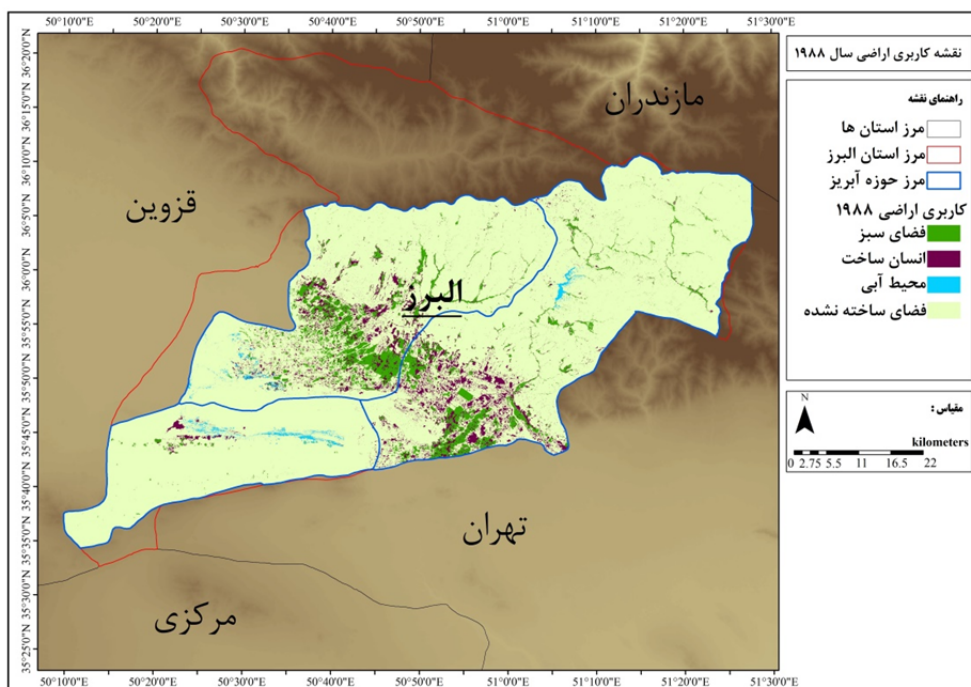
Table 4. The social cost of carbon dioxide (14)

میزان انتشار CO ₂ (تن)	هزینه‌های اجتماعی گازهای انتشاریافته (میلیارد ریال)	هزینه اجتماعی انتشار کربن دی‌اکسید برای هر هکتار (ریال)
۵۵۶۸۶۶۴۳	۴۴۵۴۹	۷۹۹۹۹/۴۳

نتایج و بحث

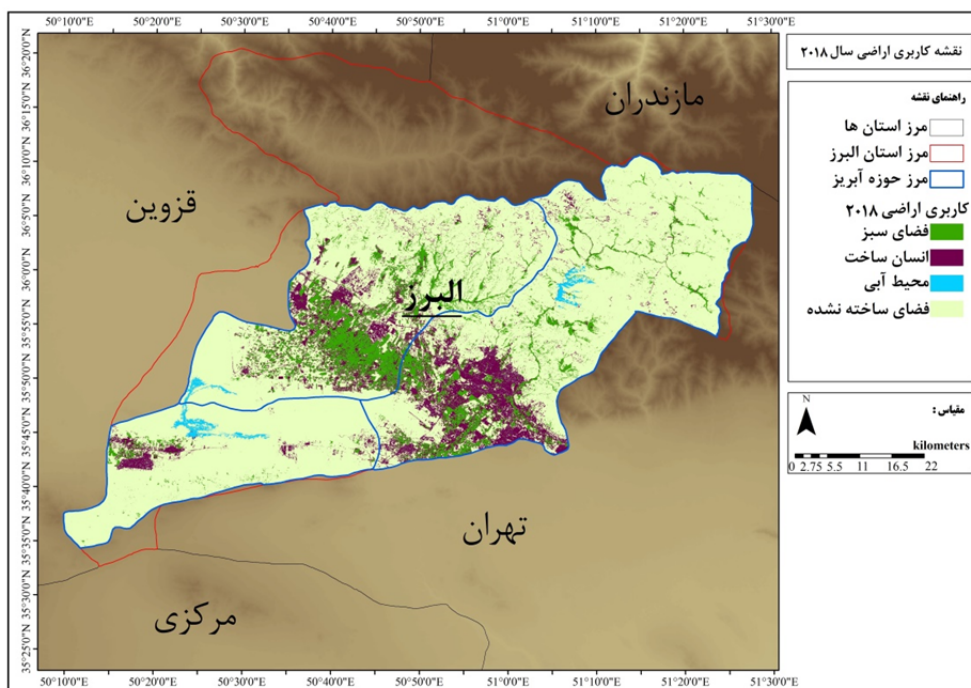
به فضای ساخته نشده با کاهش ۱۶ درصدی و پس‌از آن، فضای انسان‌ساخت با ۱۱ درصد افزایش است. فضای سبز نیز که شامل باغات، اراضی کشاورزی و فضاهای سبز شهری است، اگرچه به نظر می‌بایست با تخریب‌های صورت گرفته در باغات دچار کاهش شده باشد، ولی به دلیل افزایش سهم کشاورزی، در مجموع ۵/۵ درصد در سال ۲۰۱۸ نسبت به ۱۹۸۸ رشد یافته است.

همان‌گونه که در نقشه‌های کاربری اراضی (شکل‌های ۵ و ۶) و جدول ارائه‌شده (جدول ۵) قابل‌مشاهده است، منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۸ شاهد گسترش چشمگیر فضای انسان‌ساخت بوده و از آنجایی‌که جمعیت افزایش‌یافته و این جمعیت نیازمند غذا بوده، زمین‌های کشاورزی نیز وسیع‌تر شده تا پاسخگوی نیاز تأمین غذای مردم باشد. با توجه به نقشه‌های کاربری اراضی حاصل، مطابق با جدول ۵، بیشترین تغییر متعلق



شکل ۵. نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۸

Fig. 5. Land use map of 1988



شکل ۶. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۸

Fig. 6. Landuse map of 2018

جدول ۵. تغییرات کاربری اراضی

Table 5. Landuse changes

تغییرات	درصد مساحت	مساحت	تعداد پیکسل	سال	طبقات کاربری اراضی
+ ۵/۵	۳۰	۲۲۲۴۳/۷۷	۲۴۷۱۵۳	۱۹۸۸	پوشش گیاهی
	۳۵/۵	۳۸۵۸۸/۲۲	۴۲۸۷۵۸	۲۰۱۸	
+ ۱۱	۲۵	۱۸۵۱۴/۲۶	۲۰۵۷۱۴	۱۹۸۸	انسان ساخت
	۳۶	۳۸۷۹۴/۵۹	۴۳۱۰۵۱	۲۰۱۸	
- ۱۶	۴۲	۳۱۷۰۰/۹۷	۳۵۲۲۳۳	۱۹۸۸	فضای ساخته نشده
	۲۶	۲۷۹۶۱/۲۹	۳۱۰۶۸۱	۲۰۱۸	

فضای سبز و توسعه فضای انسان ساخت شده است، کمی کاهش داشته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که حداکثر ذخیره کربن، با سهم حدودی ۷۸۳۷۷۴۷۰ تن در هکتار (۴۴/۵ درصد) در سال ۱۹۸۸ و ۷۲۶۱۸۴۵۰ تن در هکتار (۴۴ درصد) در سال ۲۰۱۸، متعلق به حوزه تهران کرج بوده و کمترین با سهم حدودی ۳۶۰۷۸۴۹۷ تن در هکتار (۲۰/۵ درصد) در سال ۱۹۸۸ و ۳۴۶۰۶۹۱۳ تن در هکتار (۲۱ درصد) در سال ۲۰۱۸، متعلق به اشتهارد است (شکل ۸ و جدول ۶).

مطابق با روش مطرح شده، با استفاده از نرم‌افزار اینوست و در دست داشتن لایه کاربری اراضی و همچنین جدول کربن، خدمت ذخیره کربن در سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۱۸ استخراج شد. با توجه به نقشه‌های ذخیره کربن در سال‌های مذکور، در بخش مرکزی منطقه که شاهد رشد زمین‌های کشاورزی بوده است، مقدار ذخیره کربن نیز افزایش یافته است. مطابق شکل ۷، در هر دو زیر حوزه آبریز هشتگرد و اشتهارد، ذخیره کربن مقدار کمی افزایش داشته ولی در حوزه تهران-کرج که متحمل تخریب



شکل ۷. درصد خدمت ذخیره کربن در سالهای ۱۹۸۸ و ۲۰۱۸

Fig. 7. Percentage of carbon storage service in 1988 and 2018

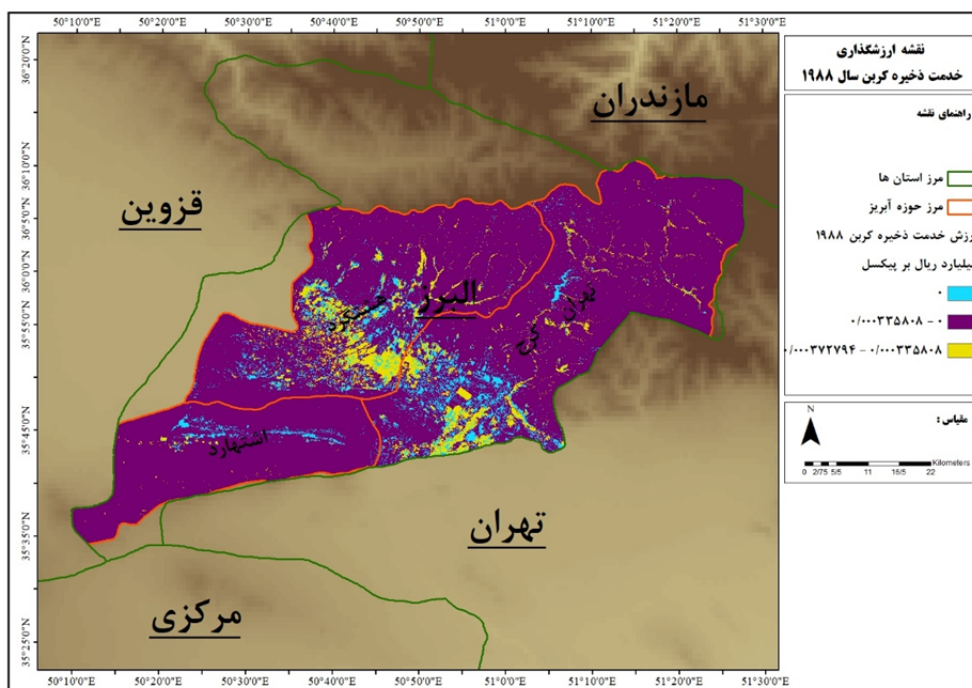
جدول ۶. میزان خدمت ذخیره کربن در هر سه زیر حوزه در سالهای ۱۹۸۸ و ۲۰۱۸

Table 6. The amount of carbon storage service in all three sub-catchments in 1988 and 2018

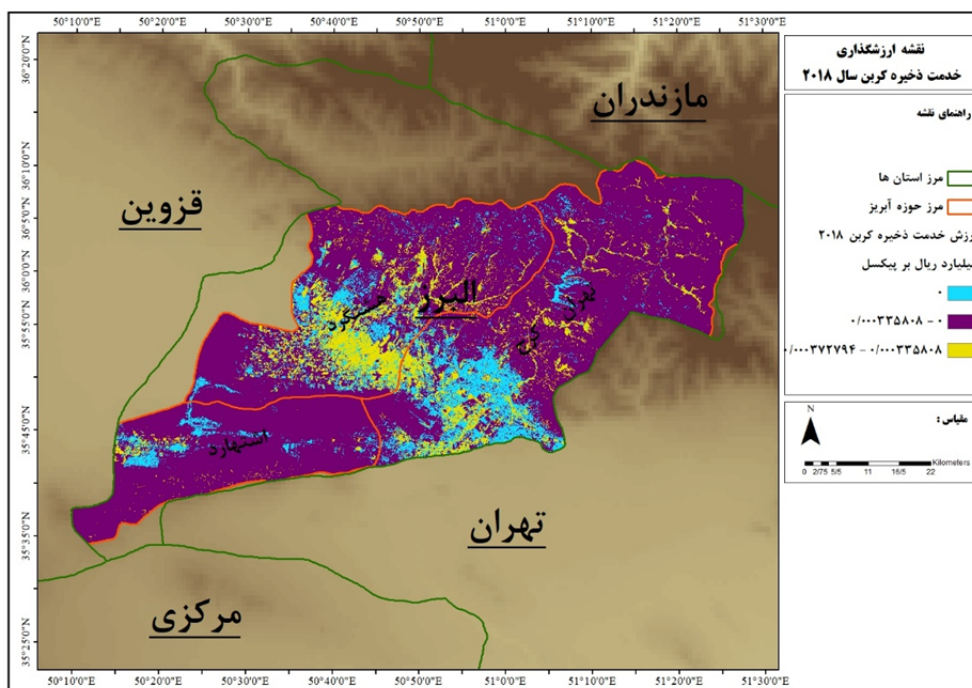
زیر حوزه ها	سال	تن در پیکسل	تن در هکتار
اشتهارد	۱۹۸۸	۳۲۴۷۰۶۴/۷۴۵	۲۹۲۲۳۵/۸۲۷۱
	۲۰۱۸	۳۱۱۴۶۲۲/۱۷۳	۲۸۰۳۱۵/۹۹۵۶
هشتگرد	۱۹۸۸	۵۶۳۲۲۵۸/۹۴۴	۵۰۶۹۰۳/۳۰۵
	۲۰۱۸	۵۳۸۳۲۱۹/۸۳۳	۴۸۴۴۸۹/۷۸۵
تهران-کرج	۱۹۸۸	۷۰۵۳۹۷۲/۳۵۹	۶۳۴۸۵۷/۵۱۲۳
	۲۰۱۸	۶۵۳۵۶۶۰/۵۰۹	۵۸۸۲۰۹/۴۴۵۸
مجموع	۱۹۸۸	۱۵۹۳۳۲۹۶/۰۴۸	۱۴۳۳۹۹۶/۶۴۴
	۲۰۱۸	۱۵۰۳۳۵۰۲/۵۱۵	۱۳۵۳۰۱۵/۲۲۶

با توجه به نقشه مرتبط به محیط‌های آبی و فضای انسان‌ساز است. این بدین معنی است که اگرچه در مکان‌های مختلف میزان ذخیره کربن متفاوت بوده و تغییر کرده است، مقدار حداکثری ذخیره کربن در طول این مدت بدون تغییر بوده است؛ چراکه فضای ساخته نشده همچنان وجود دارد.

پس از نقشه سازی خدمت ذخیره کربن مطابق آنچه پیش‌تر گفته شد، ارزش ریالی آن محاسبه شد که مطابق شکل‌های ۸ و ۹، حداکثر ارزش ذخیره کربن برای یک پیکسل در دو سال ثابت و برابر با $9-10 \times 372794$ میلیارد ریال (که بیشتر مختص فضای ساخته نشده است) و حداقل آن صفر (که



شکل ۸. نقشه ارزش گذاری خدمت ذخیره کربن سال ۱۹۸۸
 Fig. 8. Valuation map of carbon storage map in 1988



شکل ۹. نقشه ارزش گذاری خدمت ذخیره کربن سال ۲۰۱۸
 Fig. 9. Valuation map of carbon storage map in 2018

فضای سبز و توسعه فضای انسان‌ساخت شده است، کمی کاهش داشته است. این مطالعه را از جهتی می‌توان شبیه به مطالعه نیکودینوسکا و همکاران دانست (۱۹)، چراکه در آن مطالعه به بررسی خدمت اکوسیستمی و ارزش‌گذاری آن و همچنین مطرح نمودن این روند به‌عنوان عاملی در فاکتورهای برنامه توسعه پرداختند. ولی در مطالعه ژانگ و همکاران (۲۷)، با بررسی تغییرات کاربری به بررسی این‌که کدام عامل در کاهش خدمات نقش داشته پرداخته و ارزش‌گذاری نیز صورت نگرفته است.

با توجه به نتایج حاصل و قابل‌مشاهده در جدول ۷، منطقه در مجموع شاهد ضرر مالی از نظر خدمت ذخیره کربن بوده است، چراکه مجموع ارزش از حدود ۱۴۱۶۳ میلیارد ریال در تن بر هکتار از سال ۱۹۸۸ به حدود ۱۳۱۶۳ میلیارد ریال در سال ۲۰۱۸ رسیده است. در واقع این بدین دلیل است که در بخش مرکزی منطقه که شاهد رشد زمین‌های کشاورزی بوده است، مقدار ذخیره کربن افزایش یافته و در حالی که در هر دو حوزه آبریز هشتگرد و اشتهارد، ذخیره کربن مقدار کمی افزایش داشته ولی در حوزه تهران-کرج که متحمل تخریب

جدول ۷. ارزش ریالی خدمت ذخیره کربن در هر سه زیر حوزه در سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۱۸

Table 7. Monetary value of carbon storage in each of three sub-cachments in 1988 and 2018

زیر حوزه‌ها	سال	میلیارد ریال بر پیکسل	میلیارد ریال بر هکتار
اشتهارد	۱۹۸۸	۲۵۹/۷۶۵۱۸۶	۲۳/۳۷۸۸۶
	۲۰۱۸	۲۴۹/۱۶۹۷۸	۲۲/۴۲۵۲۸
هشتگرد	۱۹۸۸	۴۵۰/۵۸۰۷۲۴	۴۰/۵۵۲۲۶
	۲۰۱۸	۴۳۰/۶۵۷۵۹۳	۳۸/۷۵۹۱۸
تهران-کرج	۱۹۸۸	۵۶۴/۳۱۷۸	۵۰/۷۸۸۶
	۲۰۱۸	۵۲۲/۸۵۲۸۵	۴۷/۰۵۶۷۵
مجموع	۱۹۸۸	۱۲۷۴/۶۶۳۷۱	۱۱۴/۷۱۹۷۳۳
	۲۰۱۸	۱۲۰۲/۶۸۰۲۲۳	۱۰۸/۲۴۱۲۲

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با رویکرد بهینه‌سازی برنامه‌های توسعه، به بررسی خدمات اکوسیستمی و ارزش‌گذاری آن‌ها پرداخته شد. در مقایسه این دو نقشه مشخص گردید که فضای انسان‌ساخت و زمین‌های کشاورزی گسترش چشم‌گیری داشته است. به دنبال گسترش فضای شهری، ممکن است به دلیل عدم وجود فضای کافی برای ساخت‌وساز، این روند به حاشیه شهرها و مناطق کوهستانی که مناطق با حساسیت بیشتر اکولوژیک است کشانده شود؛ بنابراین این فرضیه وجود دارد که به‌مرور مصرف انرژی افزایش یافته و بر اکوسیستم تأثیر منفی بگذارد. در واقع می‌توان گفت که این رهیافت می‌تواند به‌عنوان یک حلقه واسط برای پیوند دادن بخش‌های

انسان‌شناختی با بخش بوم‌شناختی تحت یک چارچوب برنامه‌ای و مدیریتی واحد مورد استفاده قرار گیرد. به نظر می‌رسد که توسعه و گسترش استفاده از خدمات اکوسیستمی در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها می‌تواند موجب کاهش خسارات جبران‌ناپذیر به محیط‌زیست شود. در واقع سنجش تغییرات خدمات اکوسیستمی به‌عنوان یکی از لایه‌های اطلاعاتی مهم در ارزیابی‌های اثرات ناشی از تغییر کاربری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و اطلاعات مناسبی را در اختیار برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران در محیط در جهت اتخاذ تصمیم درست قرار دهد.

References

1. Arkhi S, Isfahani M. 2015. A visual Learning to IDRISI Selva. Golestan University, 336 p. (In Persian).
2. Asadolahi Z, Salmanmahiny A, Mirkarimi H. 2015. Modeling the Supply of Sediment Retention Ecosystem Service (Case study: Eastern Part of Gorgan-Rud Watershed). Quarterly Journal of Environmental Erosion Research, 5(3): 61-75. (In Persian).
3. Burkhard B, Maes J. 2017. Mapping ecosystem services. Advanced books, 1: e12837.
4. Chan KMA, Terre S, Joshua G. 2012. Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values. Ecological Economics, 74: 8-18. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.11.011
5. Costanza R, d'Arge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387(6630): 253-260.
6. Costanza R, d'Arge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J. 1998. The value of ecosystem services: putting the issues in perspective. Ecological Economics, 25(1): 67-72.
7. Costanza R, Rudolf, Leon B, Ida K, Lorenzo F, Paul S, Steve F, Monica G. 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? Ecosystem Services, 28: 1-16. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008.
8. De Groot RS, Matthew AW, Roelof MJB. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics, 41(3): 393-408. doi:https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7.
9. Egoh B, Drakou EG, Dunbar MB, Maes J, Willemen L. 2012. Indicators for mapping ecosystem services: a review. European Commission, Joint Research Centre (JRC). http://dx.doi.org/10.2788/41823.
10. Fatemi TS, Madnipour KM, Hashemi S. 2015. Estimating changes in forest cover in the Rudsar county by using neural network and maximum likelihood methods. Journal of RS and GIS for Natural Resources 6(2): 33-43. (In Persian).
11. Häyhä T, Pier Paolo F, Alessandro P, Brian DF. 2015. Assessing, valuing, and mapping ecosystem services in Alpine forests. Ecosystem Services, 14: 12-23. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.03.001.
12. Heal GM BE, Boyle KJ, Covich AP, Gloss SP, Hershner Carlton H, Hoehn John P, Pringle Catherine M, Polasky S, Segerson K, Shrader-Frechette K. 2005. experts.umn.edu, http://www.nap.edu/books/030909318X/html.
13. Helmy A, El-Taweel GS. 2010. Neural network change detection model for satellite images using textural and spectral characteristics. American Journal of Engineering and Applied Sciences, 3(4). doi:https://doi.org/10.3844/ajeassp.2010.604.610.
14. Hosseini Nejad S, Taheri G. 2015. Investigating the environmental situation in energy consuming sectors. Statistic Journal, 2(5): 16-20. (In Persian).
15. Hosseini S, Amirnejad H, Oladi J. 2017. The Valuation of Functions and Services of Forest Ecosystem of Kiasar National Park. Agricultural Economics, 11(1): 211-239. (In Persian).
16. Kazemi M, Mahdavi Y, Nohegar A, Rezaie P. 2011. Estimate land use and land cover change using RS and GIS techniques (Case Study: Tangeh-Bostanak watershed, Shiraz). Journal of RS and GIS for Natural Resources (Journal of Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science), 2(1): 101-110. (In Persian).
17. Mobarghai DN. 2009. Modeling and application of the spatial valuation pattern of forest ecosystem services using Geographical Information System (Case study: Kheiroudkenar forest- Noushar). Ph.D thesis, Department of Environment Planning, University of Tehran, 287 p. (In Persian).
18. Mohammadi S, Habashi K, Pormanafi S. 2018. Monitoring and prediction land use/land cover changes and its relation to drought (Case study: sub-basin Parsel B2, Zayandeh Rood watershed). Journal of RS and GIS for Natural Resources, 9(1): 24-39. (In Persian).
19. Natasha N, Alessandro P, Fabio P, Madeleine G, Pier Paolo F. 2018. Assessing, valuing and mapping ecosystem services at city level: The case of Uppsala (Sweden). Ecological Modelling, 368: 411-424. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.10.013.
20. Pauchard K, Núñez M, León C, Pliscoff P, Squeo F, Armesto JJ. 2017. A framework for the classification Chilean terrestrial ecosystems as a tool for achieving global conservation targets. Biological Conservation, 26: 2857-2876. doi:https://doi.org/10.1007/s10531-017-1393-x.
21. Peng J, Lu T, Yanxu L, Mingyue Z, Yi'na H, Jiansheng W. 2017. Ecosystem services response to urbanization in metropolitan areas: Thresholds identification. Science of The Total Environment, 607-608: 706-714. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.218
22. Schröter D, Cramer W, Leemans R, Prentice IC, Araújo MB, Arnell NW, Bondeau A, Bugmann H, Carter TR, Gracia CA. 2005. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in

- Europe. *science*, 310(5752): 1333-1337. doi:<https://doi.org/10.1126/science.1115233>.
23. Sukhdev P, Wittmer H, Schröter-Schlaack C, Nesshöver C, Bishop J, Brink Pt, Gundimeda H, Kumar P, Simmons B. 2010. The economics of ecosystems and biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. vol 333.95 E19. UNEP, Ginebra (Suiza).
24. TEEB. 2010. Mainstreaming the Economics of Nature. A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB. Earthscan, London and Washington, 280 p.
25. Timothy GW, James DW, Nicola Z, Kurt HR. 2009. A multi-scale method of mapping urban influence. *Environmental Modelling & Software*, 24(10): 1252-1256. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.03.006>.
26. Wu J. 2014. Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*, 125: 209-221. doi:<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.018>.
27. Zhang D, Qingxu H, Chunyang H, Jianguo W. 2017. Impacts of urban expansion on ecosystem services in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, China: A scenario analysis based on the Shared Socioeconomic Pathways. *Resources, Conservation and Recycling*, 125: 115-130. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.003>.



Evaluating the implications of urban growth on carbon fixation ecosystem services (Case study: Karaj Subcatchments)

Sareh Alsadat Sajjadi Ghaemmaghani, Romina Sayahnia, Naghmeh Mobarghei Dinan, Majid Makhdoum Farkhondeh

Received: 24 August 2020 / Accepted: 3 December 2020
Available online 1 March 2021

Abstract

Background and Objective In recent decades, natural ecosystems have undergone fundamental changes due to increasing population growth and increasing demand in order to provide the necessary facilities for human welfare. Since these changes are generally associated with environmental degradation, one should always be concerned about the damage to the ecosystem that supports human life. Therefore, the maintenance and protection of ecosystems are critical to achieving balance, equilibrium and coordination between human society and the ecosystem and their functional services. Ecosystem services have the potential to be considered as a key tool for policy-making and decision-making at the global, national, regional and local levels.

Using ecosystem services, several applications including sustainable management of natural resources, land use optimization, environmental protection, nature conservation and restoration, landscaping, basic nature solutions, water conservation and weather, disaster risk reduction, environmental education and environmental research can be pursued. However, the relationship between ecosystem processes and functions and human well-being is complex and a multifaceted and preventive approach must be taken to evaluate these relationships and value the benefits. The purpose of this study was to investigate the trend of changes in ecosystem services in urban growth and development, evaluation of ecosystem services and the consequences of urban growth on carbon storage ecosystem service in the study area of Karaj catchment area in the period (before and after the development of irrationality).

S. A. Sajjadi Ghaemmaghani¹, R. Sayahnia(✉)², N. Mobarghei Dinan³, M. Makhdoum Farkhondeh⁴

1. MSc. Environmental Planning, Environmental Sciences Research Institute (ESRI), Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Environmental Planning, Environmental Sciences Research Institute (ESRI), Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Environmental Planning, Environmental Sciences Research Institute (ESRI), Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
4. Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Tehran, Iran

e-mail: r_sayahnia@sbu.ac.ir

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1400.12.1.2.3>

Materials and Methods Ecosystem services mapping is an effective tool to improve land planning and land use. Valuation of these services can be an effective factor and a promising way to explain the relationship between services, society and the economy and can play an effective role in the cost-benefit system of policies to rehabilitate and manage the environment. In this study, carbon storage service was investigated in three catchments of Alborz, Karaj, Hashtgerd and Eshtehard provinces.

Since the study area covers almost two-thirds of the province, so in the study of the characteristics of the study area, the same characteristics of the Alborz province have been mentioned. In line with this research, In the first step, land use maps of the study area using trust software and GIS and Landsat satellite imagery (Landsat 5TM sensor images 1988, Landsat 8 satellite ETM+ sensor 2018), and the Supervised classification have been applied for the two periods of 1988 and 2018 in four classes of vegetation, man-made space, the aquatic environment and non-man-made space. After preparing the land use map, the accuracy of the maps was checked using Google Earth software and field visits. Then, using the land use map, the carbon storage ecosystem service map was extracted using Invest software and finally evaluated using soil carbon, ground carbon, basement and dead tissue information.

Results and Discussion The results showed that the most changes in land use maps belong to non-constructed space and man-made space, which shows a decrease of 16% and an increase of 11%, respectively. Regarding carbon storage service, according to the plans obtained in two years, in the central part of the region, which has witnessed the growth of agricultural lands, the amount of carbon storage has also increased. The maximum carbon

reserve, with a share of 78377470 tons per hectare in 1988 and 72618450 tons per hectare in 2018, belongs to the Tehran-Karaj basin, and the lowest with a share of 36078497 tons per hectare in 1988 and 34606913 tons per hectare per year. 2018, belongs to Eshtehard. In total, the value has increased from about 14163 billion rials per ton per hectare since 1988 to about 13163 billion rials in 2018, which has gone in a negative direction. Although the amount of carbon storage varied and changed in different places, the maximum amount of carbon storage remained unchanged during this period; because there is still unbuilt space.

Conclusion In general, it can be stated that the use of ecosystem services valuation does not necessarily mean a reduction in the value of services in the development process, but it means that using this approach can be used to improve development planning to maintain and used to improve the quality of the ecosystem. In fact, it can be said that this approach can be used as an interface to link the anthropological and ecological sections under a single programmatic and managerial framework.

Keywords: Ecosystem services, Land use, Urban growth, Terrset, Remote sensing, Karaj