

## سنجش تعادل و توازن‌های منطقه‌ای با بکارگیری ارزش خدمات اکوسیستمی و پایش فضایی مراکز گراویتی

مصطفی کشتکار<sup>۱</sup>، نغمه مبرقی دینان<sup>۲\*</sup>، رومینا سیاح نیا<sup>۲</sup>، زهرا اسداله‌هی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>گروه علوم و مهندسی محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۲</sup>گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۳</sup>گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۴

### چکیده

تصمیمات مدیریتی سرزمین و به تبع آن تغییرات کاربری و پوشش اراضی طی چند دهه اخیر در ناحیه رویشی زاگرسی بر ارزش خدمات اکوسیستمی و توزیع مکانی آن‌ها اثرگذار بوده است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثرات تصمیمات مکانی سرزمین بر شاخص‌های فضایی تعادل و توازن ارزش خدمات اکوسیستمی در بازه زمانی ۳۰ ساله (۲۰۲۰-۱۹۹۰) در استان کهگیلویه و بویراحمد انجام شد. به منظور انجام این پژوهش طبقات کاربری و پوشش اراضی با روش پردازش شی‌گرا از تصاویر ماهواره‌های لندست و سنتینل استخراج شد. سپس ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستم با روش انتقال منافع برآورد شد و عدم قطعیت آن با روش تحلیل شاخص حساسیت مورد سنجش قرار گرفت. در نهایت تغییرات تعادل و توازن فضایی ارزش خدمات اکوسیستمی با ایجاد شبکه‌های یک کیلومتری، توسعه شاخص گراویتی و تحلیل آمار فضایی مورد پایش قرار گرفت. بر اساس نتایج، افزایش مساحت مناطق انسان‌ساخت و اراضی کشاورزی به ترتیب با ۹/۸ و ۶/۳ درصد در بازه زمانی ۳۰ ساله، کاهش سه درصدی ارزش کل خدمات اکوسیستمی از ۱۵۲/۶ هزار میلیارد تومان در سال ۱۹۹۰ به ۱۴۸/۵ هزار میلیارد تومان در سال ۲۰۲۰ را به دنبال داشته است. از آنجا که نتایج شاخص حساسیت پایین را نشان داد، مدل‌سازی قابل اعتماد، دقیق و انعطاف‌پذیر با عدم قطعیت کم است. همچنین تحلیل فضایی لکه‌های داغ کاهش دو درصدی مناطق با پتانسیل بالای عرضه خدمات اکوسیستمی را نشان می‌دهد. طبق نتایج تغییر مرکز گراویتی (مرکز ثقل، جاذبه یا گرانش) ارزش کل خدمات اکوسیستمی در طول ۳۰ سال مشهود است به نحوی که مرکز گراویتی ۴۰۰ متر به سمت جنوب غربی جابجا شده است که با ایجاد عدم توازن در ارزش کل خدمات اکوسیستمی ناشی از مداخله شدید انسانی، خسارتی معادل با ۴/۱ هزار میلیارد تومان را به همراه داشته است. نتایج پژوهش گواه این امر است که با احیاء جنگل‌های زاگرسی در مناطق جنوبی و شرقی استان و با افزایش ارزش خدمات اکوسیستمی به میزان ۸۷ میلیارد تومان می‌توان زمینه بازگشت تعادل و توازن فضایی ارزش خدمات اکوسیستمی را به استان کهگیلویه و بویراحمد فراهم نمود.

**کلید واژگان:** آمار فضایی، تصمیم‌گیری مکانی سرزمین، تخریب جنگل، ناحیه رویشی زاگرسی، تغییر کاربری و پوشش اراضی

مقدمه

اکوسیستم‌ها منافع متعددی برای افراد دارند که این منافع، خدمات اکوسیستم نامیده می‌شود و می‌توان به تولید غذا، آب شیرین، خاک حاصلخیز و ایجاد فرصت تفریح اشاره نمود (MEA, 2005). افزایش جمعیت از یک طرف و تغییر الگوی مصرف از طرف دیگر به افزایش تقاضای استفاده از سرزمین و تغییرات آن منجر شده است (Omenn, 2006; Akubia and Bruns, 2019). فعالیت‌های انسانی در قالب استفاده از سرزمین به‌طور قابل توجهی پوشش و شکل زمین را در مقیاس جهانی تغییر داده است. استفاده نادرست از سرزمین و به‌تبع آن تغییر کاربری اراضی از مهمترین عوامل تغییر خدمات اکوسیستم در سراسر جهان محسوب می‌شود که رفاه انسانی و بقای سایر گونه‌ها را تحت تأثیر قرار داده است (Foley et al., 2005; Nelson et al., 2006). خدمات اکوسیستم همواره به‌وسیله دولت‌ها، جامعه و افراد، فاقد ارزش یا کمتر به جنبه ارزش اقتصادی توجه شده (Daily et al., 2000; Balmford et al., 2002). در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ اقتصاددانان شروع به اندازه‌گیری ارزش خدمات طبیعت نمودند (Krutilla and Fisher, 1975). هر چند که در مباحث مرتبط با ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی بعد مکانی تا حدی نادیده گرفته شده است، اما این مهم با ظهور فناوری پیشرفته سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> در دهه ۱۹۹۰، توجه بیشتری را به‌خود جلب کرده است (Bockstael, 1996). اولین مطالعات، نقشه‌سازی ارزش خدمات اکوسیستم یا به‌عبارت دیگر ارزش‌گذاری مکانی خدمات اکوسیستم در واحد پولی (Schägnner et al., 2013) ارزش خدمات تفریحی جنگل‌های ولز بوده است (Bateman et al., 1995). پژوهش مهم Costanza و همکاران (۱۹۷۷)، یک نقطه عطف در این پیشرفت بوده است که در آن ارزش اقتصادی ۱۷ خدمت اکوسیستمی در ۱۶ زیست‌بوم برابر ۵۴-۱۶ تریلیون دلار در سال، با میانگین ۳۳ تریلیون دلار در سال در سطح جهان برآورد و نقشه‌سازی

شد. طبق برآورد Costanza و همکاران (۲۰۱۴)، تغییر کاربری اراضی در فاصله سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۱ منجر به از دست‌دهی ارزش خدمات اکوسیستم به‌میزان ۴/۳ الی ۲۰/۲ تریلیون دلار در هر سال شده است. نتایج پژوهش Schägnner و همکاران (۲۰۱۳)، در رابطه با وضعیت کنونی و آتی نقشه‌سازی ارزش خدمات اکوسیستم با مرور ۶۹ مقاله چاپ شده نشان داد که این مطالعات به‌طور عمده در اروپا ۳۴ درصد، امریکای شمالی ۲۴ درصد و ۲۲ درصد در آسیا (با تمرکز بر چین) صورت گرفته است. با وجود افزایش تعداد مطالعات، کمی‌سازی ارزش خدمات اکوسیستمی، کاربرد عملی ارزش‌گذاری در هدایت تصمیم‌گیری مکانی سرزمین مورد توجه قرار نگرفته است (Primmer and Furman, 2012). یکی از اهداف اصلی نقشه‌سازی و ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم که ماهیت فضایی دارند (Boyd and Banzhaf, 2007; Schagner et al., 2013)، بررسی چگونگی تغییر مقادیر ارزش پولی خدمات اکوسیستمی در سطح فضا در پاسخ تصمیمات مدیریت سرزمین است. در پاسخ به این نیاز، پژوهشگران روش‌های مبتنی بر آمار فضایی، اخیراً مورد توجه قرار گرفته است (Hu et al., 2019; Cui et al., 2021). شاخص گراویتی<sup>۲</sup> که به‌طور گسترده در زمینه‌های برنامه‌ریزی شهری، جغرافیای اقتصادی، و علوم کاربری زمین مورد استفاده قرار گرفته است، جهت حرکت و فاصله از مرکز ثقل را برای اهداف مشخص می‌کند (Xu et al., 2016). همچنین می‌تواند تغییرات در کمیت و روند تغییر شی هدف در طول زمان را منعکس کند (He et al., 2010). در پژوهش‌های اخیر از این شاخص برای بررسی تغییر مکانی ارزش خدمات اکوسیستمی بهره برده‌اند (Cui et al., 2021). اغلب پژوهش‌های داخلی انجام شده بر کمی‌سازی ویژگی‌های فیزیکی سرزمین (Salamatnia et al., 2020; Keshtkar et al., 2021; Karami and Fegghi, 2012) و یا ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی

<sup>۱</sup>Geographic Information System

زاگرس تأکید داشته‌اند (Bakhtiari et al., 2009; Badehian et al., 2017; Jafarzadeh et al., 2019) و نقشه‌های مکانی ارزش خدمات اکوسیستمی تهیه نشده است. همچنین تعداد کمی از مطالعات داخلی به بررسی اثر تغییر کاربری و پوشش اراضی بر میزان عرضه خدمات اکوسیستم پرداخته‌اند (Kamyab and Shabani, 2019). با اجرای اصلاحات اراضی و تدوین برنامه‌های توسعه، قبل و بعد از انقلاب، تغییرات عظیمی در فلسفه توسعه و رشد اقتصاد در کشور ایران اتفاق افتاده است (Barmaki, 2014; Ghaderi et al., 2017). در نتیجه، بسیاری از مناطق کمتر توسعه یافته واقع در ناحیه روستایی زاگرس همچون استان کهگیلویه و بویراحمد تحول اقتصادی و فضایی چشمگیری را تجربه کرده‌اند که تغییرات وسیع کاربری و پوشش اراضی را به دنبال داشته است (Henareh, 2021; Khalyani et al., 2013; Beygi Heidarlou et al., 2021) و توان سرزمین در عرضه خدمات اکوسیستمی نیز تحت تأثیر قرار گرفته است. با توجه به مقدمه ذکر شده، در پژوهش حاضر، به تهیه نقشه‌های فضایی ارزش خدمات اکوسیستمی و ادغام آن‌ها در تصمیم‌گیری مکانی سرزمین پرداخته شد. هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی اثرات تصمیمات مدیریت سرزمین طی دوره زمانی ۳۰ ساله (۱۹۹۰-۲۰۲۰) بر ارزش خدمات اکوسیستم در ناحیه روستایی زاگرس است و با فرض تغییر تعادل و توازن شاخص ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی طی سه دهه اخیر به این سوال پاسخ داده می‌شود که آیا با بکارگیری رهیافت شاخص‌های فضایی می‌توان به سنجش کمی آثار توسعه بر محیط زیست پرداخت؟

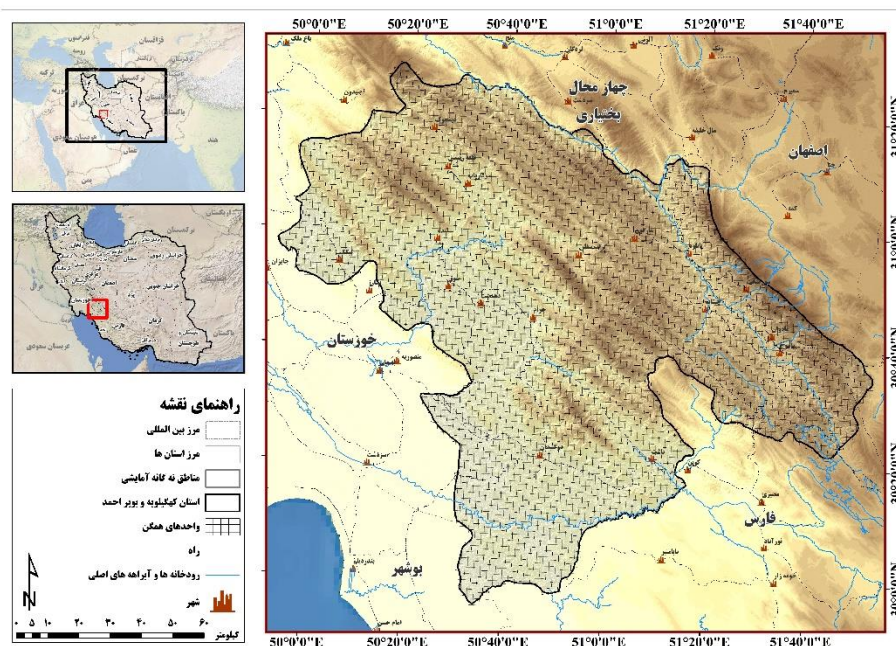
## مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** استان کهگیلویه و بویراحمد با هشت شهرستان در جنوب غرب ایران در ناحیه روستایی زاگرس واقع شده است (Statistical yearbook of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces,

2017). این استان با مساحت بالغ بر ۱۶/۵ هزار کیلومتر مربع با متوسط ارتفاع ۲۲۵۱، بین ۵۳' ۴۹° تا ۵۳' ۵۱° طول شرقی و ۵۵' ۲۹° تا ۲۸' ۳۱° عرض شمالی قرار دارد (National Cartographic of Iran, 2018) (شکل ۱). ضریب توپوگرافی در منطقه مورد مطالعه بسیار بالا بوده و ویژگی‌های اکولوژیک منطقه تا حد زیادی از این موضوع متأثر شده است، به نحوی که با حرکت از سمت شمال شرق به جنوب غرب ارتفاع و رطوبت متوسط هوا کاسته و بر شدت درجه حرارت و خشکی هوا افزوده می‌شود (Fakher, 2020; Nasab et al., 2020). تنوع بالای اکوسیستمی در استان به انتخاب نه منطقه تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط زیست، که شامل یک پارک ملی، هفت منطقه حفاظت شده و یک منطقه شکار ممنوع منجر شده است (Statistical yearbook of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces, 2017). این استان دارای جمعیت کل ۷۱۳۰۵۲ نفر (۴/۳ نفر بر کیلومتر) در سال ۱۳۹۶ است که ۴۴/۳ درصد از آن در نقاط روستایی و ۵۵/۷ درصد از آن در نقاط شهری ساکن هستند. سهم اشتغال در سه بخش عمده اقتصادی کشاورزی، صنعت و خدمات به ترتیب ۲۲/۹، ۲۶/۱ و ۵۱ درصد بوده است (Statistical yearbook of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces, 2017). رشد روزافزون منطقه مورد مطالعه به دلیل ویژگی‌های اقلیمی، وجود معادن و ذخایر نفتی و ویژگی‌های بوم‌شناختی در ایجاد ذخیره‌گاه‌های تنوع زیستی موجب حساسیت بیشتر سرزمین در استان کهگیلویه و بویراحمد شده است.

## روش‌شناسی

**جمع‌آوری اطلاعات و پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای:** به منظور بررسی تغییرات توزیع فضایی ارزش‌های خدمات اکوسیستمی از نقشه کاربری اراضی در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. دلیل انتخاب این بازه زمانی مصادف با شروع برنامه‌های توسعه بعد از انقلاب و اتمام برنامه ششم در ایران بوده است که این برنامه‌ها اثرات زیادی را بر تغییرات کاربری و پوشش اراضی در طول این دوره ایجاد کرده‌اند (Barmaki, 2014). اطلاعات کاربری و پوشش



شکل ۱- مرزهای سیاسی، ویژگی‌های طبیعی و واحدهای همگن منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در تولید کاربری و پوشش اراضی

نام لایه اطلاعاتی	تاریخ تولید یا دریافت داده	قدرت تفکیک مکانی یا مقیاس	شماره بلوک دریافتی	منبع دریافت اطلاعات
LANDSAT TIRS	August 1990 July 2000 July 2010	۳۰ متر	۱۶۴:۳۹ و ۱۶۴:۳۸ و ۱۶۳:۳۹	earthexplorer.usgs.gov سازمان زمین شناسی آمریکا
LANDSAT OLI-TIRS	July and August 2020	۱۵ و ۳۰ متر	۱۶۴:۳۹ و ۱۶۴:۳۸ و ۱۶۳:۳۹	سازمان زمین شناسی آمریکا
SENTINEL2B SENTINEL2A	August 2020 July 2020 July 2019	۱۰ متر	T39RVP و T39RVQ و T39RWQ و T39RUQ	سازمان منابع طبیعی کشور وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب
نقشه‌های موضوعی GIS منابع آب، تیپ‌های پوشش گیاهی		۱:۲۰۰۰۰ ۱:۱۰۰۰۰	تمام استان	
تصاویر و اطلاعات کمکی برداشت نمونه‌های آموزشی و نقاط کنترل زمینی		-	پوشش کامل و محلی	ArcBruTile Google Earth PRO Portable Base Map Server GPS ASTER GDEM V2

ماهوره‌ی لندست ۵ و ۸ و ماهواره‌ی سنتینل ۲ به‌عنوان تصاویر پایه استفاده شد. تصحیح هندسی و رادیومتریک جهت بارز سازی تصاویر و از بین بردن در نرم‌افزار ENVI نسخه ۵ صورت پذیرفت. جزئیات اطلاعات تصاویر مستخرج و سایر لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در جدول ۱ قابل

اراضی منطقه مورد مطالعه با تلفیق پردازش تصاویر سنجش از دور و اطلاعات جمع‌آوری شده دیگر سازمان‌ها تولید شده (جدول ۱) و صحت طبقه‌بندی از طریق برداشت میدانی و اطلاعات کمکی بر اساس جدول ۲ مورد بررسی قرار گرفته است. در تحقیق حاضر از تصاویر سنجنده OLI و ETM

جدول ۲- تعریف طبقات کاربری و پوشش اراضی استفاده شده در منطقه مورد مطالعه

توضیحات	طبقه کاربری و پوشش اراضی
مناطق مسکونی، مناطق تجاری و صنعتی، فرودگاه، معادن و سایر محدثات انسانی	مناطق انسان‌ساخت
محصولات سالانه، محصولات دائمی	اراضی زراعی
جنگل‌های خزان‌کننده و درخت‌های همیشه سبز	جنگل
مراتع انبوه تا تنک و بیابانی	مرتع
زمین‌های تحت کشت دیم و اراضی بایر	دیم
رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سدها	منابع آب

مشاهده است. نشان‌دهنده نرخ تغییر هر طبقه برای یک دوره زمانی خاص

است (He *et al.*, 2011).

دینامیک یا پویایی کاربری و پوشش اراضی (LUDD<sup>۳</sup>):  
درجه دینامیک یا پویایی کاربری و پوشش اراضی، مقدار تغییر سالانه یک طبقه از کاربری اراضی را در منطقه مورد مطالعه در یک دوره خاص را توصیف می‌کند (Yuhai, 1999; Yirsaw *et al.*, 2016).

رابطه ۱

$$K_i = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

که در آن  $K_i$  درجه پویایی کاربری اراضی طبقه "i" است (در این مطالعه  $i = 1-6$ );  $U_a$  و  $U_b$  به ترتیب به میزان مساحت هر طبقه کاربری اراضی در آغاز و پایان دوره مطالعه اشاره دارند؛  $T$  بازه زمانی مطالعه است. که در آن  $K$  شاخص دینامیک طبقه کاربری و پوشش زمین  $i$  است.  $U_a$  و  $U_b$  نواحی یک طبقه پوشش زمین معین در زمان  $a$  و زمان  $b$  هستند. هر چه قدر مطلق  $K$  بزرگ‌تر باشد، زمین شدت بیشتری دارد.  $K \geq 0$  دقیقاً برعکس است (Xu *et al.*, 2016).

درجه پویایی یکپارچه کاربری اراضی (LUIDD<sup>۴</sup>):  
تغییر کلی کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد که می‌تواند به صورت کمی نرخ تغییر کاربری اراضی را توصیف کند (Yirsaw *et al.*, 2016).

رابطه ۲

$$K_t = \frac{I(D)}{S} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی: استخراج نقشه کاربری و پوشش اراضی از تصاویر ماهواره‌ای بر اساس اطلاعات طیفی دارای محدودیت‌هایی است (Negahban, 2021). در تکنیک پیکسل پایه، از ارزش عددی پیکسل‌ها استفاده می‌شود (Alavi Panah, 2003) درحالی‌که در تکنیک شیء‌گرا علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات بافت و شکل استفاده می‌شود. بر این اساس، به منظور طبقه‌بندی در پژوهش حاضر، از روش شیء‌گرا استفاده شد. قسمت‌بندی اولین و مهم‌ترین مرحله در ریز طبقه‌بندی تصویر به واحدهای تصویری مجزا می‌باشد (Huang and Ni, 2008). الگوریتم Multiresolution Segmentation در این تحقیق از سطح Image Object Level قسمت‌بندی تصویر منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. به دلیل نیاز به بررسی جزئیات منطقه مورد مطالعه و با هدف برخورداری از قدرت تفکیک مکانی مناسب تصاویر سنتینل و اعمال یکپارچگی، بعد از تکرار و مقایسه شاخص‌های سگمنت‌سازی مختلف ارزش اعمال شده برای پارامتر مقیاس ۹۰ و برای پارامترهای ضریب شکل و ضریب فشردگی به ترتیب ۰/۴ و ۰/۵ بر پایه تصاویر سنتینل انتخاب شد. همچنین در این تحقیق از الگوریتم طبقه‌بندی اختصاص کلاس با میزان مشخص (Assign Class) استفاده شده است (جدول ۲).

مدل‌سازی دینامیک کاربری اراضی: تغییر کمی کاربری و پوشش اراضی را می‌توان با شاخص دینامیکی نشان داد که

<sup>۴</sup>Land use\cover integrated dynamic degree

<sup>۳</sup>Land use\cover dynamic degree

جدول ۳- ارزش خدمات اکوسیستم در هر هکتار برای هر طبقه کاربری و پوشش اراضی (Costanza et al., 2014)

ناحیهٔ رویشی	ارزش کل در هکتار (دلار/هکتار/سال)	ارزش کل در هکتار (ریال/هکتار/سال)	ارزش کل در هکتار (میلیون تومان/هکتار/سال)
دریا	۱۳۶۸	۲۷۹,۷۷۲,۰۹۱	۲۸
اقیانوس آزاد	۶۶۰	۱۳۴,۹۷۹,۲۰۴	۱۳
ساحلی	۸۹۴۴	۱,۸۲۹,۴۵۷,۳۹۷	۱۸۳
مصب	۲۸۹۱۶	۵,۹۱۴,۶۲۱,۴۲۰	۵۹۱
علف دریایی/بستر جلبکی	۲۸۹۱۶	۵,۹۱۴,۶۲۱,۴۲۰	۵۹۱
صخره‌های مرجانی	۳۵۲۲۵۷	۷۲,۰۵۲,۳۳۷,۴۶۰	۷۲۰۵
فلات قاره	۲۲۲۲	۴۵۴,۴۵۷,۹۴۳	۴۵
خشکی	۴۹۰۱	۱,۰۰۲,۵۳۶,۱۹۷	۱۰۰
جنگل	۳۸۰۰	۷۷۷,۲۰۱,۶۷۶	۷۸
تروپیکال	۵۳۸۲	۱,۱۰۰,۷۶۳,۲۶۷	۱۱۰
حاره/تایگاه	۳۱۳۷	۶۴۱,۶۵۷,۰۶۱	۶۴
علفزار/ مراتع	۴۱۶۶	۸۵۲,۱۱۸,۴۳۹	۸۵
تالاب‌ها	۱۴۰۱۷۴	۲۸,۶۷۱,۹۳۸,۶۸۲	۲۸۶۷
مرداب جزر و مدی/مانگروها	۱۹۳۸۴۳	۳۹,۶۴۹,۶۰۴,۳۷۱	۳۹۶۵
مرداب‌ها/دشت‌های سیلابی	۲۵۶۸۱	۵,۲۵۲,۹۱۸,۵۴۷	۵۲۵
دریاچه‌ها/رودخانه‌ها	۱۲۵۱۲	۲,۵۵۹,۲۲۵,۳۵۲	۲۵۶
اراضی زراعی	۵۵۶۷	۱,۱۳۸,۶۲۸,۵۴۴	۱۱۴
شهری	۶۶۶۱	۱,۳۶۲,۴۷۱,۷۸۵	۱۳۶
کل	۴۰۷۳	۸۳۳,۱۵۸,۷۲۶	۸۳

مطالعاتی، طبقات کاربری اراضی در منطقه، بر اساس نزدیک‌ترین اکوسیستم‌های معادل گزارش شده توسط Costanza و همکاران (۲۰۱۴) تعیین شد (Tolessa et al., 2017). جهت ایجاد ضریب وزنی معادل خدمات اکوسیستمی دلار در هر هکتار و تبدیل آن به ریال بر هکتار و به‌روزرسانی آن از نرخ کشش درآمد و تولید ناخالص داخلی استفاده شد و در نهایت ضریب ارزش اکوسیستم اصلاح گردید. این ضریب وزنی معادل را می‌توان با نسبت‌گیری میانگین تولید ناخالص داخلی ایران به تولید ناخالص داخلی جهان، بومی‌سازی و با استفاده از نرخ کشش و دلار نیمایی به کل منطقه تعمیم داد (Xie et al., 2003). با توجه به ضرایب ارزش‌گذاری اصلاح شده (Ecosystem Service Value Coefficient) ارزش خدمات اکوسیستمی (Ecosystem Service Valuation) به‌صورت رابطهٔ ۳ و

که در رابطهٔ ۲،  $Kt$  نشان‌دهندهٔ درجهٔ پویایی یکپارچه کاربری اراضی است؛  $I$  و  $D$  به ترتیب به مساحت افزایش و کاهش یافته در طول زمان  $T$  اشاره دارند،  $S$  مجموع مساحت کل منطقهٔ مورد مطالعه و  $T$  بازهٔ زمانی مطالعه است (Xu et al., 2016).

برآورد ارزش (ارزش‌گذاری) خدمات اکوسیستم: پس از استخراج طبقات کاربری اراضی، ارزش‌گذاری اقتصادی با استفاده از روش انتقال منافع انجام شد (Mobarghei dinan, 2017). بدین منظور از مطالعهٔ Costanza و همکاران (۲۰۱۴) استفاده شده است که برای برآورد ارزش خدمات اکوسیستمی، اکوسیستم‌ها را در مقیاس جهانی ۱۶ اکوسیستم و ۱۷ عملکرد طبقه‌بندی کردند و بر این اساس، میانگین ارزش اکوسیستم‌های مختلف به شرح جدول ۳ ارائه شد. جهت برآورد ارزش میانگین سالانهٔ کاربری‌های محدودهٔ

ضریب انعطاف‌پذیر است و ارزیابی دقیق ارزش اکوسیستم مهم است. اما اگر ضریب حساسیت کمتر از ۱ باشد، آنگاه مقدار برآورد اکوسیستم غیرکشسان در نظر گرفته می‌شود و نتایج محاسبه ارزش کل خدمات اکوسیستمی قابل اعتماد خواهد بود حتی اگر مقدار دقت آن نسبتاً کم باشد (Tolessa et al., 2017).

**مدل‌سازی گراویتی:** مدل‌سازی گراویتی، به‌طور گسترده در حوزه‌های برنامه‌ریزی شهری، جغرافیای اقتصادی، و علوم کاربری اراضی و غیره مورد استفاده قرار گرفته است (Xu et al., 2016; Liu et al., 2012). این روش یک رویکرد مدل‌سازی است که جهت حرکت و فاصله از مرکز ثقل را به‌منظور پایش اثرات بر مبنای شاخص‌ها یا اهداف مشخص می‌کند (Xu et al., 2016). بر اساس رابطه‌های ۶ و ۷ پایش تغییرات مرکز گراویتی (Griffith and Fischer, 2016)، برای ارزش خدمات اکوسیستم بکار گرفته شد:

رابطه ۶

$$X_t = \frac{\sum_{j=1}^l (ESV_{tj} \times x_{tj})}{\sum_{j=1}^l (ESV_{tj})}$$

$$Y_t = \frac{\sum_{j=1}^l (ESV_{tj} \times y_{tj})}{\sum_{j=1}^l (ESV_{tj})}$$

که در رابطه ۶، X و Y به ترتیب مختصات مرکز گراویتی برای ارزش خدمات اکوسیستمی در سال t هستند و X و Y مختصات مرکز ثقل ژئومتریکی هر سلول و  $ESV_{tj}$  ارزش خدمات اکوسیستم (ریال بر هکتار در سال) برای طبقه کاربری اراضی "j" و 1 تعداد کل طبقات کاربری اراضی است (Tolessa et al., 2017). محاسبه فاصله حرکت مرکز گراویتی را می‌توان به‌صورت رابطه ۷ بیان کرد:

رابطه ۷

$$D = \sqrt{(X_{t1} - X_{t2})^2 + (Y_{t1} - Y_{t2})^2}$$

که در رابطه ۷، D فاصله حرکت مرکز ثقل (متر) و  $X_{t1}$ ،  $X_{t2}$  و  $Y_{t1}$ ،  $Y_{t2}$  مختصات مرکز ثقل ارزش خدمات اکوسیستم برای سال‌های  $t_1$  و  $t_2$  هستند.

**تجزیه و تحلیل لکه‌های داغ خدمات اکوسیستمی:** پس از بررسی ارزش خدمات اکوسیستم و تغییرات آن برای منطقه

ارزش خدمات ارائه شده توسط عملکردهای اکوسیستم مجزا با استفاده از رابطه ۴ (Xu et al., 2016; Liu et al., 2012) محاسبه می‌شود:

رابطه ۳

$$ESV_t = \sum_{k=1}^n (ESC_k \times A_k)$$

رابطه ۴

$$ESV_f = \sum_{k=1}^n (ESC_{fk} \times A_k)$$

که در رابطه ۳،  $ESV_t$  ارزش خدمات اکوسیستم برای سال t،  $A_k$  مساحت (هکتار) و  $ESC_k$  ارزش خدمات اکوسیستم به ازای هر واحد (ریال بر هکتار در سال) برای طبقه کاربری اراضی "k" در منطقه مورد مطالعه و n تعداد کل طبقات کاربری اراضی است. در رابطه ۴،  $ESV_f$  برآوردی ارزش عملکرد طبقه f است و  $ESC_{fk}$  ارزش خدمات اکوسیستم به ازای هر واحد (ریال بر هکتار در سال) برای طبقه کاربری اراضی "k" می‌باشد (Yirsaw et al., 2016).

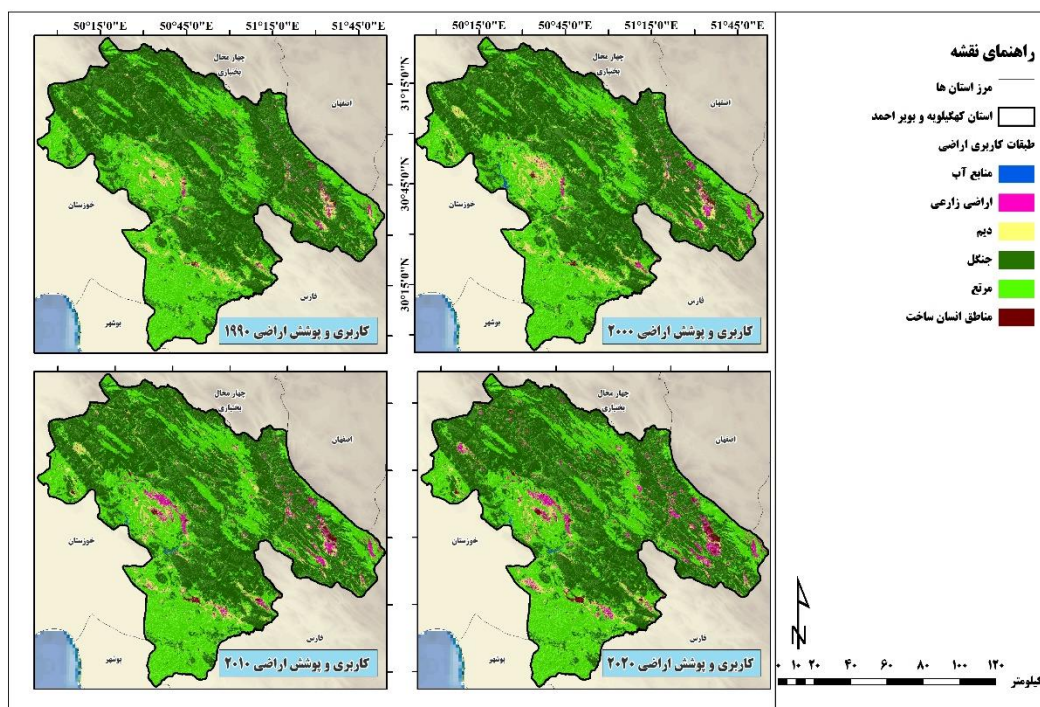
**تجزیه و تحلیل داده‌ها**

**تحلیل حساسیت:** از آنجایی که اکوسیستم‌ها که به‌عنوان نماینده‌ای برای طبقات کاربری و پوشش زمین استفاده می‌شود، و لزوماً بر هم منطبق نیستند و عدم قطعیت برای این ارزش‌ها وجود دارد (Tolessa et al., 2017)، برای این تجزیه و تحلیل، از ضریب حساسیت (SI) با استفاده از مفهوم استاندارد کَشش اقتصادی، مطابق رابطه ۵ محاسبه شد (Kreuter et al., 2001; Wang et al., 2015):

رابطه ۵

$$SI = \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(ESC_{jk} - ESC_{ik}) / ESC_{ik}}$$

که در رابطه ۵، SI ضریب حساسیت؛  $ESC_k$  ارزش خدمات اکوسیستم و  $ESV$  ارزش کل خدمات اکوسیستمی برآورد شده است و i و j به ترتیب مقادیر اولیه و اصلاح شده را برای طبقه کاربری اراضی k نشان می‌دهند. لازم به ذکر است که اگر  $SI > 1$  باشد، ارزش تخمینی اکوسیستم با توجه به آن



شکل ۲- نقشه طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه

با مراکز هر سلول با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ معمولی انجام شد (Mishra et al., 2009).

### نتایج

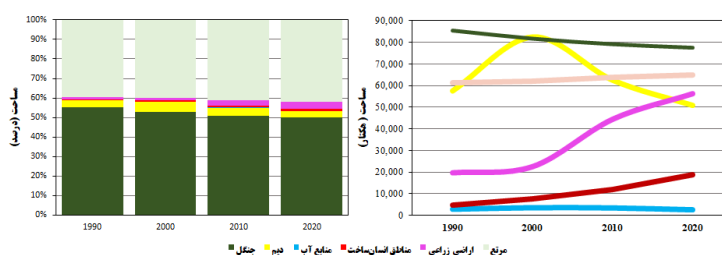
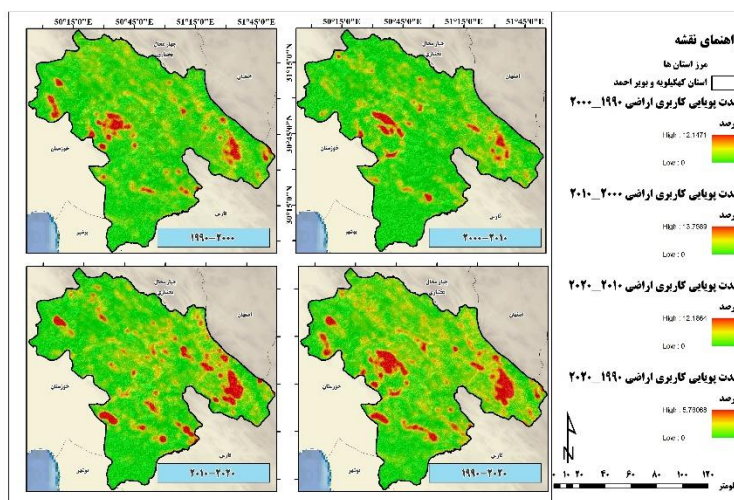
**پویایی کاربری و پوشش اراضی:** شکل ۲، نقشه طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل، بیشترین کاهش مساحت مربوط به طبقه کاربری جنگل است که از ۸۵۵۶۰۳ هکتار در سال ۱۹۹۰ به ۸۱۷۲۵۴ هکتار در سال ۲۰۰۰ و در سال ۲۰۲۰ به ۷۷۴۱۱۲ هکتار کاهش یافته است. اراضی مرتعی که دومین طبقه از نظر مساحت است که از ۶۱۱۷۲۹ هکتار در سال ۱۹۹۰ به ۶۴۹۵۲۱ هکتار در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است (شکل ۲).

بر اساس نتایج شکل ۲، اراضی زراعی از ۱۹۶۸۳ هکتار به ۵۶۳۹۲ هکتار و اراضی انسان‌ساخت به سرعت از ۴۷۵۸ هکتار در سال ۱۹۹۰ به ۱۸۷۷۵ هکتار در سال ۲۰۲۰ افزایش یافتند. اما از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ به ترتیب از ۲۸۰۶ به ۳۵۲۸ افزایش یافته و سپس از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰

مورد مطالعه، آماره شاخص گیتس G-statistic به منظور تعیین لکه‌های داغ، در دو سطح وضعیت و تغییرات استفاده شد (Li et al., 2017). بدین صورت که یک عارضه با ارزش قابل ملاحظه مورد توجه است اما ممکن است از نظر آماری معنی‌دار نباشد به این دلیل که یک نقطه داغ معنی‌دار آماری باید علاوه برداشتن ارزش بالا، توسط دیگر عوارض با ارزش بالا احاطه شده باشد. این امر توسط آماره z- و p-value score بیان می‌شود. این آماره‌ها به ترتیب میزان احتمال تصادفی بودن و انحراف معیار را نشان می‌دهند (Harirforoush and Bellalite, 2019).

**تحلیل داده‌ها:** در پژوهش حاضر با ایجاد سلول‌های شبکه‌ای ۱ کیلومتری بر اساس نقشه کاربری و پوشش اراضی از ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ با استفاده از ArcToolbox و ابزار Generate Tesselation شبکه تولید شدند. با استفاده از این سلول‌های شبکه به عنوان واحدهای پایه برای نقشه‌سازی، تحلیل فضایی مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱). پس از بررسی و محاسبه ارزش خدمات اکوسیستمی برای هر شبکه، ویژگی فضایی در مقیاس سلول از طریق ارتباط





شکل ۳- پویایی طبقات کاربری/پوشش اراضی در منطقه مورد مطالعه در دوره ۱۹۹۰-۲۰۲۰

مناطق انسان‌ساخت و منابع آبی، ۵/۵ درصد از سطح استان را پوشش می‌دادند که این میزان به ۸/۳ افزایش پیدا کرده است.

شکل ۴، درجه پویایی کاربری اراضی را نشان می‌دهند که به دو قسمت تقسیم شد. در مرحله اول شمای کلی از شدت انتقال کاربری اراضی در کل منطقه مورد مطالعه در بازه‌های زمانی ۱۰ و ۲۰ ساله از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ ارائه شده است. بر اساس این تغییرات یک گرایش صعودی در سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۰ با ۰/۴۹ درصد، ۰/۶ درصد در سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۰ و ۰/۳۸ درصد در سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۱۰ مشاهده می‌شود. اما پویایی طبقات کاربری اراضی نشان‌دهنده این امر است که کشاورزی در سال ۲۰۱۰-۲۰۰۰ به اوج خود (۹/۷۵ درصد) رسید و سپس در سال ۲۰۲۰-۲۰۱۰ این میزان به ۲/۶۶ درصد کاهش پیدا کرده است (شکل ۴). اراضی شهری همواره رشد حداقل ۵/۵ درصد را داشته‌اند که بیشترین میزان درجه پویایی آن (۹/۸۲ درصد) در سال ۲۰۲۰-۱۹۹۰ بوده که این میزان بیشترین

به‌ترتیب از ۳۴۱۰ هکتار به ۲۵۲۵ کاهش پیدا داشته است. اراضی دیم نیز همین روند را داشته است که از ۶۷۵۰۲ هکتار در سال ۱۹۹۰ به ۸۲۴۷۹ در سال ۲۰۰۰ افزایش و تا سال ۲۰۲۰ مساحت آن کاهشی و برابر با ۵۰۷۵۶ هکتار شده است. بر اساس نتایج شکل ۳ در سال ۱۹۹۰، بیش از ۵۵ درصد از منطقه مورد مطالعه با پوشش جنگلی و بیش از ۳۹ درصد توسط اراضی مرتعی پوشیده شده بود این درحالی است که اراضی زراعی و دیم زراعی تنها ۵ درصد از منطقه را شامل می‌شد. اما تا سال ۲۰۲۰ نسبت این نوع کاربری‌ها به ترتیب ۵۰، ۴۲ و ۷ درصد تغییر کرده است که نشان‌دهنده کاهش سطوح جنگلی و افزایش مراتع و اراضی کشاورزی (دیم و آبی) است. تا سال ۲۰۰۰، درصد پوشش دیم به ۵/۳ درصد در نتیجه افزایش کشاورزی رسید اما به علت تبدیل و احیاء این اراضی به کشاورزی آبی مساحت آن تا سال ۲۰۲۰ به ۳/۳ کاهش یافت، درحالی‌که اراضی زراعی ۱۸۶ درصد رشد داشته است. از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، چهار پوشش کاربری اراضی شامل اراضی زراعی، اراضی دیم،



شکل ۴- درجه پویایی کاربری و پوشش اراضی یکپارچه و طبقات آن از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

طبقات کاربری با میانگین ۱۰/۴ درصد کاهش یافته است. این نرخ کاهش برای اراضی جنگل قابل توجه بوده که در آن نرخ تغییر ارزش‌های خدمات اکوسیستم به ۱۰ درصد از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ رسیده است. بر اساس نتایج شکل ۵، مناطق شمالی همیشه بالاترین میزان ارزش خدمات اکوسیستم را در طول بازه زمانی مورد مطالعه داشته‌اند، با این حال، قالب شبکه‌ها (۸۹/۶ درصد) در طول دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ کاهش خدمات را نشان می‌دهند. توزیع فضایی تغییرات بین ارزش خدمات اکوسیستمی نشان می‌دهد که ارزش خدمات اکوسیستم در غرب منطقه مورد بررسی افزایش یافته در حالی که در شهرستان بویر احمد در شمال استان کاهش یافت.

عملکردهای ۱۷ گانه مورد بررسی در جدول ۳ به منظور استفاده در منطقه مورد بررسی با توجه به همبستگی انجام شده به ۳ گروه تقسیم شدند. گروه اول شامل خدمات با همبستگی مثبت کنترل فرسایش، گرده افشانی، کنترل زیستی، مواد خام و منابع ژنتیکی بود که همگی بالای ۱۵ درصد بودند. گروه دوم شامل خدمات فرهنگی، زیستگاهی، تصفیه فاضلاب، تنظیم گاز و حمایت آب بود که کمتر از ۱۵- درصد بود. سومین گروه شامل تنظیم آب و هوا، تنظیم

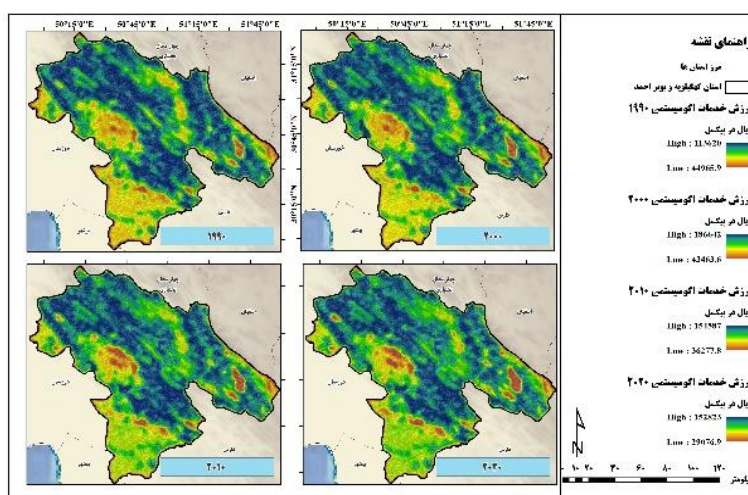
میزان رشد در تمامی طبقات و بازه‌های زمانی بوده است. اراضی دیم در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ درجه پویایی ۴/۳۴ درصد را تجربه کرده است اما بعد از آن از سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ این مقدار به ترتیب ۲/۴۳- درصد و ۱/۸۸- درصد کاهش پیدا داشته است. اراضی جنگلی به طور قابل توجهی کم شده‌اند و این نرخ در سال ۲۰۰۰-۱۹۹۰ به اوج خود یعنی ۰/۴۵- درصد رسید که این مهم در تمامی دوره‌های ۱۰ ساله، ۲۰ ساله و ۳۰ ساله منفی و با میانگین ۰/۳۲- درصد بوده است.

**تغییرات ارزش خدمات اکوسیستمی:** مجموع ارزش‌های خدمات اکوسیستمی در جدول ۵ برای سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ نشان داده شده است که به ترتیب برابر با ۱۵۲/۶ و ۱۴۸/۵ همت<sup>۵</sup> و میانگین ارزش‌های خدمات اکوسیستم در هر واحد برای سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۲۰ به ترتیب برابر با ۹۸۳ میلیون ریال در هکتار در سال ۱۹۹۰ و ۹۵۷ میلیون ریال در هکتار در سال ۲۰۲۰ بوده است. ارزش کل خدمات اکوسیستم در طول دوره ۲۰۲۰-۱۹۹۰ به میزان ۲/۷ درصد کاهش یافته است. بر این اساس، ارزش خدمات اکوسیستمی اراضی کشاورزی و مراتع در طول دوره مطالعاتی به ترتیب به میزان ۱۸۶/۵ درصد و ۶/۱۸ درصد افزایش یافته و سایر

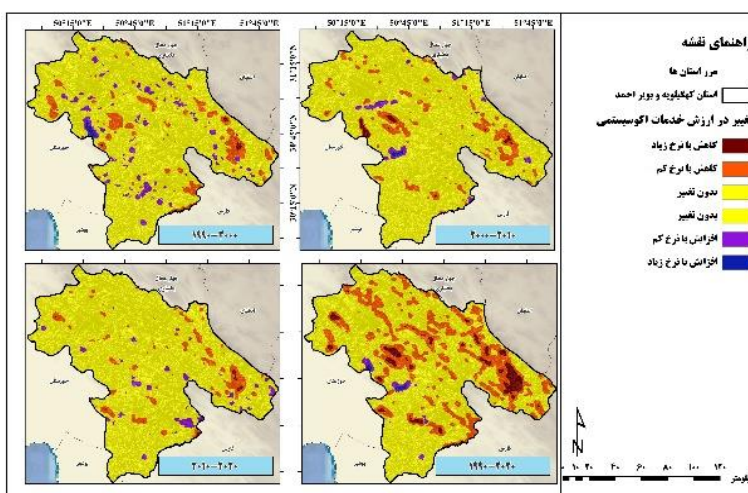
<sup>۵</sup> هزارمیلیارد تومان

جدول ۴- ارزش خدمات اکوسیستمی طبقات کاربری اراضی (میلیون ریال) در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

نوع روند	دوره مطالعاتی				طبقات کاربری اراضی
	۲۰۲۰	۲۰۱۰	۲۰۰۰	۱۹۹۰	
افزایشی/کاهشی	۶,۴۶۲,۴۲۸	۸,۷۲۶,۹۵۸	۹,۰۲۹,۸۶۸	۷,۱۸۲,۴۱۵	منابع آب
افزایشی/کاهشی	۳۸,۸۸۲,۶۱۸	۴۷,۸۶۰,۱۱۸	۶۳,۱۸۴,۳۲۳	۴۴,۰۵۰,۱۷۲	دیم
افزایشی	۳۰,۵۵۴,۸۸۶	۲۴,۱۲۸,۴۱۷	۱۲,۲۱۶,۵۷۶	۱۰,۶۶۴,۸۶۸	اراضی زراعی
کاهشی	۸۵۲,۱۱۳,۷۹۰	۸۷۰,۴۶۲,۸۸۶	۸۹۹,۶۰۷,۴۹۸	۹۴۱,۸۱۶,۳۵۴	جنگل
افزایشی	۳,۵۳۷,۰۴۳	۲,۲۷۷,۳۹۴	۱,۴۶۳,۲۵۲	۸۹۶,۳۳۴	مناطق انسان ساخت
افزایشی	۵۵۳,۴۶۹,۱۷۰	۵۴۴,۳۲۹,۰۱۵	۵۲۷,۰۳۷,۰۲۷	۵۲۱,۲۶۵,۵۹۴	مرتع
کاهشی	۱,۴۸۵,۰۱۹,۹۳۵	۱,۴۹۷,۷۸۴,۷۸۹	۱,۵۱۲,۵۳۸,۵۴۴	۱,۵۲۵,۸۷۵,۷۳۷	جمع کل (میلیون ریال)



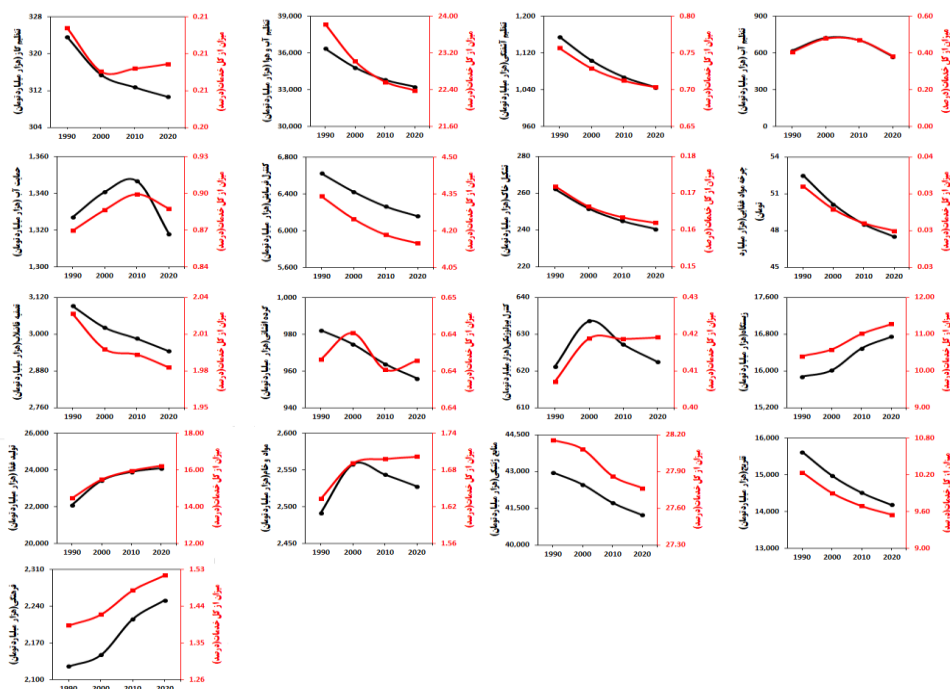
شکل ۵- توزیع مکانی و زمانی خدمات اکوسیستم از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰



شکل ۶- تغییرات پویایی خدمات اکوسیستم در مقیاس شبکه

افزایشی از ۲۲ همت در سال ۱۹۹۰ به ۲۴ همت در سال ۲۰۲۰ رسیده است. خدمات کنترل فرسایش به‌طور کلی از ۶/۶ همت به ۶/۱ همت در طی ۳۰ سال کاهش یافت. خدمات تنظیم آب‌وهوا و منابع ژنتیکی ویژگی‌های کاهشی

آشفتگی، تنظیم آب، تشکیل خاک، چرخه مواد غذایی، تولید غذا و تفریح بود که وابستگی کمی (بین ۱۵- و ۱۵+) را به ارزش کل نشان می‌دادند. همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود اولین خدمت اکوسیستمی تولید غذا است که روند



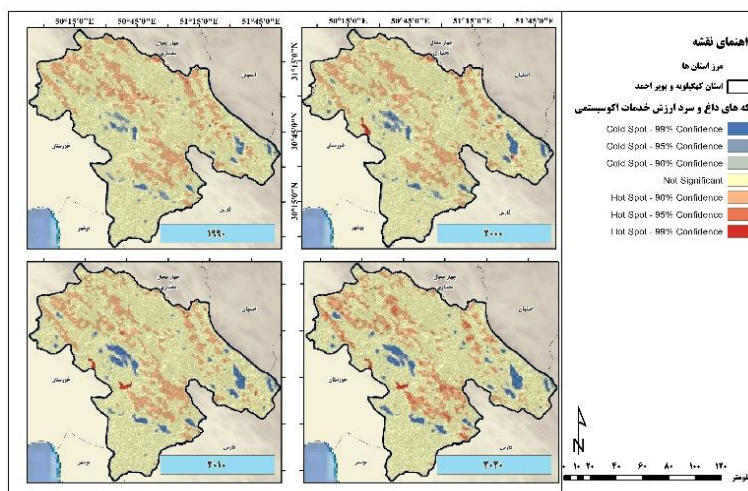
شکل ۷- ارزش و نسبت هر یک از خدمات اکوسیستم در منطقه مورد مطالعه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

جدول ۵- درصد تغییرات در ارزش برآوردی خدمات اکوسیستم و ضرایب حساسیت (SI) ناشی از تعدیل  $\pm 50\%$  درصدی ضرایب ارزش گذاری خدمات اکوسیستم

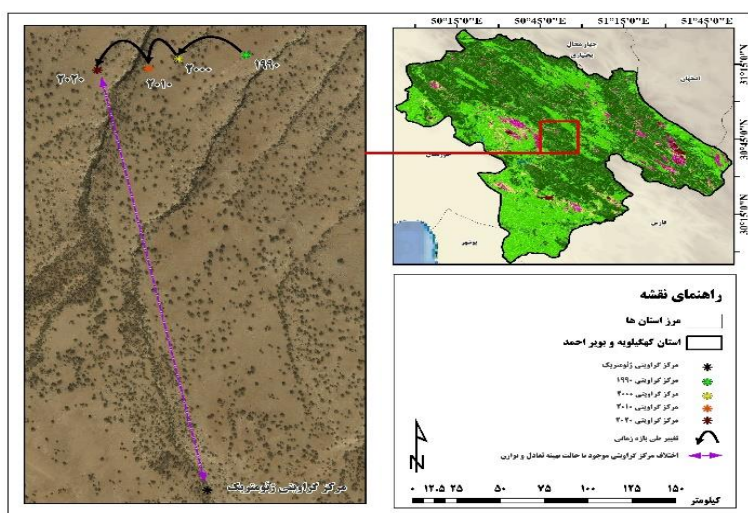
تغییر در ضرایب حساسیت در طبقات کاربری اراضی		۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۲۰
منابع آب	۰/۲۴	۰	۰/۳۰	۰/۰۱	۰/۲۹
دیم	۱/۴۴	۰/۰۳	۲/۰۹	۰/۰۴	۱/۶۰
اراضی زراعی	۰/۳۵	۰/۰۱	۰/۴۰	۰/۰۱	۰/۸۱
جنگل	۳۰/۸۶	۰/۶۲	۲۹/۷۴	۰/۵۹	۲۹/۰۶
مناطق انسان ساخت	۰/۰۳	۰	۰/۰۵	۰	۰/۰۸
مرتع	۱۷/۰۸	۰/۳۴	۱۷/۴۲	۰/۳۵	۱۸/۱۷

مطالعه مناسب بوده است. در مجموع، تجزیه و تحلیل حساسیت نشان داد که نتایج در حساسیت‌های مورد بررسی (جدول ۵) به جز طبقه مرتع و جنگل (جمعاً بیش از ۹۰ درصد منطقه را پوشش می‌دهند) کمتر از ۰/۱ بودند، به این معنی که ارزش کل خدمات اکوسیستمی به تغییر ارزش عملکردهای خدمات اکوسیستم حساس نیست. بنابراین مقادیر ارزش‌های برآورد شده عملکردهای خدمات اکوسیستم مناسب بوده و نتایج با وجود عدم قطعیت در

بسیار مشابهی داشتند اما شدت کاهش آن نسبت به سایر خدمات بیشتر بوده است و ارزش آن‌ها به ترتیب از ۳۶/۴ همت در سال ۱۹۹۰ به ۳۳/۲ همت در سال ۲۰۲۰ و ۴۳ همت در سال به ۴۱/۲ همت کاهش یافت. با استفاده از رابطه ۵، درصد تغییر در کل ارزش خدمات اکوسیستمی برآورد شده و ضریب حساسیت مربوط (SI) ناشی از تعدیل ۵۰ درصدی در مقدار ارزش هر خدمت نشان داد که کل ارزش خدمات اکوسیستمی برآورد شده در این



شکل ۸- الگوی پراکنش لکه‌های داغ و سرد ارزش خدمات اکوسیستمی



شکل ۹- مسیر تغییر مراکز گراویتی و فاصله باحالت تعادل و توازن

ارزش، معتبر هستند. تحلیل تعادل و توازن فضایی ارزش خدمات اکوسیستمی: شکل ۸ نتایج به‌دست‌آمده از آمارهای Getis Ord-Gi در شناسایی لکه‌های داغ (پهنه‌های کلیدی) و لکه‌های سرد را در سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد نشان می‌دهد. مطابق این نقشه لکه‌های سرد شامل ۱۹۷۴۰۰ هکتار با سطح اطمینان بیش از ۹۰ درصد سطح در سال ۱۹۹۰ و در ۲۸۸۹۰۰ هکتار از منطقه با سطح اطمینان بیش از ۹۰ درصد در سال ۲۰۲۰ برآورد شد. همان‌گونه که شکل ۹ نشان می‌دهد در سال ۱۹۹۰، ۱/۶ درصد از منطقه را

لکه‌های سرد با سطح اطمینان بیش از ۹۹ درصد تشکیل می‌داد که این میزان به ۰/۷۵ درصد در سال ۲۰۲۰ افزایش پیدا کرده است. بیشترین میزان لکه‌های داغ را مناطق جنگلی در شمال استان و نیز غرب آن و بیشترین مناطق یکپارچه لکه‌های سرد در اطراف شهرهای بزرگ واقع شده است. بر اساس نتایج شکل و جدول ۴ کاربری و پوشش اراضی استان کهگیلویه و بویراحمد در طول زمان تغییر کرده است که به نوبه خود به توزیع نامتعادل کیفیت محیط زیست اکولوژیک<sup>۶</sup> و تغییر مرکز گراویتی در مقیاس فضایی منجر شده است. شکل ۹ حرکت مراکز گراویتی ارزش اقتصادی

<sup>۶</sup>Ecological Environment Quality

اراضی طبیعی بوده است در حالی که اراضی کشاورزی بیشترین عامل تخریب اراضی جنگلی می باشد که این نتیجه با مطالعات Farzin و Khazaei (۲۰۲۰) همخوانی دارد. تغییر عمده کاربری اراضی در ۳۰ سال گذشته از زمان اتخاذ سیاست خودکفایی و توسعه روستاها رخ داده است. یکی از نشانه هایی که نماد دوره توسعه سریع اقتصادی بین سال های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ است، تبدیل کاربری اراضی طبیعی و دیم به اراضی آبی است. که این مهم از طریق ترویج کشاورزی بوده که در نتیجه این روندها ارزش کلی خدمات اکوسیستم در طول زمان به طور قابل توجهی کاهش یافته است. همان طور که Keshtkar و همکاران (۲۰۲۱)، اشاره می کنند این تغییرات به ویژه در ۱۰ تا ۲۰ سال گذشته به دنبال توسعه سریع اقتصادی و کشاورزی و افزایش سدها در منطقه شدت یافته است. استان کهگیلویه و بویراحمد در سال ۱۹۹۰، از ۸۵۶ هزار هکتار اراضی جنگلی برخوردار بوده است که بیش از ۵۵ درصد از استان را پوشش می داد. در طول بازه ۳۰ ساله اراضی جنگلی به زیر ۵۰ درصد رسیده همچنین منابع آب که بیشتر آن دریاچه های طبیعی و رودخانه ها را شامل می شد حتی با احداث ۳ سد بزرگ، به کمترین میزان خود یعنی ۱۶/۰ درصد رسیده است. نتایج این پژوهش با مطالعات قبلی (Salamatnia et al., 2020; Keshtkar et al., 2021; Farzin and Khazaei, 2021) که بیان داشتند که در بازه ۳۰ ساله در ناحیه رویشی زاگرس اکوسیستم های نیمه طبیعی و مصنوعی افزایش و اکوسیستم های جنگلی و آبی کاهش محسوسی داشته و در نهایت اکوسیستم این منطقه با دخالت های انسانی و اکوسیستم های نیمه طبیعی به سمت ناپایداری و تکه تکه شدگی سوق پیدا می کند، مطابقت دارند. از سوی دیگر تخریب این منابع زیستی به علت تهدیدها و فشارهای فزاینده از سوی جمعیت در حال رشد و اقتصاد به سرعت در حال توسعه ناشی می شود (Negahban, 2021; Mahiny and Clarke, 2012). این تغییر در توزیع و کمیت ارزش های خدمات اکوسیستمی با همکنش مداخلات طبیعی و اثر همبستگی پیدا کرده است؛ همان طور که در شکل

خدمات اکوسیستم را نشان می دهد که فاصله واقعی بین مرکز گراویتی در بازه زمانی ۳۰ ساله ۴۳۰ متر که بیشترین میزان آن از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ بوده است. حرکت مراکز گراویتی خدمات اکوسیستمی در منطقه مورد مطالعه از شرق به غرب بوده است که نشان داد کیفیت محیط زیست در یک محور جنوب-غربی بهتر شد. تغییر ارزش خدمات اکوسیستمی کل در طول دوره ۲۰۲۰-۱۹۹۰ منجر به جدایی فضایی بیشتر مرکز گراویتی و مرکز ژئومتریک شده است. این نتیجه نشان می دهد که توزیع فضایی ارزش خدمات اکوسیستمی برای منطقه مورد مطالعه یکسان نیست و عدم توازن را می توان به وضوح مشاهده کرد. ارزش های خدمات اکوسیستم در شمال استان بیشتر از بخش جنوب آن است که نتیجه آن این است که جمعیت شمال از مزایای خدمات اکوسیستمی بیشتری نسبت به جمعیت جنوب بهره مند بوده اند. این امر نشان می دهد که توزیع فضایی ارزش خدمات اکوسیستمی در طول دوره مطالعاتی ۳۰ ساله نامتعالی تر و نامتوازن تر شده است.

### بحث و نتیجه گیری

همان طور که با افزایش مداوم اراضی شهری و کشاورزی مشهود است، رشد جمعیت و فعالیت های اقتصادی کاربری اراضی در استان کهگیلویه و بویراحمد را به طور چشمگیری تغییر داده است (Ansari et al., 2011; Keshtkar et al., 2021). همچنین به دلیل بی توجهی به حفاظت از محیط زیست، یکجانشینی و توسعه بی رویه شهری و روستایی در این منطقه، مشکلات محیطی بسیاری را ایجاد کرده است (Bazgir et al., 2017; Henareh Khalyani et al., 2013). علاوه بر این موارد، تغییر سریع کاربری و پوشش اراضی و وخیم تر شدن آشفته گی های محلی در کنار تغییر اقلیم نگرانی های اصلی در این استان شده است (Fakher Nasab, 2020). نتایج این پژوهش نشان داد که مناطق انسان ساخت در طول دوره مورد مطالعاتی عمدتاً از تغییر کاربری اراضی کشاورزی ایجاد شده و کمتر مربوط تصرف

۳ نشان داده شده است، مداخلات انسانی در منطقه غالب است (Zandebasiri and Parvin, 2012). مطالعات زیادی با روش‌شناسی‌های مختلف به ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم به صورت کمی و کیفی پرداخته‌اند در حالی که تعداد اندکی به کمی‌سازی ارزش خدمات اکوسیستم در ناحیهٔ رویشی زاگرس می‌پردازند. Bادهیان و همکاران (۲۰۱۷)، ارزش اقتصادی کارکردها و خدمات اکوسیستم جنگل‌های بلوط زاگرس میانی را با استفاده از قیمت‌های بازاری ۳۸۹/۲۹ هزار میلیارد برآورد کردند. Bakhtiari و همکاران (۲۰۰۹)، به ارزش‌گذاری کارکردهای حفظ و نگهداشت عناصر خاک در مقیاس حوزهٔ آبریز جنگل‌های سبزکوه پرداختند. Kamyab and Shabani (۲۰۱۹)، تغییر کاربری اراضی محاسبه و با سناریوسازی کاربری اراضی تأثیرات این تغییر بر ارزش خدمات اکوسیستم را مورد بحث قرار دادند. با این حال این مطالعات صرفاً به بررسی کمی و عددی ارزش‌های خدمات پرداخته‌اند و به‌علت عدم استفاده از نقشه‌سازی و واحدهای فضایی برای تجزیه و تحلیل ارزش‌گذاری تحقیقات مقفول باقی می‌مانده بود. اما Jafarzadeh و همکاران (۲۰۱۹)، به ارزش‌گذاری برخی از خدمات اکوسیستم مراتع زاگرس استان ایلام با روش مستقیم و پیکسل پایه پرداخته‌اند و مجموع ارزش برای هر هکتار از مراتع را ۱۲۱/۴ میلیون ریال (دولار ۴۲۰۰۰ ریال) برآورد کرده‌اند که پژوهش حاضر نیز ارزش هر هکتار از مراتع ۸۵۲/۲۱ میلیون ریال (دولار ۲۴۰۰۰۰ ریال) برآورد گردید است که با توجه به قیمت دلار ارزش‌های همخوان هستند. همچنین بیشترین سهم ارزش خدمات در این پژوهش به عملکردهای تنظیم اقلیم و ژنتیک و سپس تولید ماد غذایی بوده که در پژوهش Jafarzadeh و همکاران (۲۰۱۹)، به ارزش‌های تولید آب و ترسیب کربن و سپس حفاظت خاک و در نهایت تولید علوفه نسبت داده شده است که در این خصوص علت این اختلاف را می‌توان ناشی از محاسبهٔ تک خدمت برای هر عملکرد دانست و ارزش‌های جامع در مطالعات آن‌ها محاسبه نشده است.

در راستای سنجش اعتبار ارزش‌گذاری از روش تحلیل حساسیت استفاده شد (Li et al., 2017). که در این خصوص ضریب حساسیت در تمام موارد کمتر از یک بوده است که گواه بر انعطاف‌پذیری و پایین بودن عدم قطعیت در ارزش‌گذاری و بالا بودن ضریب اطمینان آن است. نتایج این پژوهش با مطالعات Kamyab و Shabani (۲۰۱۹)، که بیان می‌کنند؛ بالاتر بودن ضرایب برخی خدمات اکوسیستم به دلیل وسعت بیشتر آن اکوسیستم بوده و بیشترین خدمات اکوسیستمی را در منطقه عرضه می‌کنند مطابقت دارد به نحوی که کاهش در وسعت این مناطق باعث از دست رفتن بخشی از خدمات اکوسیستم در سیمای سرزمین می‌گردد. از سوی دیگر به‌منظور سنجش توازن و تعادل ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستمی پس از تجمیع و تلفیق نقشه‌های هر عملکرد از آمارهای Getis Ord-Gi و گراویتی استفاده شد. نتایج توزیع لکه‌های داغ و سرد نشان دهندهٔ این است که سطح کمی از استان را لکه‌های داغ با سطح اطمینان ۹۹ درصد در بر می‌گیرد که بیشتر آن متمرکز بر مناطق با لکه‌های یکپارچه و پایدارتر جنگلی هستند. آنگونه که Abdollahi و همکاران (۲۰۲۰)، اشاره می‌کنند با بکارگیری آماره Getis Ord و خوشه‌بندی مکانی و پایش لکه‌های داغ می‌تواند عوامل اثرگذار بر توازن ارزش خدمات را به خوبی شناسایی کرد که اولویت برنامه‌ریزی سرزمین و مدیریت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. Asadolahi (۲۰۱۸)، نیز با بررسی نواحی مهم عرضه خدمات چندگانه بوم‌سازگان بیان می‌کنند لکه‌های داغ رابطهٔ مستقیمی را بر اساس معادلهٔ رگرسیونی با پوشش‌های جنگلی دارند. در این پژوهش نیز با پایش تغییرات لکه‌های داغ ارزش اقتصادی خدمات مشاهده می‌شود که توزیع لکه‌های داغ با سطح اطمینان بالا (۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد) کاهش چشم‌گیری را با تخریب و تکه‌تکه شدن جنگل‌ها داشته به نحوی که حضور آن‌ها از مناطق شمالی و شمال غربی کاسته شده و به مرکز استان منتقل شده است. Salamatnia و همکاران (۲۰۲۰)، بیان می‌کنند که خدمات اکوسیستمی با افزایش و توسعهٔ

ناپایداری را بر این استان تحمیل می‌کند. ادامه چنين روندی موجب جایابی مرکز ثقل ارزش خدمات اکوسیستمی به سمت جنوب استان و کاهش ارزش کلی خدمات اکوسیستمی خواهد شد. با در نظر گرفتن ارتباط میان تغییرات کاربری و پوشش اراضی و ارزش خدمات اکوسیستمی می‌توان نتیجه گرفت که برای ایجاد تعادل و توازن خدمات اکوسیستمی باید ۸۷۶۳۰۶/۶ میلیون تومان به ارزش کل منطقه با تأکید بر جنوب شرقی استان اضافه گردد. طبق یافته‌های این پژوهش پیشنهاد می‌شود که تصمیم‌گیران، در برخورد با مسائل بوم‌شناسی از رویکردی علمی برای حل و فصل تعارضات میان توسعه اقتصادی و پیامدهای محیط زیستی آن استفاده کنند. این رویکرد می‌تواند از طریق برآورد خسارات ناشی از توسعه بر خدمات اکوسیستمی حاصل شود. در انتها پیشنهاد می‌شود برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت از سند ملی آمایش سرزمین که حفاظت توأمان محیط‌زیست و توسعه را در بر می‌گیرد، تبعیت کنند. همچنین برای مطالعات آتی از روش‌های آینده‌پژوهی برای سنجش، پیشگیری و کاهش اثرات احتمالی توسعه استفاده شود.

### تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر تحت حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور با شماره ۹۹۰۲۲۶۱۴ انجام‌گرفته است. نویسندگان برخورد لازم می‌دانند مراتب تقدیر و تشکر خود را در این زمینه ابراز نمایند. این مقاله برگرفته از رساله دکتری تحت عنوان " بکارگیری رهیافت همبست خدمات اکوسیستمی در برنامه‌ریزی فضایی راهبردی در مقیاس ملی " دانشگاه شهید بهشتی می‌باشد.

شهرها به‌خصوص یاسوج و دهدشت از نظر کمی و کیفی کاهش یافته که نتایج تحلیل آماره Getis Ord نیز گواه بر افزایش لکه سرد در این مناطق می‌باشد. Xu و همکاران (۲۰۱۷)، اشاره می‌کند که با پایش داده‌های مکانی باید بر مبنای شاخص‌های فضایی قرار گیرد تا بدین صورت بتواند به‌عنوان پشتیبان تصمیم‌گیری باشد در این خصوص این پژوهش نشان داد که ناهمگونی فضایی و تغییرات در ارزش خدمات اکوسیستم را می‌توان به‌وضوح با استفاده از ارزش خدمات اکوسیستمی و شاخص‌های تحلیل فضایی به تصویر کشید. این مهم یک ویژگی مطلوب برای پایش فضایی سریع و بزرگ‌مقیاس را برای تصمیم‌گیرندگان ایجاد می‌کند، که بدین‌صورت می‌توان توازن و تعادل‌ها را شناسایی کرد. با توجه به اینکه مرکز گراویتی با تغییر کیفیت محیط زیست اکولوژیک حرکت می‌کند با حرکت مرکز گراویتی، می‌توان روندهای فضایی کیفیت محیط زیست اکولوژیک را درک کرد (Tolessa et al., 2017). شاخص توازن و تعادل ارزش خدمات اکوسیستم، علاوه بر تمایز عدم تعادل‌های فضایی در ارزش‌های خدمات اکوسیستم توصیف مکانی دقیق‌تر ارزش خدمات را نیز ممکن می‌سازد (He et al., 2010). Wu و همکاران (۲۰۱۶)، بیان می‌کند که با تحلیل فضایی تغییرات مراکز گراویتی در طول زمان می‌توان کیفیت امنیت اکولوژیک و ارزش خدمات اکوسیستمی را مشخص کرد که در پژوهش حاضر نیز این نتیجه حاصل شده که کیفیت و ارزش اقتصادی خدمات از شرق به غرب بهتر شده‌است. علی‌رغم تلاش مسئولان طی سال‌های اخیر به‌منظور حفاظت از تنوع زیستی در استان کهگیلویه و بویراحمد، نیاز به توسعه با افزایش جمعیت همچنان فشارهای اکولوژیک

### References

Abdollahi, S., Ildoromi, A., Salmanmahini, A., Fakheran, S., 2020. Determination of homogenous areas for ecosystem services supply in the central part of Isfahan province. Journal of RS and GIS for Natural Resources 11(1), 29-47. (In Persian)

Akubia, J.E., Bruns, A., 2019. Unravelling the frontiers of urban growth: spatio-temporal dynamics of land-use change and urban expansion in greater Accra metropolitan area, Ghana. Land 8(9), 131.

Alavi Panah, S.K., 2003. Application of remote sensing in earth sciences (soil sciences).



- First Edition. Institute of Publications and Printing, University of Tehran. 393 p. (In Persian)
- Ansari, Y., Hosseini-Yekani, S.A., Mahdavinia, S.M., 2011. Analysis of financial markets and investment development strategies in agricultural sector of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province of Iran. *Indian Journal of Science and Technology* 4(8), 986-989.
- Asadolahi, Z., Salmanmahiny, A., Mirkarimi, S.H., Azimi, M., 2018. Identifying Supply Hotspots of Multiple Ecosystem Services (Case study: East of Gorgan-rud Watershed). *Journal of Environmental Science and Technology* (1), 24-18. (In Persian)
- Badehian, Z., Mansouri, M., Sanjabi, H., 2017. Economic valuation of some of the most important functions and services of Quercus forests in the central Zagros (Case study: Lorestan province). *Journal of Environmental Science and Technology* 19(5), 353-363. (In Persian)
- Bakhtiari, F., Panahi, M., Karami, M., Ghodusi, J., Mashayekhi, Z., Pourzadi, M., 2009. Economic valuation of soil nutrients retention function of Sabzkouh forests. *Iranian Journal of Forest* 1(1), 69-81. (In Persian)
- Balmford, A., Bruner, A., Cooper, P., Costanza, R., Farber, S., Green, R. E., Turner, R.K., 2002. Economic reasons for conserving wild nature. *Science* 297(5583), 950-953.
- Barmaki, A., 2014. Pathology of development programs after the Islamic Revolution. Presidential Institution, Deputy for Strategic Planning and Supervision. 86 p. (In Persian)
- Bateman, I. J., Brainard, J. S., Lovett, A., 1995. Modelling woodland recreation demand using geographical information systems: a benefit transfer study. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment.
- Bazgir, A., Namiranian, M.A., Hemmat, M., 2017. Elaboration wood uses by Zagros Mountains forest dwellers in Kakasharaf rural district of Khorramabad county. *Forest and Wood Products* 70(3), 371-380. (In Persian)
- Beygi Heidarlou, H., Banj Shafiei, A., Erfanian, M., Tayyebi, A., Alijanpour, A., 2021. Land cover changes in Northern Zagros forests (Nw Iran) before and during implementation of energy policies. *Journal of Sustainable Forestry* 40(3), 234-248. (In Persian)
- Bockstael, N.E., 1996. Modeling economics and ecology: the importance of a spatial perspective. *American Journal of Agricultural Economics* 78(5), 1168-1180.
- Boyd, J., Banzhaf, S., 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63(2), 616-626.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Van Den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387(6630), 253-260.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S. and Turner, R.K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152-158.
- Cui, X., Liu, C., Shan, L., Lin, J., Zhang, J., Jiang, Y., Zhang, G., 2021. Spatial-Temporal responses of ecosystem services to land use transformation driven by rapid urbanization: A case study of Hubei Province, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(1), 178.
- Daily, G. C., Söderqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Ehrlich, P.R., Walker, B., 2000. The value of nature and the nature of value. *Science* 289(5478), 395-396.
- Fakher Nasab, A., Alijani, B., Asadian, F., 2020. Detection of air temperature and precipitation changes in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces under climate change conditions using MIROC5 model. *Natural Geography* 50 (13), 15-35. (In Persian)
- Farzin, M., Khazaei, M., 2021. Monitoring, forecasting and analyzing the trend of 40 years of land cover/land use change around Yasuoj city. *Iranian Journal of Forest* 12(4), 525-539. (In Persian)
- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K. and Helkowski, J.H. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309(5734), pp.570-574.
- Ghaderi, M.R., Taghvaei, M., Shafaghi, S., 2017. An analysis of management of

- regional development in Iran. *International Review* (1-2), 36-44. (In Persian)
- Griffith, D.A., Fischer, M.M., 2016. Constrained variants of the gravity model and spatial dependence: model specification and estimation issues. In *Spatial Econometric Interaction Modelling* (pp. 37-66). Springer, Cham.
- Harirforoush, H., Bellalite, L., 2019. A new integrated GIS-based analysis to detect hotspots: a case study of the city of Sherbrooke. *Accident Analysis & Prevention* 130, 62-74.
- He, Y., Chen, Y., Tang, H., Yao, Y., Yang, P., Chen, Z., 2011. Exploring spatial change and gravity center movement for ecosystem services value using a spatially explicit ecosystem services value index and gravity model. *Environmental Monitoring and Assessment* 175(1), 563-571
- Henareh Khalyani, A., Mayer, A. L., Falkowski, M.J., Muralidharan, D., 2013. Deforestation and landscape structure changes related to socioeconomic dynamics and climate change in Zagros forests. *Journal of land Use Science* 8(3), 321-340.
- Hu, M., Li, Z., Yuan, M., Fan, C., Xia, B., 2019. Spatial differentiation of ecological security and differentiated management of ecological conservation in the Pearl River Delta, China. *Ecological Indicators* 104, 439-448.
- Huang, L., Ni, L., 2008. Object-oriented classification of high-resolution satellite image for better accuracy. *Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*. pp: 25-27.
- Jafarzadeh, A.A., Mahdavi, A., Shamsi, S.R.F., Yousefpour, R., 2019. Economic values of some services of Zagros rangelands ecosystem in Ilam province. *Rangeland* 13(3), 436-449. (In Persian)
- Kamyab, H., Shabani, N., 2019. The impact of land use/land cover change on ecosystem services in Golestan province. *Environmental Sciences* 17(2), 43-56. (In Persian)
- Karami, A., Fegghi, J., 2012. Controlling and comparison of North and South Zagros land use using landscape ecology approach (Case study: Provinces of Kurdistan and Kohgiluyeh and Boyer Ahmad). *Town and Country Planning* 4(6), 5-34. (In Persian)
- Keshtkar, M., Barghjelveh, S., Mobarghei Dinan, N., 2021. The Structural Detection of Spatial-Temporal Changes in Zagros Biome of Iran Using Landscape Ecology Principles. *Environmental Researches* 12(23), 67-80. (In Persian)
- Keshtkar, M., Sayahnia, R., 2021. Monitoring the Ecological Security of Esfahan with an Ecosystem Service Approach. *Geography and Environmental Sustainability* 10(4), 91-107. (In Persian)
- Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Provincial Management and Planning Organization, 2017. *Statistical Yearbook of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Provinces*. 112 p. (In Persian)
- Kreuter, U.P., Harris, H.G., Matlock, M.D., Lacey, R.E., 2001. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas. *Ecological Economics* 39(3), 333-346.
- Krutilla, J. V., & Fisher, A. C. 1975. *Economics of Natural Environment*.
- Li, Y., Zhang, L., Yan, J., Wang, P., Hu, N., Cheng, W., Fu, B., 2017. Mapping the hotspots and coldspots of ecosystem services in conservation priority setting. *Journal of Geographical Sciences* 27(6), 681-696.
- Liu, Y., Li, J., Zhang, H., 2012. An ecosystem service valuation of land use change in Taiyuan City, China. *Ecological Modelling* 225, 127-132.
- Mahiny, A. S., Clarke, K., 2012. Guiding SLEUTH land-use/land-cover change modeling using multicriteria evaluation: towards dynamic sustainable land-use planning. *Environment and Planning B: Planning and Design* 39(5), 925-944.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: scenarios: findings of the Scenarios Working Group* (Vol. 2). Island Press.
- Mishra, U., Lal, R., Slater, B., Calhoun, F., Liu, D., Van Meirvenne, M., 2009. Predicting soil organic carbon stock using profile depth distribution functions and ordinary kriging. *Soil Science Society of America Journal* 73(2), 614-621.
- Mobarghei dinan, N., 1387. *Preparation and application of the special valuation pattern of forest ecosystem services using GIS* (Case Study: Noshahr- Kheiroudkenar), Environmental planning Dissertation, Environmental Faculty, University of

- Tehran, 321 p. (In Persian).
- National Cartographic of Iran. 2018. Atlas of Map and Spatial Studies of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Provinces, 24 p. (In Persian)
- Negahban, S., 2021. Active tectonics evaluation from morphometric indices for the Dinevar Basin in northern Zagros, western Iran. *Physical Geography Research Quarterly* 53(2), 287-304.
- Nelson, G.C., Bennett, E., Berhe, A.A., Cassman, K., DeFries, R.S., Dietz, T., Dobermann, A., Dobson, A., Janetos, A., Levy, M.A. Marco, D., 2006. Anthropogenic drivers of ecosystem change: an overview. *Ecology and Society* 11(2).
- Omenn, G.S., 2006. Grand challenges and great opportunities in science, technology, and public policy. *Science* 314(5806), 1696-1704.
- Pielke, R.A., Pitman, A., Niyogi, D., Mahmood, R., McAlpine, C., Hossain, F., Goldewijk, K.K., Nair, U., Betts, R., Fall, S., Reichstein, M., 2011. Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 2(6), 828-850.
- Primmer, E., Furman, E., 2012. Operationalising ecosystem service approaches for governance: do measuring, mapping and valuing integrate sector-specific knowledge systems?. *Ecosystem Services* 1(1), 85-92.
- Sajjadi Ghaemmaghami, S.A., Sayahnia, R., Mobarghei Dinan, N., Makhdoum Farkhondeh, M., 2021. Evaluating the implications of urban growth on carbon fixation ecosystem services (Case study: Karaj Subcatchments). *Journal of RS and GIS for Natural Resources* 12(1), 20-37. (In Persian)
- Salamatnia, A., Jozi, S., Malmasi, S., Nezakati, R., Zaeimdar, M., 2020. Investigating Capability and Evaluation of Spatial Temporal Variations in Yasuj in Urban Development. *Journal of Environmental Science and Technology* 22(9), 153-165. (In Persian)
- Schägner, J.P., Brander, L., Maes, J., Hartje, V., 2013. Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects. *Ecosystem Services*, 4, 33-46.
- Tolessa, T., Senbeta, F., Kidane, M., 2017. The impact of land use/land cover change on ecosystem services in the central highlands of Ethiopia. *Ecosystem Services* 23, 47-54.
- Wang, Z., Wang, Z., Zhang, B., Lu, C., Ren, C., 2015. Impact of land use/land cover changes on ecosystem services in the Nenjiang River Basin, Northeast China. *Ecological Processes* 4(1), 1-12.
- Xie, G.D., Lu, C.X., Leng, Y.F., Zheng, D.U., Li, S., 2003. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau. *Journal of natural resources*, 18(2), 189-196.
- Xu, C., Pu, L., Zhu, M., Li, J., Chen, X., Wang, X., Xie, X., 2016. Ecological security and ecosystem services in response to land use change in the coastal area of Jiangsu, China. *Sustainability* 8(8), 816.
- Yirsaw, E., Wu, W., Temesgen, H., Bekele, B., 2016. Effect of temporal land use/land cover changes on ecosystem services value in coastal area of China: The case of Su-Xi-Chang region. *Applied Ecology and Environmental Research* 14(3), 409-422.
- Yuhai, W.X.B., 1999. Study on the methods of land use dynamic change research [J]. *Progress in Geography*, 1.
- Zandebasiri, M., & Parvin, T. 2012. Investigation on importance of near east process's criteria and indicators on sustainable management of Zagross forests (Case study: Tange Solak water catchment, Kohgiloye and Boyer Ahmad province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* 20(2), 216-204. (In Persian)

## Regional balance and equivalence assessment using ecosystem services value and spatial monitoring of gravity centers

Mostafa Keshtkar<sup>1</sup>, Naghmeh Mobarghei Dinan<sup>\*2</sup>, Romina Sayahnia<sup>2</sup>, Zahra Asadolahi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Sciences and Engineering, Environmental Science Research Institute, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran.

<sup>2</sup>Department of Planning and Designing the Environment, Environmental Science Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

<sup>3</sup>Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Lorestan, Iran

\*Corresponding author: [n\\_mobarghei@yahoo.com](mailto:n_mobarghei@yahoo.com)

### Abstract

During the last few decades, Land management decisions and consequently the land use\cover change in the Zagros biomes affected the ecosystem services value and their spatial distribution. The purpose of this study was to determine how land decisions affect spatial indicators of balance and equivalency of ecosystem services values during a period of 30 years (1990-2020) in Kohgiluyeh-Boboyrahmad province. Initially, LULC was extracted from Landsat and Sentinel satellite images using an object-oriented processing method. In addition, the benefits transfer method was applied to estimate ecosystem services' economic value, and the sensitivity indicator analysis process was applied to measure their uncertainty. Ultimately, by developing a gravity index and performing spatial statistical analyses in a 1km fishnet, we monitored the spatial balance and equivalence of ecosystem service value. The results show that the change in the ecosystem services value was mainly due to the intensity of unbridled man-made land (9.8%) and agriculture (6.3%) during the study period. The findings also show that the total value of ecosystem services has decreased by 3% over 30-years (152.6 Thousand Billion Tomans in 1990 to 148.5 Thousand Billion Tomans in 2020). As the sensitivity index is low, the modeling is reliable, accurate, and flexible with low uncertainty. Spatial analysis of hot spots shows a 2% decrease in areas with high potential for ecosystem services. On the other hand, the changes in the gravity centers the ecosystem service values in the period under study are substantial, as the center of gravity has moved 400 meters to the southwest over 30 years. Because of severe human intervention, the total ecosystem services value had been nonequalvalnce, resulting in 1.4 Thousand Billion Tomans in losses. Estimates in the research show restoration of oak forests in the southern and eastern regions of the province and increasing the value of services by 87 billion tomans can provide the necessary ground for the return of balance to the land.

**Keywords:** Spatial statistics, Spatial decision making, Forest encroachment, Zagros biomes, Land use\cover change