Original Article
Journal of Natural Environment 75 (Special Issue): 257-274 (2023)
Print ISSN: 2008-7764/Online ISSN: 2423-7817
https://jne.ut.ac.ir/

مقاله کامل
نشریه محیط زیست طبیعی
دوره ۷۵، (ویژه نامه): ۲۵۷-۲۷۴ (۱۴۰۱)

ارزیابی عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی منتخب، با استفاده از چارچوب جامع در منطقهٔ ٤ آمایشی ایران

مهرداد کاشف، نغمه مبرقعی‌دینان، حسن اسماعیل‌زاده*

گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲**

چکیده

در دهه‌های اخیر گسستگی شدید بین انسان با محیط زیست، باعث ناپایداری در ارائه خدمات اکوسیستمی شده است. از این‌رو ارائه چارچوب مفهومی مناسب برای بیان رابطهٔ عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی مبتنی بر شبکه‌های اجتماعی–اکولوژیک به‌منظور کمک به پایداری محیطی ضروری است. هدف این مطالعه ارائهٔ چارچوب مفهومی جدید برای عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی مبتنی بر رویکرد اکوسیستمی و تعیین نسبت عرضه و تقاضای جامع خدمات اکوسسیستمی نگهداشت خاک، تولید آب سطحی، تولید غذا و ذخیرهٔ کربن منطقهٔ ۴ آمایش ایران بود. دراین راستا با روش فرا ترکیب، مدل مفهومی جدیدی پیشنهاد و سپس تحلیل فضایی خدمات اکوسیستمی چهارگانه انجام شد. نتایج نشان داد که ناهمگونی فضایی زیادی از بعد عرضه و تقاضای در هر چهار خدمت به‌ویژه خدمات اکوسیستمی تولید آب سطحی و تولید غذا وجود دارد. براساس ارزیابی نسبت عرضه و تقاضای جامع خدمات اکوسیستمی حدود ۸۰ درصد منطقه با کسری خدمات اکوسیستمی مواجه استو فقط ۶ درصد دارای مازاد خدمات است، که عمدتدً در بخشی از زاگرس میانی قرار دارد و دارای بیشترین میزان تولید آب، ذخیرهٔ کربن و کمترین فرسایش خاک است که تضمین‌کنندهٔ بقای اکولوژیک منطقه خواهد بود. در واقع به‌منظور جریان‌سازی رویکرد اکوسیستمی در برنامه‌ریزی فضایی، مشخص نمودن نقاط کانونی خدمات اکوسیستمی از طریق تعیین نسبت عرضه و تقاضای جامع، برای اتخاذ تصمیمات مناسب توسط تصمیم‌گیران حائز اهمیت است.

کلید واژگان: عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی، پایداری محیطی، اکوسیستمی ، شبکه اجتماعی–اکولوژیک

*نویسنده مسئول h_esmaeilzadeh@sbu.ac.ir

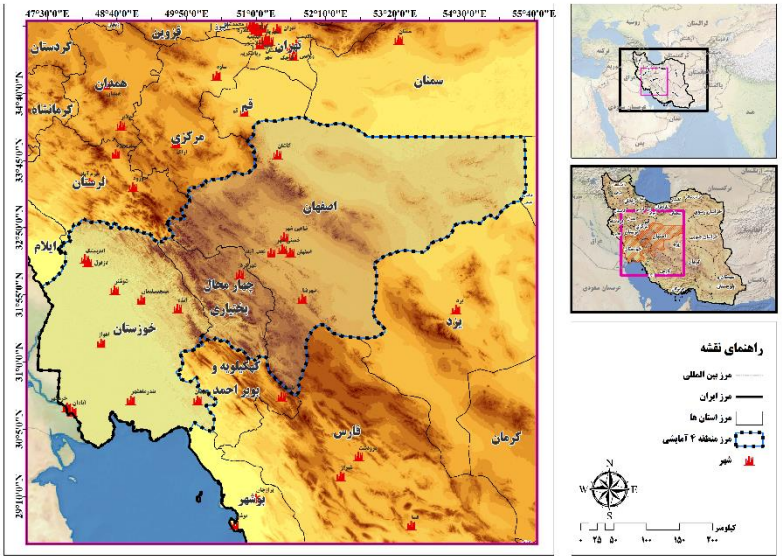
مقدمه

تخریب روز افزون محیط زیست به‌دلیل توسعهٔ بی‌رویهٔ فعالیت‌های انسانی بر حفظ و پایداری خدمات اکوسیستمی سرزمین اثرات نامطلوبی داشته است (Arowolo *et al*., 2018; Almenar *et al*., 2021). یکی از دلایل عمدهٔ این امر الگوی نامطلوب استقرار جمعیت و فعالیت در سرزمین به‌علت کم‌توجهی به ابعاد پایداری در برنامه‌ریزی فضایی است. پایداری محیطی به مفهوم بهره‌برداری درست انسان از طبیعت به‌منظور برقراری توازن بهره‌برداری از سرزمین است (Manderscheid, 2012; Gustafsson et al., 2019). از این‌رو توجه به مدیریت اکوسیستمی در برنامه ریزی‌ها، تحقق توسعهٔ پایدار را امکان‌پذیر می‌نماید. مدیریت اکوسیستمی بر ایجاد روش‌هایی مؤثر در تلفیق خدمات اکوسیستمی و نیازهای انسانی برای رسیدن به تعادل اکولوژیک و بهبود رفاه انسان تمرکز دارد (Fu *et al*., 2020). به‌همین دلیل چارچوب‌های جهانی، لزوم پرداختن به اثرات پدیده‌های انسانی و طبیعت‌محور بر خدمات اکوسیستم (ESs[1]) و رفاه انسان را برجسته نموده‌اند (Maron *et al*., 2017). درواقع استفاده از خدمات اکوسیستم به‌عنوان یک فرصت عالی برای بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری شناخته می‌شود (Geneletti, 2015; Mascarenhas *et al*., 2015). براین اساس، برنامه‌ریزی فضایی و مدیریت زمین جهت دستیابی به توسعهٔ پایدار باید در انطباق با مناطق اصلی (نقاط کانونی) ارائهٔ خدمات اکوسیستم برای حمایت از سرمایه‌های طبیعی باشد (Deng *et al*., 2016; Chen *et al*., 2019). علی‌رغم اینکه پتانسیل رویکرد خدمات اکوسیستم برای حمایت از تصمیمات راهبردی در تهیهٔ اسناد برنامه‌ریزی و سیاستگذاری به سرعت در کارهای علمی افزایش یافته (Cortinovis and Geneletti, 2018) اما تمایل به‌حداکثر رساندن عرضهٔ برخی از خدمات اکوسیستمی با توسعهٔ فعالیت‌های انسانی علاوه برتشدید کسری سایر خدمات، باعث افزایش همکنشی منفی ناخواسته خدمات اکوسیستمی شده است. به‌همین دلیل تمرکز بر ارزیابی انطباق عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی و روابط همکنشی آن‌ها افزایش یافته است. در این زمینه پیشرفت‌های بزرگی در زمینهٔ نقشه‌سازی و کمی‌سازی عرضه و تقاضا خدمات اکوسیستمی در دههٔ گذشته انجام گرفته (Burkhard *et al*., 2012; Wolf *et al*., 2014; Nikodinoska *et al*., 2017) و فرض این است که تقابل عرضه و تقاضا می‌تواند عدم تعادل‌ها و در نتیجه استفادهٔ ناپایدار از منابع طبیعی را نمایان سازد. از مشکلات اصلی ارزیابی عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستم، مشکل تعریف واضح بین عملکردها، خدمات و منافع اکوسیستم‌ها می‌باشد (Haines-Young and Potschin,2010; Burkhard *et al*., 2010; de Groot *et al*., 2010). الگوهای متفاوتی برای ارتباط عرضه و تقاضا خدمات اکوسیستمی تاکنون ارائه شده که هر کدام ابعادی را در این رابطه مد نظر قرار داده‌اند (Geijzendorffer *et al*., 2015; Syrbe and Grunewald, 2017; Boerema *et al*., 2018). Burkhard و همکاران (۲۰۱۲) چارچوب مفهومی ارتباط‌دهندهٔ یکپارچگی اکولوژیک خدمات اکوسیستمی و رفاه بشر را براساس عرضه و تقاضای خدمات ارائه نمودند. براساس تعریف در این چارچوب، عرضهٔ خدمات اکوسیستمی عبارت است از ظرفیت یک منطقهٔ معین برای ارائه گروه مشخصی از کالاها و خدمات اکوسیستمی در دورهٔ زمانی معین است (Burkhard *et al*., 2012). Geijzendorffer و همکاران (۲۰۱۵)، چارچوب تحلیلی متشکل از پنج جزء مرتبط عرضه و تقاضای ES را ارائه دادند که پایه‌های این چارچوب عرضه و تقاضا بر مبنای چارچوب‌های توسعه‌یافته پیشین (Haines-Young and Potschin,2010; Burkhard *et al*., 2010) می‌باشد. براساس این چارچوب ۵ جز اصلی علاقه، تقاضا، تعادل، عرضه مدیریت شده و عرضه بالقوه را شامل می‌شود (Geijzendorffer *et al*.,

[1] Ecosystem services

2015). Boerema و همکاران (۲۰۱۸) یک آبشار ES اصلاح‌شده بر اساس مدل آبشاری (Potschin and Haines-Young, 2011) ارائه نمودند که براساس آن خدمات اکوسیستمی در بین دو سیستم اقتصادی–اجتماعی و سیستم اکولوژیک قرار دارد (Boerema *et al*., 2018). همچنین پژوهش‌های مختلفی نیز در خصوص بهره‌گیری از ارزیابی عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی در مدیریت بهینهٔ سرزمین مانند تعیین مناطق عملکردی اکولوژیک (Fu *et al*., 2020) و یا مدیریت مناطق اکولوژیک با تعیین مناطق ترمیم، بازسازی، اتصال و حفاظت (Chen *et al*., 2019) انجام گرفته است. هرچند مطالعات مدیریت مناطق اکولوژیک براساس عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستم اندک است (de Groot *et al*., 2010; Haase *et al*., 2015; Xu *et al*., 2019) و نیاز به تحقیق بیشتر در این زمینه به‌ویژه در خصوص ارزیابی جامع و تلفیقی وضعیت عرضه وتقاضای وجود دارد (Feng *et al*., 2017; Chen *et al*., 2019; Wang *et al*., 2019). تحقیقات متعددی در ایران درخصوص ارزیابی خدمات اکوسیستمی در ایران انجام شده است. Jafarzadeh و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی میزان آب سطحی تولیدی در منطقهٔ زاگرس را حدود ۲۶۵۰ مترمکعب در هر هکتار در سال برآورد کردند (Jafarzadeh *et al*., 2020). همچنین در تحقیقی که توسط Lahiji و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد میزان کربن ذخیره شده درهر هکتار را به‌طور متوسط ۵ تن درهکتار در مناطق جنگلی شمال ایران اعلام نمود (Lahiji *et al*., 2020). به‌طور کلی تغییرات در پیشران‌هایی از جمله اقلیم و کاربری اراضی می‌تواند در ناهمگونی فضایی خدمات اکوسیستمی مؤثر باشد (Turner *et al*., 2012). از این‌رو پژوهشگران دیگری بر اهمیت شناسایی خدمات اکوسیستم و رابطهٔ آن‌ها با الگوهای کاربری اراضی تأکید داشتند (Nelson *et al*., 2009; He *et al*., 2016). به‌عنوان نمونه Mirghaed و همکاران (۲۰۲۰) تخصیص زمین به کاربری‌های اراضی مختلف را براساس تلفیق عرضهٔ خدمات اکوسیستمی و تعیین تناسب اراضی تعیین نمودند (Mirghaed *et al*., 2020). در حال حاضر، بیشتر تحقیقات بر کمی‌سازی عرضهٔ خدمات اکوسیستمی به‌صورت جداگانه و استفاده از آن در تصمیم گیری‌های مرتبط با مدیریت بهینهٔ سرزمین اشاره دارد. از این‌رو ارائه مدل مفهومی عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی که به ابعاد اجتماعی و اکولوژیک به‌منظور برقراری پیوند انسان و طبیعت تأکید نماید همچنان مورد سوال است و بهره‌گیری از روش‌های ارزیابی تلفیقی براساس عرضه و تقاضای جامع اکوسیستمی جهت شناخت عملکرد اکوسیستم‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد.

تعیین میزان عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی و ارزش‌گذاری آن‌ها و همچنین بکارگیری حسابداری خدمات اکوسیستمی در حساب‌های ملی مورد توجه برخی از کشورها به‌ویژه کشورهای اتحادیه اروپا بوده است (La Notte *et al*., 2017). در ایران نیز در اسناد فرادست به‌ویژه سند ملی آمایش سرزمین بر ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی و لحاظ کردن آن در ارزیابی اقتصادی طرح‌ها و حساب‌های ملی (سیاست ۱۰۱) تأکید شده است. منطقهٔ ۴ آمایش ایران با تنوع اکوسیستمی، اقلیمی و جغرافیایی شامل دریا، کوهستان و کویر و قرار گرفتن دوحوضهٔ آبریز اصلی کارون و زاینده‌رود در آن، عرضهٔ کننده خدمات اکوسیستمی متنوعی در کشور می‌باشد. علی‌رغم این قابلیت‌ها، وجود چالش‌های محیط زیستی به‌ویژه بحران کمبود آب منطقه را در معرض خطراتی از جمله مهاجر فرصتی شدید قرار داده است. سوال اصلی این است که توسعه در این منطقه چگونه باید مبتنی بر رویکرد اکوسیستمی باشد تا پایداری محیطی محقق گردد. در گام اول شناسایی کانون‌های داغ ارائهٔ خدمات اکوسیستمی می‌تواند راهنمای مناسبی برای شناخت پهنه‌های مستعد توسعه باشد. از این‌رو این منطقه با ویژگی خاص به‌عنوان منطقه‌ای برای مطالعهٔ موردی این پژوهش در نظر گرفته شد. بدین‌ترتیب پژوهش حاضر با هدف ارائهٔ چارچوب مفهومی برای عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی و تعیین نسبت عرضه و تقاضای خدمات



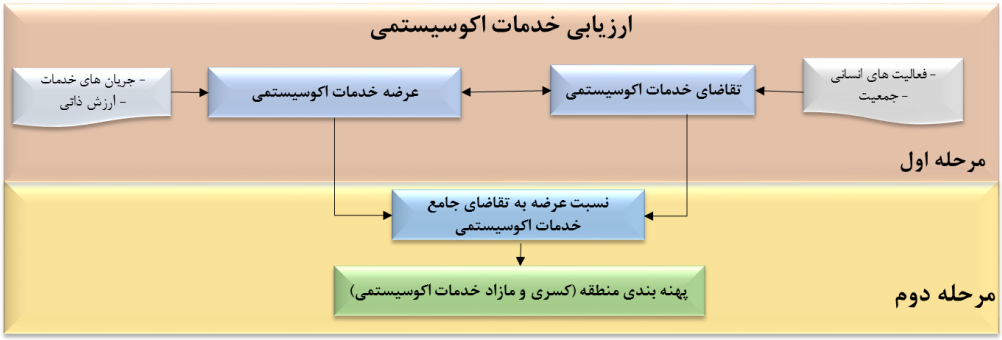
شکل ۱- منطقهٔ مورد مطالعه، منطقهٔ ٤ آمایش ایران

اکوسیستم جامع ذخیرهٔ کربن، نگهداشت خاک، تولید آب سطحی و تولید غذا منطقه به‌دنبال تعیین نقاط کانونی نسبت عرضه به تقاضای خدمات اکوسیستمی برای تعیین ظرفیت برد محیطی است. این امر می‌تواند برای سیاستگذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های آینده درمنطقه مفید باشد به گونه‌ای که حرکت به سمت توسعهٔ فضایی پایدار را که مؤلفه انسانی و مؤلفه طبیعی هم‌راستا در نظر می‌گیرد را تضمین نماید.

مواد و روش ها

منطقهٔ مورد مطالعه: براساس مصوبه شورای‌عالی آمایش سرزمین، ایران به ۹ منطقهٔ آمایشی تقسیم شده است. منطقهٔ ۴ آمایش ایران با مساحت ۱۸۷۴۴۶ کیلومتر مربع مساحت (۱۱/۵ درصد کل کشور) شامل سه استان اصفهان، چهار محال و بختیاری و خوزستان است (شکل ۱). کل جمعیت منطقه در سال ۱۳۹۵حدود ۱۰۷۷۹۱۲۲ نفر (۱۲/۶ درصد کل کشور) و میانگین تولید ناخالص داخلی در این دوره، ۴۵۷۵ هزار میلیارد ریال (۳۱ درصد از کل کشور) بوده است. دو حوضهٔ آبریز اصلی کارون و زاینده‌رود در این منطقه واقع شده‌اند و دارای تنوع اقلیمی، زیستی و فرهنگی بالا با اکوسیستم‌های متنوع جنگل، مرتع، تالاب، کشاورزی و دریایی است (Plan and Budget Organization, 2020). تفاوت ارتفاعی منطقه از صفر در استان خوزستان در حاشیهٔ خلیج فارس تا ۴۲۲۲ متر در استان چهار محال و بختیاری مرتفع‌ترین مکان در ایران می‌باشد. ترکیب پوشش اراضی آن شامل ۳/۶ درصد جنگل، ۵۰ درصد مرتع، ۰/۶۴ درصد سطوح آبی، ۳۱/۳ درصد بایر، ۱۳/۶ درصد زمین‌های کشاورزی و ۰/۸۶ درصد مناطق انسان ساخت است (Evaluation of Land Use/Land Cover Changes in Iran, 2020).

چارچوب پژوهش: هدف اصلی این مطالعه ابتدا بررسی نظام‌مند مطالعات صورت گرفته در خصوص چارچوب مفهومی عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی و ارائه یک چارچوب یکپارچه می‌باشد. در این راستا از روش فراترکیب برای تحلیل نتایج پژوهش‌ها استفاده شد، به‌طوری که پس از اجرای مراحل مختلف این روش در نهایت یک چارچوب مناسب ارائه گردید. فراترکیب در مقایسه با رویکرد فراتحلیل کمی که بر داده‌های کمی ادبیات موضوع و رویکردهای آماری تکیه دارد، متمرکز بر مطالعات کیفی است و به ترجمهٔ مطالعات کیفی به یکدیگر و فهم عمیق پژوهشگر برمی‌گردد (Zimmer, 2006). بررسی با روش‌های ترکیبی می‌توانند رویکرد دانش‌محور (نظریه و عمل) را داشته باشند که در آن به نگرش‌های متفاوت، دیدگاه‌ها، وضعیت‌ها و جایگاه‌ها توجه می‌شود و همیشه نکات مربوط به بررسی‌های کیفی و کمی مورد توجه قرار می‌گیرد (Johnson *et al.*,



شکل ۲- مراحل تعیین نسبت عرضه و تقاضای جامع خدمات اکوسیستمی منطقه

2007). در ادامه نسبت عرضه و تقاضای جامع خدمات اکوسیستمی منطقه طی دو مرحله تعیین شد (شکل ۲).

مرحله اول: کمی سازی عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی: عدم تطابق خدمات اکوسیستمی به‌عنوان تفاوت در کیفیت یا کمیت بین عرضه و تقاضای ES تعریف می‌شود. این تعریف نزدیک به تعریفی است که توسط Villamagnaet استفاده شده است (Villamagna *et al.*, 2013). ظرفیت خدمات اکوسیستمی، توانایی اکوسیستم برای ارائه خدمات بر اساس خصوصیات زیست‌فیزیکی ، شرایط اجتماعی و محیط زیستی است (Daily et al., 2008; van Oudenhoven *et al.*, 2009; Egoh *et al.*, 2011). در این مرحله در دو بخش ابتدا عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی کمی‌سازی شد سپس عدم تطابق‌ها با محاسبهٔ نسبت عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی جامع، تعیین شد. براساس رویکرد این پژوهش که سعی بر تعیین عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستم با دقت نسبتاً بالا دارد، ازمدل‌هایی مانند بسته نرم‌افزار InVEST[۲] (نسخهٔ ۳،۸،۰ و نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیای مانند ARC GIS (نسخهٔ ۱۰،۸) استفاده شد. براساس چالش‌های و فشارهای حاصل از آن بر خدمات اکوسیستمی در منطقه در گام مدل‌سازی و تهیهٔ نقشهٔ خدمات چندگانه اکوسیستم از بسته نرم‌افزاری InVEST3.8 نگهداشت خاک، عملکرد آب، تولید غذا و ذخیرهٔ کربن استفاده شد.

خدمت اکوسیستمی ذخیره کربن

عرضه: اکوسیستم‌ها. با ذخیرهٔ کربن در چوب، زی‌توده و خاک، اکوسیستم‌ها CO_2 را خارج از اتمسفر حفظ می‌کنند. به‌منظور تعیین میزان ذخیرهٔ کربن در نرم‌افزار InVEST3.8.0، ذخیرهٔ کربن خشکی در پنج منبع ذخیره ۱) زی‌تودهٔ روزمینی ۲) زی‌تودهٔ زیرزمینی ۳) خاک ۴) سایر مادهٔ آلی و ۵) تولیدات چوبی برداشت شده[۳] (HWPs) بررسی می‌شود. در مدل ذخیرهٔ کربن، میزان ذخیرهٔ کربن خشکی از رابطهٔ ۱ به‌دست می‌آید (Sharp *et al.*, 2018).

رابطهٔ ۱

$$C_{xt} = C_{pxt} + \sum_{j=1}^{J} A_{xjt}(C_{aj} + C_{bj} + C_{sj} + C_{oj})$$

در این رابطه، Cxt: کربن ذخیره شده در پیکسل مورد بررسی در زمان t است که برابر با مجموع کربن ذخیره شده در منابع ذخیره کربن **C_{sj}** ، **C_{bj}** ، **C_{aj}** و **C_{oj}** است که به‌ترتیب شامل مادهٔ آلی مرده، زی‌تودهٔ روزمینی، زی‌تودهٔ زیرزمینی و خاک به تفکیک کاربری اراضی است، به‌طوری که **J**: نشان‌دهندهٔ انواع کاربری اراضی موجود در منطقهٔ مورد مطالعه است و **A_{xjt}**: مساحت کاربری اراضی در پیکسل x در زمان t است. **C_{pxt}**: ذخیرهٔ کربن در HWPs است. زی‌تودهٔ روزمینی از تمام مواد گیاهی زندهٔ بالای سطح خاک (برگ، شاخه، پوست و تنهٔ درخت) تشکیل می‌شود. زی‌تودهٔ زیرزمینی شامل سیستم‌های ریشهٔ زی‌تودهٔ روزمینی است. ذخیرهٔ کربن در خاک مربوط به کربن آلی خاک[۴] (SOC) است (Sharp *et al.*, 2014).

[2]Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs

[3]Harvested Wood Products
[4]Soil Organic Carbon

تقاضا: تغییر کاربری اراضی به‌واسطه برداشت چوب، پاک‌تراشی زمین برای کشاورزی و آتش‌سوزی مقادیر قابل توجهی از کربن ذخیره شدهٔ خشکی را منتشر می‌کند(Pachauri and Reisinger, 2007). در این مطالعه براساس میزان سوخت مصرفی فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و مصارف خانگی سوخت شهری و روستایی میزان انتشار کربن محاسبه گردید. بنابراین، خروجی کربن را می‌توان براساس صورت رابطهٔ ۲ محاسبه کرد (Chen *et al*., 2019).

رابطهٔ ۲

$$DCR = \sum Di = \sum Cibi$$

DCR: مقدار کل خروجی کربن، Di: مقدار خروجی کربن از انواع مختلف منابع کربن، Ci: مقدار هر منبع کربن و bi: ضریب انتشار کربن هر یک است.

خدمت اکوسیستمی نگهداشت خاک

عرضه: نگهداشت خاک[5] به‌عنوان یک خدمت اکوسیستمی به توان اکوسیستم‌ها در حفظ خاک اشاره دارد که در کل تابعی از پوشش گیاهی، توپوگرافی و قابلیت فرسایش خاک است (Sharp *et al*., 2014). برای تهیه نقشهٔ مکانی خدمت اکوسیستمی نگهداشت خاک (SR) از مدل InVEST به‌عنوان ظرفیت اکوسیستم در حفظ خاک از طریق رابطهٔ زیر استفاده می‌شود.

Soil Retention=RKLS-USLE

USLE: پتانسیل کل هدررفت خاک است که توسط USLE معادله محاسبه می‌شود (Sharp *et al*., 2014). مدل نگهداشت خاک در ابزار از معادلهٔ جهانی هدر رفت خاک (USLE) طبق رابطهٔ ۳ استفاده می‌شود (Wischmeier and Smith, 1978):

رابطهٔ ۳

$$\mathrm{USLE_i} = (\mathrm{R}.\mathrm{K}.\mathrm{L}.\mathrm{S}.\mathrm{C}.\mathrm{P})_\mathrm{i}$$

دراین رابطه R: فرسایندگی باران، K: فاکتور فرسایش‌پذیری خاک، LS: فاکتور گرادیان طول شیب، C: فاکتور مدیریت محصول و P: اعمال مدیریتی است. RKLS: پتانسیل هدر رفت خاک بدون احتساب دو فاکتور P و C می‌باشد. داده‌های مورد نیاز این مدل که شامل فرسایندگی باران، فرسایش‌پذیری خاک، کاربری اراضی، لایهٔ رقومی ارتفاع می‌باشند که به‌صورت فایل رستری در محدودهٔ مرز مورد مطالعه به‌همراه فاکتور عملیاتی و فاکتور پوشش زمین (براساس کاربری اراضی) درقالب جدول به نرم‌افزار InVEST معرفی می‌شوند. IC و k مقادیر ثابتی هستند که توسط کاربر معرفی می‌شوند و برابر ۰/۸ و ثابت بروس نیز در این نرم‌افزار ۹ در نظر گرفته شدند.

تقاضا: فرسایش خاک حداکثر، شدت از دست رفتن خاک که می‌تواند توسط زمین حفظ شود، درحالی‌که هنوز هم حاصلخیزی طولانی‌مدت خاک و بهره‌وری زمین را حفظ می‌کند (Stefano and Ferro, 2016). نیاز به کنترل فرسایش خاک به‌دلیل از بین رفتن احتمالی خاک در اثر فرسایش آب و باد به‌عنوان تقاضا مطرح است (La Notte *et al*., 2017). در این مطالعه فرسایش مجاز خاک براساس کاربری اراضی و عمق خاک براساس بررسی منابع به‌عنوان تقاضا تعیین گردید (Akbarzadeh *et al*., 2016; Sokouti Oskoee and Arabkhedri, 2018). براساس طبقه‌بندی درمناطقی با فرسایش مجاز، تقاضا برای فرسایش خاک بیشتر است.

خدمت اکوسیستمی تولید آب سطحی

عرضه: تولید آب سطحی آب[6] عبارت است از حجم آب تولید شده در یک ناحیه به‌عنوان یک خدمت بوم‌سازگانی است (Sharp *et al*., 2014). مدل عملکرد آب در بستهٔ نرم‌افزاری InVEST بر منحنی بودیکو استوار است و تولید آب سالانه از رابطهٔ ۴ محاسبه می‌شود.

رابطهٔ ۴

$$Water\ Yield\ (x) = \left(1 - \frac{AET(x)}{P\ (x)}\right).P(x)$$

که AET: تبخیر و تعرق سالانه واقعی برای پیکسل x و P(x): بارش سالانه است. با توجه به ایستگاه‌های

[5]Water Yield

[6]Water Yield

باران‌سنجی موجود در منطقه یک لایهٔ رستری با متوسط بارش سالانه تهیه می‌شود. برای تعیین تبخیر و تعرق مرجع از معادلهٔ اصلاح شده استفاده می‌شود (Hargreaves and Samafni,1982).

تقاضا: میزان مصرف آب در بخش‌های مختلف بیانگر تقاضای آب می‌باشد. این مصرف عمدتاً شامل آب خانگی شهری و روستایی، آب کشاورزی، آب صنعتی و آب اکولوژیک است و به صورت رابطهٔ ۵ محاسبه می شود (Chen *et al*., 2019).

رابطهٔ ۵

DWY: میزان مصرف کل آب، Durban and rural: میزان مصرف آب خانگی شهری و روستایی، Dagr: تقاضا آب کشاورزی، Din: تقاضای آب صنعتی و Deco: تقاضای آب اکولوژیک است.

خدمت اکوسیستمی تولید غذا

عرضه: عملکرد تولید محصول کشاورزی در واحد سطح به‌عنوان عرضهٔ تولید غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد و با استفاده از مدل‌های مختلفی قابل محاسبه می‌باشد. از این دسته از مدل‌ها می‌توان به مدل تولید محصول کشاورزی بستهٔ نرم‌افزار InVEST اشاره کرد. مدل تولید محصول کشاورزی دربستهٔ نرم‌افزاری InVEST3.8.0، برآوردی از عملکرد محصولات کشاورزی در منطقهٔ مورد نظر را به‌صورت کمی نشان می‌دهد. مدل‌سازی در این نرم‌افزار به دو مدل محاسبهٔ درصدی و مدل‌سازی رگرسیون تقسیم می‌شود (Monfreda *et al*., 2008). دراین مطالعه تولید گندم به‌عنوان تولید محصول کشاورزی منطقه تعیین شد.

تقاضا: براساس تعریف تقاضا تولید غذا، میزان تولید برداشت شدهٔ مورد انتظار یا مطلوب (تن/هکتار/سال) می‌باشد (La Notte *et al*., 2017).گندم اصلی‌ترین غله در رژیم غذایی مردم منطقه می‌باشد، از این‌رو میزان مصرف گندم در واحد سطح به‌عنوان تقاضای اصلی غذا محاسبه گردید (رابطهٔ ۶). مصرف گندم ساکنان شهری و روستایی بر اساس تراکم جمعیت و سرانه مصرف گندم محاسبه می‌شود (Yang *et al*., 2012).

رابطهٔ ۶

$$DGY=Denpop\times Peru+Denpop\times Perr$$

که DGY: تقاضای تولید گندم به‌عنوان تقاضای غذا است، Denpop: تراکم جمعیت، Peru: سرانهٔ مصرف دانه در شهر و Perr: سرانهٔ مصرف گندم در مناطق روستایی است. Denpop×Peru تقاضا برای تولید گندم برای ساکنان شهر و Denpop× Perr: تقاضا برای تولید گندم برای ساکنان روستا است.

نسبت عرضه وتقاضای جامع خدمات اکوسیستمی: نسبت عرضه و تقاضای اکولوژیک (ESDR) نشان‌دهندهٔ عرضهٔ واقعی ES برای نیازهای انسان و کسری و مازاد عرضه و خدمات اکوسیستمی است (Li *et al*., 2016). پس از تعیین میزان عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی و نقشه‌برداری آن‌ها، نسبت عرضه و تقاضا خدمات اکوسیستمی سرزمین را در پهنهٔ سرزمین محاسبه و نقشه‌سازی شده است. رابطهٔ ۷ روش تعیین نرخ عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی مورد استفاده را نشان می‌دهد (Li *et al*., 2016).

رابطهٔ ۷

$$ESDR=\frac{S-D}{(Smax+Dmax)/2}$$

S,D: بیانگر عرضه و تقاضای یک خدمت اکوسیستمی می‌باشند. وDmax و Smax: بیانگر عرضه و تقاضای بیشینه برای یک خدمت اکوسیستمی می‌باشد. مقدار مثبت ESDR: نشان‌دهنده مازاد ES، مقدار صفر نشان‌دهندهٔ تعادل عرضه و تقاضا است (توازن در بهره‌برداری) و مقدار منفی نشان می‌دهد که عرضه، میزان تقاضا را برآورده نمی‌کند. اما پس از تعیین نسبت عرضه و تقاضای (ESDR) برای هر کدام از خدمات اکوسیستمی به‌صورت مجزا، بدون درنظر گرفتن ضریب اهمیت برای هرخدمت، نسبت عرضه و تقاضای جامع (CESDR) براساس رابطهٔ ۸ تعیین می‌گردد.

رابطهٔ ۸

$$CESDR=1/n\sum_{i}^{n}ESDRi$$

CESDR: نسبت عرضه به تقاضا خدمت اکوسیستمی جامع

ESDR: نسبت عرضه به تقاضا خدمت اکوسیستمی nام

جمع‌آوری و پردازش اطلاعات: با توجه به اینکه یکی از اهداف این پژوهش استخراج و مدل‌سازی خدمات اکوسیستمی با بیشترین دقت و کمترین خطا است. از این رو داده‌های ورودی نقش مهمی در تعیین این کیفیت خروجی دارند. برای کاربری اراضی به‌عنوان نقشه‌های پایه از کاربری اراضی سازمان جنگل‌ها و مراتع ایران سال (۱۳۹۸) استفاده شد (Evaluation of Land Use/Land Cover Changes in Iran, 2020). و براساس داده‌های ماهواره های Modis تدقیق شد. سایر اطلاعات مانند داده‌های اقلیمی نیز با استفاده از پوشش حداکثری اطلاعات شرکت مدیریت منابع آب و سازمان هواشناسی، سال ۱۳۹۹ تهیه شده است (Iran Meteorological Organization, 2020). برای منابع اطلاعاتی در زمینهٔ عمق خاک، بافت خاک، تراکم خاک و فرسایش خاک از مجموعه داده های Soilgrids منطقه استفاده شد.دادهٔ DEM از سایت USGS دریافت شد. اطلاعات در خصوص عملکرد غلات و میزان مصرف غلات از آمارنامهٔ وزارت جهاد کشاورزی سال ۱۳۹۸دریافت شد (Ministry of Agriculture- Jahad, 2019). سایر اطلاعات منطقه از منابع داده‌های گزارش های آمایش ملی و استانی سال ۱۳۹۹ ایران کسب شد (Plan and Budget Organization, 2020).

نتایج

چارچوب مفهومی: براساس بررسی فراتحلیل، چارچوب مفهومی عرضه و تقاضای پیشنهادی این پژوهش به‌منظور مرتفع نمودن نقدهایی که به چارچوب‌های موجود در خصوص عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی در قالب شبکه اجتماعی–اکولوژیک ارائه شده است (شکل۳). چارچوب تحلیلی پیشنهادی عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی مبتنی بر مدل آبشاری خدمات اکوسیستمی و به‌منظور تکمیل چارچوب‌های قبلی پیشنهادی توسط محققان ارائه شده است. این مدل به تمرکز بر جریان بالقوه و واقعی خدمات اکوسیستمی تأکید دارد. زیرا این جریان‌ها بر میزان عرضه و تقاضا و مصرف خدمات اکوسیستمی اثرگذار است. چارچوب تحلیلی پیشنهادی عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی مبتنی بر مدل آبشاری خدمات اکوسیستمی و به‌منظور تکمیل چارچوب‌های قبلی پیشنهادی توسط محققان ارائه شده است. این مدل با تمرکز بر جریان بالقوه و واقعی خدمات اکوسیستمی تأکید دارد زیرا این جریان‌ها بر میزان عرضه و تقاضا و مصرف خدمات اکوسیستمی اثرگذار است. بدون در نظر گرفتن این جریان‌ها ارزیابی عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی به‌صورت کامل امکان‌پذیر نمی‌باشد که در مدل‌های گذشته کمتر در نظر گرفته نشده است. از طرفی در نظر گرفتن سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی در قالب شبکه‌های اکولوژیک و اجتماعی این واقعیت را نشان می‌دهد که شبکه‌های انسان ساخت بخشی از شبکه‌های اکولوژیک است. این مهم تحلیل عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی را در قالب شبکه‌های سرزمینی امکان‌پذیر می‌نماید. میزان پتانسیل عرضهٔ خدمات اکوسیستمی تحت تأثیر جریان بالقوه حاصل از خصوصیت اکوسیستمی است. مانند یک مخزن برق که تولیدکنندهٔ نیرو است تا زمانی که ارتباط مخزن و ابزار مصرف‌کننده برقرار نشود عرضهٔ واقعی نیرو جریان نمی‌یابد. از این‌رو عرضهٔ مدیریت شده، عرضهٔ خدمات اکوسیستمی حاصل از اثر تقاضای خدمات اکوسیستمی توسط واحد اقتصادی بر پتانسیل عرضه خدمات اکوسیستمی خواهد بود. به نوعی جریان واقعی خدمات اکوسیستمی از عرضهٔ خدمات اکوسیستمی مدیریت شده در واحد اکوسیستمی به‌واحد اقتصادی به‌عنوان مصرف این خدمت مطرح می‌باشد. در بین تقاضا و مصرف خدمات اکوسیستمی، تقاضای برآورد نشده که میزان خدمات اکوسیستمی تأمین نشده، برای واحد اقتصادی شکل می‌گیرد. خدمات بالقوه شامل مقداری از خدمات اکوسیستمی است که می‌توانند به شیوه‌های پایدار در مناطق خاص بر اساس وضعیت جاری کاربری اراضی و ویژگی‌ها و شرایط اکوسیستمی توسعه داده شوند و مورد

استفاده قرار گیرند (Burkard and Maes, 2017). جریان‌های واقعی به‌تنهایی اکوسیستمی امکان استنتاج در مورد استفاده پایدار از اکوسیستم‌ها را فراهم نمی‌کند. اگر جریان واقعی بیشتر از جریان بالقوه باشد بهره‌برداری بی‌رویه یا نامتوازن صورت می‌گیرد که منجر به ناپایداری خواهد شد. اغلب اکوسیستم‌ها بیش از حد مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند و به‌همین دلیل نیز اغلب نمی‌توان بر اساس بهره‌برداری واقعی از خدمات اکوسیستمی آن‌ها را ارزیابی نمود. بنابراین باید مطالعات بیشتری برای آزمودن و تشریح حساب‌های وضعیت و ظرفیت اکوسیستم‌ها انجام شود تا بتوان استفادهٔ پایدار از خدمات اکوسیستمی را ثبت کرد (La Notte *et al*., 2017). از مزایای این چارچوب، توجه به تعریف دقیق مفاهیم عرضه و تقاضا خدمات اکوسیستمی و در نظر گرفتن جریان بالقوه و واقعی خدمات و فرآیندی است که در ایجاد آن نقش دارد، می‌باشد (شکل۳).

اجزاء اصلی این چارچوب عبارت‌اند از:

خصوصیات اکوسیستم: سنجه‌های ساختاری و عملکردی را برای ارزیابی قابلیت‌های بالقوه اکوسیستم‌ها برای ارائه خدمات و تعیین میزان خدمات (برای نمونه، ساختار غذایی جوامع آبزیان) مورد استفاده قرارمی دهد (Maes *et al*., 2013).

عرضهٔ خدمات اکوسیستمی: بیانگر نوع و کمیت خدماتی که براساس ظرفیت و پتانسیل اکوسیستم ارائه می‌شود.

عرضهٔ مدیریت شده خدمات اکوسیستمی: نوع و کمیت خدماتی است که از طریق ترکیب عرضهٔ بالقوه و اثرات تداخلی ذینفعان (مثل مدیریت) در مکان و زمان مشخص ارائه می‌شود (Geijzendorffer *et al* ., 2015).

تقاضای خدمات اکوسیستمی: خدمات اکوسیستمی، آرزوها ، نیازها و مطلوبیت‌های استفاده و بهره‌برداری از خدمات که نتواند نیازهای کاربران و ذی‌نفعان را برآورده سازند، می‌باشد (La Notte *et al*.,2017).

تقاضای برآورد نشده خدمات اکوسیستمی: آرزوها ، نیازها و مطلوبیت‌های استفاده و بهره‌برداری از خدمات که نتواند نیازهای کاربران و ذی‌نفعان را برآورده سازند (La Notte *et al*., 2017).

استفاده (بهره‌برداری): جریان واقعی از خدمات هستند که استفاده می‌شود.

سود : منافع شامل مواردی هستند که می‌توان آن‌ها را هم از نظر پولی و هم اجتماعی ارزش‌گذاری کرد (La Notte *et al*., 2017).

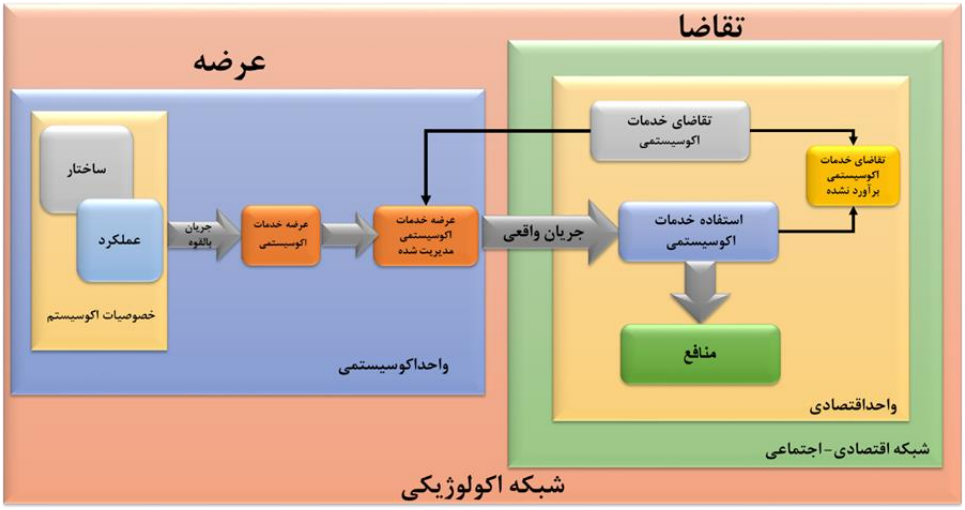
واحد اقتصادی: واحدهای اقتصادی (بخش‌ها)، فعالیت‌های اقتصادی و ذی‌نفعانی هستند که بر اساس طبقه‌بندی آماری فعالیت‌های اقتصادی اروپا (طبقه‌بندی NACE) شناسایی می‌شوند.

واحد اکوسیستمی: بر اساس انواع اکوسیستم‌های خشکی بر پایهٔ طبقه‌بندی نقشه‌برداری و ارزیابی خدمات و اکوسیستم‌ها (MAES). البته اکوسیستم‌های آبی و خشکی به‌عنوان واحد اکوسیستمی محسوب می‌شود.

جریان بالقوه: مقدار خدمات اکوسیستمی را اندازه می‌گیرند که ممکن است به‌صورت پایدار در یک منطقهٔ معین بر اساس کاربری کنونی زمین و ویژگی‌های اکوسیستم‌ها و وضعیت آن‌ها ارائه شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند.

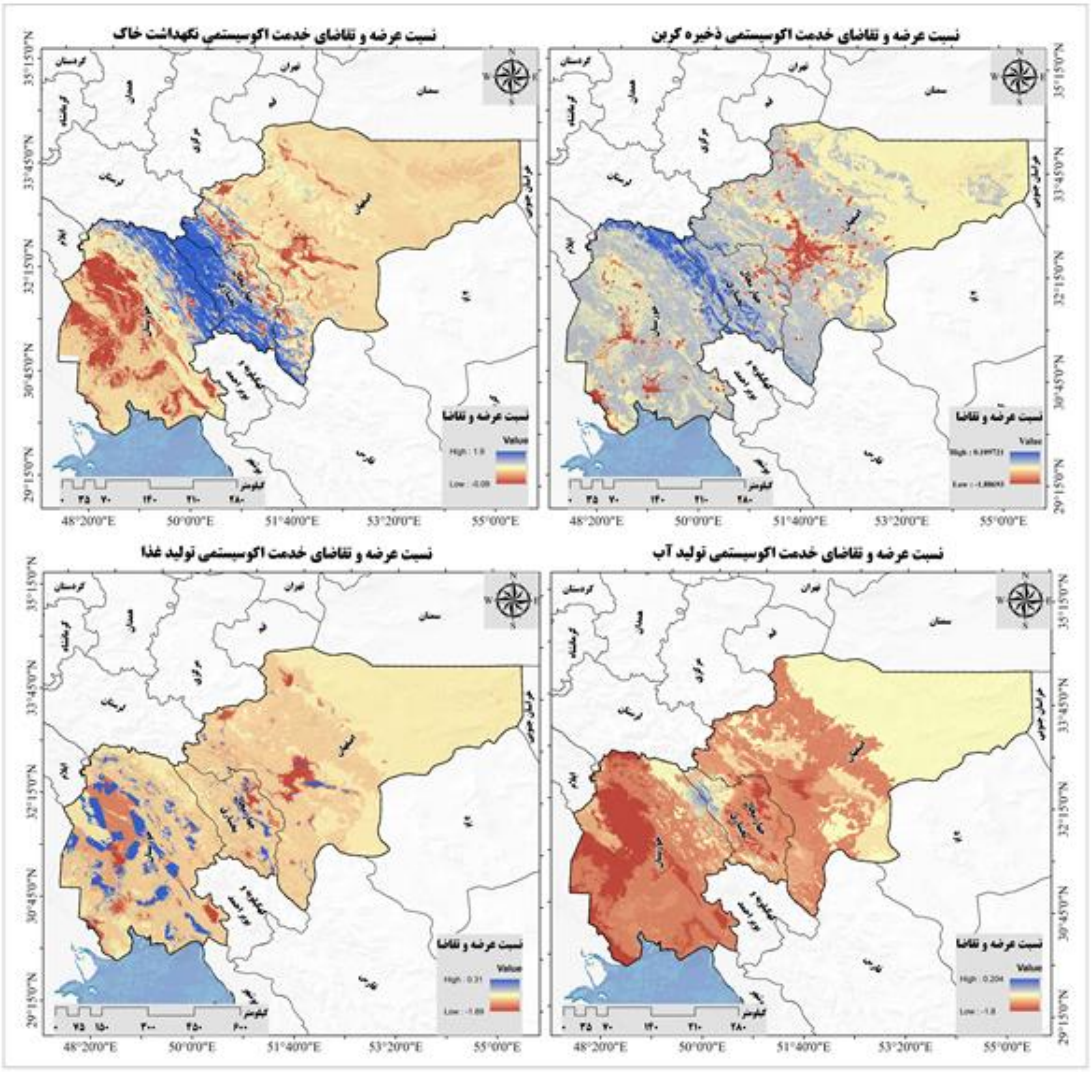
جریان واقعی: شامل استفاده‌های واقعی و بالفعل از خدمات اکوسیستمی توسط واحدهای اقتصادی است. جریان واقعی ممکن است بیشتر (بهره‌برداری بی‌رویه) معادل یا کمتر (بهره‌برداری کمتر) از جریان بالقوه باشد. البته برای تعیین آن باید تعریف دقیقی از وضعیت اکوسیستم برای استفاده پایدار ارائه شود (La Notte *et al*., 2017).

تطابق عرضه وخدمات اکوسیستمی: با توجه به آثار منفی فشارهای اکولوژیک منطقه بر خدمت اکوسیستمی تولید آب سطحی، تولید غذا و نگهداشت خاک و ذخیرهٔ کرین و اهمیت این خدمات بر پایداری فعالیت‌های انسانی، توزیع فضایی نسبت عرضه به تقاضای هر کدام خدمات به‌صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد میزان تولید آب در منطقه حدود ۶/۸ میلیارد متر مکعب سالانه با میانگین ۳۶۸ متر مکعب در هکتار در سال



شکل ۳- چارچوب مفهومی ارتباط عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستم

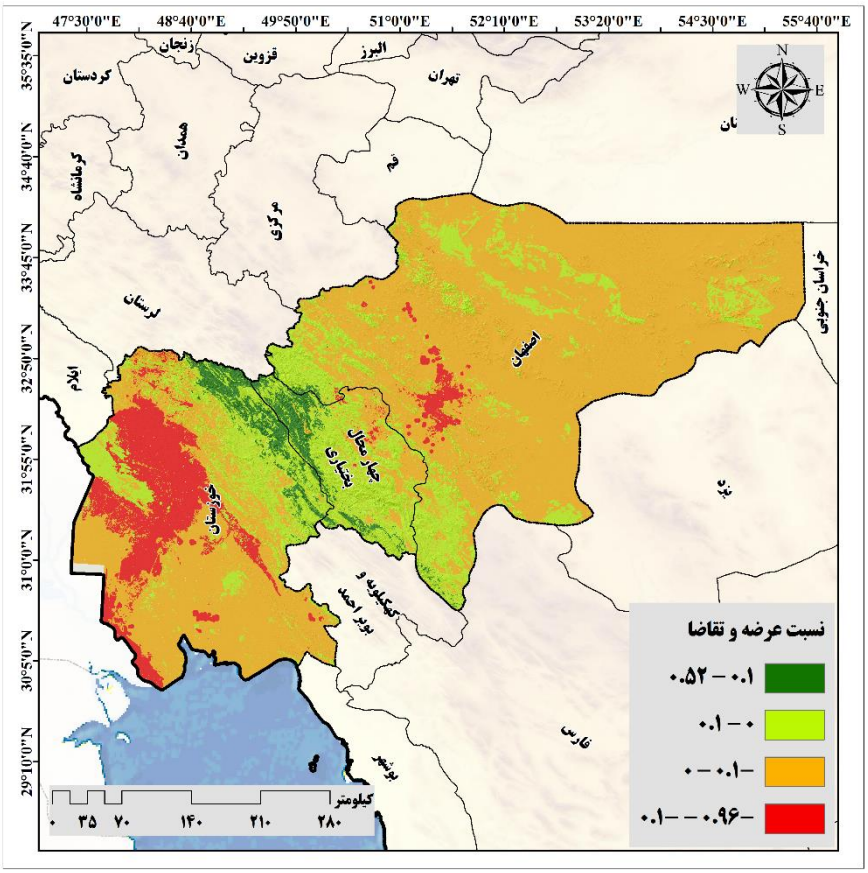
است. بازدۀ تولید آب در سراسر منطقه متفاوت است. بیشترین میزان تولید آب در محدودۀ مطالعاتی بازفت با ۱/۰۷ میلیارد مترمکعب درسال در مرکز منطقه با کاربری مرتعی و جنگلی در استان چهارمحال و بختیاری است. شرایط پوشش گیاهی مناسب و بارندگی زیاد و تبخیر و تعرق کم از عوامل مهم افزایش و حفظ تولید آب در بخش‌های مرکزی منطقه به‌ویژه در ارتفاعات است. میزان مصرف آب سالانه از منابع سطحی منطقه ۱۶ میلیارد مترمکعب با میانگین مصرف ۸۷۲ متر مکعب در هکتار در سال است. محدودۀ تقاضای مصرف آب بین صفر تا ۱۱ هزار مترمکعب در هکتار در سال است. تفاوت میزان مصرف و تولید آب در منطقه نشان‌دهندۀ فشار مضاعف به منابع آب به‌ویژه آب‌های زیر زمینی است. توزیع فضایی عرضه و تقاضای خدمات نگهداری آب، عدم تطابق را نشان داد. نسبت عرضه به تقاضای جامع عملکرد آب در منطقه بین ۱/۸- تا ۰/۲۴ است. بیشترین میزان تولید رواناب مربوط به کاربری‌های مرتع و جنگل به‌ترتیب با۴۷۶ و۲۵۰۰ مترمکعب در هکتاردر سال است. حدود ۹۰ درصد سطح منطقه با کسری خدمات تولید آب مواجه است که چالش‌هایی از جمله خشکسالی و تغییرات اقلیمی و تغییر کاربری ازعمده‌ترین دلایل آن است. از این‌رو در این مناطق امنیت آبی براساس مصارف وجود ندارد. قابل ذکر است که میزان کل تولید گندم منطقه ۲/۱ میلیون تن در سال و میزان تقاضا برای آن با توجه به جمعیت منطقه، حدود ۱/۸ میلیون تن می‌باشد. متوسط میزان عملکرد تولید گندم در منطقه حدود۲/۶ تن در هکتار است بیشترین عملکرد ۴/۲ تن در هکتار مربوط به شهرستان بوئین ومیاندشت و کمترین ۱/۲ تن در هکتار در شهرستان هویزه است. هر چند میزان کل تولید گندم منطقه بیشتر از کل مصرف گندم در منطقه است اما دامنۀ نسبت عرضه به تقاضا عملکرد گندم (ESDRGY) از ۰/۳۹ تا ۱/۶۹- متفاوت است. عدم تطابق زیادی در عرضه و تقاضا در منطقه دیده می‌شود. حدود ۰/۷ درصد سطح منطقه دارای نسبت عرضه و تقاضای تولید گندم متعادل، حدود ۹۷ درصد باکسری تولید گندم و ۲/۳ درصد دارای مازاد این خدمت مواجه هستند که عمدتاً به‌دلیل تکه‌تکه شدن و تغییر کاربری اراضی و گسترش سکونتگاه‌ها در حاشیۀ کلان‌شهرها است. به‌طور کلی، عرضۀ خدمات اکوسیستم عمدتاً از تقاضا در منطقه کمتر است که بیانگر ردپای بالای تولید گندم در منطقه است (شکل ۴). کل ذخیرۀ کربن منطقه حدود ۱۳۹ میلیون تن در سال است. بیشترین میزان ذخیرۀ کربن مربوط به مناطق جنگلی زاگرس در شهرستان کوهرنگ در ارتفاع ۲۵۰۰ بالاتر از سطح دریا با ۱۵ تن در هکتار در سال و کمترین میزان مربوط به شهرستان نائین در منطقۀ بیابانی با ۱/۵ تن



شکل ٤- عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی در منطقهٔ ٤ آمایش ایران

در هکتار در سال است. میزان ذخیرهٔ کربن در کاربری‌های مرتع، جنگل، کشاورزی، بایر و انسان‌ساخت به‌ترتیب حدود ۱۰۱، ۱۷، ۱۶، ۴، ۰/۶ میلیون تن در سال بوده است. توزیع فضایی انتشار کربن در سال ۲۰۱۸ به گونه‌ای است که میزان انتشار و ذخیرهٔ کربن از لحاظ مکانی مطابقت ندارد. بیشترین انتشار کربن مربوط به شهرستان اهواز با ۱۲میلیون تن درسال است. سایر شهرستان‌هایی که بیشترین انتشار کربن را دارند به‌ترتیب اصفهان، بندرماهشهر، شاهین‌شهر، مبارکه و آبادان که عمدتاً به‌دلیل صنایع آلاینده به‌ویژه فولاد و پتروشیمی با مصرف انرژی (مصرف سوخت‌های فسیلی) و تجمع سکونتگاه‌های شهری است. توزیع فضایی ESDR در منطقه نامتعادل است و بین ۱/۸- تا ۰/۱ است. تراکم جمعیت و عدم تعادل در توسعهٔ اقتصادی به‌طور مستقیم بر تفاوت فضایی عرضه و تقاضای ذخیرهٔ کربن تاثیرگذار است. با این وجود به‌طور کلی ۸۰ درصد از منطقه با مازاد خدمات ذخیرهٔ کربن مواجه است. و فقط حدود ۲۰ درصد با کسری مواجه است که نیاز به‌توجه ویژه دارد (شکل ۳).

از سوی دیگر کل میزان نگهداشت خاک در منطقه ۵۳ میلیون تن در سال است. بیشترین میزان نگهداشت خاک در کاربری مرتعی، جنگلی زاگرسی با ۲۱ تن در هکتار در سال و کمترین نگهداشت خاک به‌ترتیب مربوط به کاربری اراضی کشاورزی، بایر و انسان‌ساخت است. ۵۰ درصد منطقه دارای پوشش مرتعی که بیشترین نگهداشت خاک معادل ۷۰ درصد از کل حوضه را به‌خود اختصاص داده است. مناطق با



شکل ۵- پهنه‌بندی نسبت عرضه و تقاضای جامع خدمات اکوسیستمی منطقهٔ ٤ آمایش ایران

پتانسیل فرسایش زیاد عمدتاً در مسیر آبراه‌ها و در شهرستان‌های خرمشهر، هویزه و آبادان و کارون است که عمدتاً کانون‌های ریز گرده‌های منطقه نیز می‌باشند. فرسایش مجاز خاک منطقه بین ۲ تا ۱۱/۲ تن در هکتار در سال است. مناطقی که حداکثر فرسایش مجاز را دارند بیشترین تقاضا فرسایش خاک را دارند که مربوط به اراضی کشاورزی و جنگلی منطقه است. نسبت عرضه به تقاضای خدمت اکوسیستمی نگهداشت خاک (ESDR) بین ۰/۰۹- تا ۱/۹۲ است. یک عدم تطابق در عرضه و تقاضا در منطقه دیده می‌شود. ۴۵ درصد سطح منطقه دارای ESDR منفی است که عمدتاً در مناطق کشاورزی منطقه در استان خوزستان می‌باشد.در مناطق جنگلی این نسبت مثبت با حدود ۳/۶ درصداز کل منطقه است. نقاط داغ اصلی این خدمت در شهرستان‌های شوش، اصفهان و نائین است که نیاز به‌توجه خاص برای تداوم بهره‌برداری از این مناطق و جلوگیری از گسترش کانون‌های ریزگرد دارد (شکل۳). نسبت عرضه وتقاضای جامع (CESDR) برای تجزیه و تحلیل یکپارچه رابطهٔ بین عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی تعیین گردید. براساس شکل ۵، CESDR چهار خدمت اکوسیستمی تولید آب سطحی، تولید غذا، نگهداشت خاک و ذخیرهٔ کربن در منطقهٔ ۴ آمایش ایران، دامنهٔ وسیعی بین ۰/۵ تا ۰/۹- دارد. ناهمگنی مکانی قابل توجهی در رابطه با عرضه و تقاضای اکوسیستم وجود دارد. حدود ۱۲ درصد منطقه دارای (۰/۱- تا ۰/۹-)CESDR منفی با پهنه‌هایی با کسری خدمات زیاد است که عمدتاً در پهنه‌های شهری، کشاورزی و فعالیت‌های صنعتی با تقاضای زیاد خدمات است که عدم امنیت در تأمین خدمات دارد. ۶ درصد دارای مازاد خدمات با نسبت عرضه تقاضای جامع بین ۰ تا ۰/۵۲ است که عمدتاً در مناطق جنگلی و در فواصل دور از شهرها و صنایع است در شهرستان‌های لردگان، کوهرنگ و بخش‌هایی از فارسان، ایذه، اندیکا، بروجن دارای بیشترین مازاد عرضه خدمات اکوسیستمی هستند. این مناطق دارای

بیشترین میزان تولید آب، ذخیرهٔ کربن و کمترین فرسایش خاک است. حدود ۲۱ درصد از منطقه دارای خدمات متعادل (۰/۱-۰) CESDR و حدود ۶۱ درصد منطقه دارای کسری خدمات کم (۰تا ۰/۱-) CESDR است.

بحث

چارچوب مفهومی خدمات اکوسیستمی ارائه‌شده در این پژوهش، با تأکید بر جریان بالقوه و واقعی خدمات اکوسیستمی تکمیل‌کننده مدل‌های مفهومی عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی ارائه‌شده توسط محققین می‌باشد (Burkhard *et al*., 2012). از بعد توجه به مدیریت عرضه مدیریت شده مشابهٔ چارچوب ارائه شده توسط Geijzendorffer و همکاران (۲۰۱۵) است که بر بعد اثرگذاری تقاضا بر میزان تقاضا تأکید داشته است، می‌باشد. همچنین اهمیت توجه به جریان‌های بالقوه و بالفعل در مدل مفهومی ارائه شده توسط گزارش کمیسیون اروپا در خصوص حسابداری خدمات اکوسیستمی مورد توجه قرار گرفته است (La Notte *et al*., 2017). اینکه خدمات اکوسیستمی می‌تواند بیانگر ارتباط بین سیستم اقتصادی و سیستم اکولوژیک باشد نیز در مدل مفهومی Boerema ارائه شده در است (Boerema *et al*., 2018). همچنین در این مطالعه عرضه و تقاضا چهار خدمت اکوسیستمی تولید غذا، نگهداشت خاک، ذخیرهٔ کربن و عملکرد آب مورد ارزیابی قرار گرفت. بیشترین میزان عملکرد آب ۲۵۰۰ مترمکعب در هر هکتار درسال مربوط به جنگل‌های زاگرس بود که یافته‌های این تحقیق مشابه یافته‌های Jafarzadeh و همکاران (۲۰۲۰) بود. همچنین در این مطالعه ESDR و CESDR و آستانه‌های عرضه و تقاضای ESs تعیین شد. نتایج نشان داد که عدم تطابق مکانی بین عرضه و تقاضای هر چهار خدمت وجود داشت، اما این عدم تطابق در خصوص تولید آب و تولید گندم بیشتر بود. ناهمگونی فضایی خدمات اکوسیستم به ناهمگونی اکوسیستم، محیط و تقاضای خدمات اکوسیستم بستگی دارد (Turner *et al*., 2012).

براساس نتایج خدمت تولید آب سطحی کم‌تر از تقریباً ۳۰ درصد تقاضای آب منطقه را برآورده می‌کند. این کسری به‌دلایل مختلف از جمله توسعهٔ بی‌رویهٔ کشاورزی در منطقه به‌ویژه در استان خوزستان به‌عنوان قطب کشت گندم ایران، گسترش بی‌رویهٔ شهرها و صنایع آب بر مانند صنایع فولاد است. از دلایل عمدهٔ بحران آب در منطقه عدم تطابق عرضه و تقاضا آب در کنار تغییرات اقلیمی است به‌همین دلیل باید بر دو طرف عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی عملکرد آب تمرکز نمود. در سمت تقاضا باید الگوی کشت منطقه‌ای تعیین و بازدهی مصرف آب به‌ویژه در بخش کشاورزی افزایش یابد. همچنین باید تولید محصولات راهبردی را در افق بلندمدت استان‌های اصفهان و خوزستان کاهش داد. بازچرخانی آب درصنایع و خانوار نیز نقش مهمی در رفع عدم تطابق عرضه وتقاضای آب در منطقه خواهد داشت. در سمت عرضه از انتقال بین حوضه‌ای جلوگیری نمود و بر مدیریت یکپارچه منطقه‌ای آب و حکمروایی پایدار آب (گذر از رویکرد سازه‌ای به آب) تمرکز نمود. نسبت عرضه به تقاضای تولید گندم در بخش عمده‌ای از منطقه منفی است. ردپای اکولوژیک تولید گندم فراتر از مناطق کشت است. در بین خدمات مورد ارزیابی، تنها مرتفع نمودن تقاضا مصرف گندم با جابجایی آن از مناطق دیگر امکان‌پذیر است. اما در خدمات نگهداشت خاک و ذخیرهٔ کربن این امکان وجود ندارد و در خصوص تولید آب انتقال آب بین حوضه‌ای برای تأمین مصرف تبعات زیادی به‌دنبال داشته است. به‌همین دلیل توجه به تطابق عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی برای حفظ پایداری محیطی در توسعهٔ فضایی پایدار و تدوام عرضه خدمات اکوسیستمی حائز اهمیت می‌باشد.

ایران به‌عنوان هشتمین تولیدکنندهٔدی‌اکسید کربن در جهان در سال حدود ۵۶۰ میلیون تن در سال منتشر می‌نماید (Banan and Maleki, 2013). کل میزان انتشار دی اکسیدکربن منطقه ۸۷ میلیون تن است. میانگین سرانهٔ تولید انتشار دی‌اکسید کربن به‌ازای هر نفر در منطقه حدود ۲ تن

بیشتر از کشور می‌باشد. وجود صنایع بزرگ آلاینده در استان های اصفهان و خوزستان از دلیل عمده این امر است. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، بیشترین ذخیرهٔ کربن در بخش زاگرس (جنگلی) منطقه بوده است. در مطالعه‌ای که توسط Lahiji و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد بیشترین میزان ذخیرهٔ کربن در شمال کشور متعلق به کاربری‌های جنگلی عنوان شد. در خصوص ذخیرهٔ کربن، تنها ۵ درصد از سطح سرزمین با کسری خدمات مواجه بود که عمدتاً در شهرها و مراکز صنعتی بزرگ بود. مدیریت دولت در کنترل آلایندهای شهری (انتشار کربن) برای خروج مناطق با کسری خدمات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. حفظ پوشش گیاهی به‌ویژه عدم تغییر کاربری مراتع و جنگل‌ها در تعادل خدمت اکوسیستمی ذخیرهٔ کربن نقش مهمی ایفا می‌نماید. یافته‌های این تحقیق مشابه یافته‌های Chen وهمکاران (۲۰۱۹) بود. بیشترین تطابق بین نگهداشت خاک و فرسایش خاک در مناطق جنگلی زاگرس بوده که اهمیت این مناطق را برای پایداری منطقه دو چندان نموده است زیرا بیشترین آب تولیدی منطقه در این پهنه می‌باشد. براساس نتایج، همکنشی منفی بین عرضه خدمات اکوسیستمی تولید غذا با عملکردآب، نگهداشت خاک و ذخیرهٔ کربن وجود دارد. رابطهٔ همکنشی عملکرد آب با نگهداشت خاک و ذخیرهٔ کربن به‌صورت معنی‌داری مثبت بود. از این‌رو به‌نظر می‌آید با جلوگیری از فرسایش خاک و افزایش پوشش گیاهی منطقه به‌ویژه در مناطق جنگلی می‌توان امکان تولید آب منطقه را افزایش داد. ارزیابی هم‌کنشی‌ها بین خدمات اکوسیستم یک جنبه مهم از مدیریت اکوسیستم است (De Groot *et al.*, 2010). هرچند بهره‌گیری از ارزیابی عدم تطابق خدمات اکوسیستمی و همکنشی خدمات در مدیریت اکوسیستمی هنوز در مراحل اولیه است و باید ازجنبه‌های بیشتر مورد تحقیق قرار گیرند.

وابستگی زیاد مدل‌های ارزیابی خدمات اکوسیستمیInVEST به نقشه‌های کاربری اراضی از محدودیت‌های است که نیاز به تعیین جزئیات تغییرات کاربری را برای افزایش دقت نتایج نشان می‌دهد. از طرفی به‌دلیل فقدان داده‌های دقیق، دراین مطالعه تنها عرضه و تقاضا چهار خدمت اکوسیستمی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای مدیریت اکوسیستم پایهٔ مطلوب، نیاز به ارزیابی طیف گسترده‌ای از خدمات اکوسیستمی است همچنین باید همکنشی مکانی خدمات اکوسیستمی تعیین گردد. ارزیابی دقیق خدمات اکوسیستمی و ارزش‌گذاری اقصادی آن‌ها بر تدوین مناسب برنامه‌ریزی فضایی اثرگذار است و برعکس اجرای سیاست‌های برنامه‌ریزی فضایی نیز بر تدوام عرضه خدمات اکوسیستمی تأثیر می‌گذارد. از این‌رو بایستی در تحقیقات آتی هم درمرحلهٔ تدوین برنامه‌ریزی فضایی و هم اجرای آن به خدمات اکوسیستم توجه خاص داشت.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای شناسایی تطابق عرضه و خدمات اکوسیستمی چهار خدمت اکوسیستمی نسبت عرضه و تقاضایی مجزا و جامع استفاده شد. یافته‌ها حاکی از آن است که در هر چهار خدمات یک ناهمگونی فضایی عمده بین عرضه و تقاضا به‌ویژه در مناطق جمعیتی و کشاورزی وجود دارد. در خصوص خدمت تولید آب و تولید غذا در منطقه این عدم تطابق بارزتر است. همکنشی عرضه خدمات نشان داد با افزایش تولید آب سطحی، خدمات اکوسیستمی ذخیرهٔ کربن و نگهداشت خاک افزایش می‌یابد. سطح وسیعی از منطقه دارای کسری خدمات تولید آب سطحی است که برامنیت غذایی و امنیت آبی منطقه اثرگذار بوده است که از دلایل اصلی آن عدم مدیریت یکپارچه آب منطقه‌ای و تقاضا بی‌رویهٔ برای توسعهٔ فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی بدون توجه به ظرفیت برد است. از این‌رو برنامه‌ریزی فضایی براساس مدیریت اکوسیستم پایه در این منطقه ضروری است. مهمترین منطقهٔ مورد نیاز به حفاظت در مرکز منطقه عمدتاً در جنگل‌های زاگرس واقع است. این پهنه تنها ۶ درصد سطح منطقه را شامل می‌شود ولی نقش حیاتی دارد زیرا عمده‌ترین تأمین کنندهٔ آب منطقه است. از این‌رو برای

کمک به رفع عدم تطابق‌ها و مدیریت صحیح منطقه در آینده پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود.

– ایجاد مدیریت یکپارچه سرزمینی در مناطق آمایشی ایران مبتنی بر عرضه و تقاضای خدمات اکوسیستمی

– توسعهٔ مکانیسم‌های نظارتی بر اکوسیستم‌های طبیعی به‌منظور پیشگیری از تخریب محیط زیست و هدررفت خدمات اکوسیستمی

– انتخاب مناطق حفاظت شده به شکل هوشمند با در نظر گرفتن نواحی عرضهٔ خدمات چندگانه اکوسیستم براساس همبیشی

– تمرکز سیاست‌گذاری براساس حکمروایی پایدار آب در مناطق آمایشی با ساماندهی طرف عرضه و تقاضا

– تعیین همبست دقیق مکانی خدمات اکوسیستمی و بکارگیری آن در ارزیابی اثرات راهبردها و سیاست‌ها

– توسعهٔ فعالیت‌های کشاورزی، شهری و صنعت فقط در مناطق دارای قابلیت توسعهٔ تعیین‌شده به‌منظور تحقق الگوی مطلوب استقرار جمعیت و فعالیت

– ارزش‌گذاری اقتصادی خدمات اکوسیستمی مبتنی بر تطابق عرضه و تقاضای اکوسیستمی

– مدیریت اکوسیستم پایه براساس ارزیابی طیف گسترده‌ای از خدمات اکوسیستمی (تنظیمی، تأمینی و فرهنگی)

References

Almenar, J.B., Elliot, T., Rugani, B., Philippe, B., Gutierrez, T.N., Sonnemann, G., Geneletti, D., 2021. Nexus between nature-based solutions, ecosystem services and urban challenges. Land Use Policy 100, 104898.

Arowolo, A.O., Deng, X., Olatunji, O.A., Obayelu, A.E., 2018. Assessing changes in the value of ecosystem services in response to land-use/land-cover dynamics in Nigeria. Science of the total Environment 636, 597-609.

Banan, Z., Maleki, A., 2013. Carbon capture & storage deployment in Iran. Energy Procedia, 37, 7492-7501.

Boerema, A., Rebelo, A.J., Bodi, M.B., Esler, K.J., Meire, P., 2017. Are ecosystem services adequately quantified?. Journal of Applied Ecology 54(2), 358-370.

Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., Müller, F., 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. Ecological Indicators 21, 17-29.

Burkhard, B., Petrosillo, I., Costanza, R., 2010. Ecosystem services–bridging ecology, economy and social sciences. Ecological complexity 7(3), 257.

Burkhard, B., Maes, J., 2017. Mapping ecosystem services. Advanced Books. 1, e12837.

Chen, J., Jiang, B., Bai, Y., Xu, X., Alatalo, J.M., 2019. Quantifying ecosystem services supply and demand shortfalls and mismatches for management optimisation. Science of the Total Environment 650, 1426-1439.

Chen, F., Li, L., Niu, J., Lin, A., Chen, S., Hao, L., 2019. Evaluating ecosystem services supply and demand dynamics and ecological zoning management in Wuhan, China. International Journal of Environmental Research and Public Health 16(13), 2332.

Cortinovis, C., Geneletti, D., 2020. A performance-based planning approach integrating supply and demand of urban ecosystem services. Landscape and Urban Planning 201, 103842.

Daily, G.C., Matson, P.A., 2008. Ecosystem services: From theory to implementation. Proceedings of the national academy of sciences 105(28), 9455-9456.

de Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological complexity 7(3), 260-272.

Deng, L., Zhu, G.Y., Tang, Z.S., Shangguan, Z.P., 2016. Global patterns of the effects of land-use changes on soil carbon stocks. Global Ecology and Conservation 5, 127-138.

Di Stefano, C., Ferro, V., 2016. Establishing soil loss tolerance: an overview. Journal of Agricultural Engineering 47(3), 127-133

Egoh, B.N., Reyers, B., Rouget, M., Richardson, D.M., 2011. Identifying priority

areas for ecosystem service management in South African grasslands. Journal of Environmental Management 92(6), 1642-1650

Evaluation of land use/land cover changes in Iran (1993 to 2015)., 2020. Development and Foresight Research Center. 37 p. (In Persian)

Feng, Q., Zhao, W., Fu, B., Ding, J., Wang, S., 2017. Ecosystem service trade-offs and their influencing factors: A case study in the Loess Plateau of China. Science of the Total Environment 607, 1250-1263.

Fu, B., Xu, P., Wang, Y., Guo, Y., 2020. Integrating ecosystem services and human demand for a new ecosystem management approach: a case study from the giant panda world heritage site. Sustainability 12(1), 295.

Geijzendorffer, I.R., Martín-López, B., Roche, P.K., 2015. Improving the identification of mismatches in ecosystem services assessments. Ecological Indicators 52, 320-331.

Geneletti, D., 2015. A conceptual approach to promote the integration of ecosystem services in strategic environmental assessment. Journal of Environmental Assessment Policy and Management 17(04), 1550035.

Gustafsson, S., Hermelin, B., Smas, L., 2019. Integrating environmental sustainability into strategic spatial planning: the importance of management. Journal of Environmental Planning and Management 62(8), 1321-1338.

Haase, D., Schwarz, N., Strohbach, M., Kroll, F., Seppelt, R., 2012. Synergies, trade-offs, and losses of ecosystem services in urban regions: an integrated multiscale framework applied to the Leipzig-Halle Region, Germany. Ecology and Society 17(3), 1-22.

Haines-Young, R., Potschin, M., 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. Ecosystem Ecology: a new synthesis 1, 110-139.

Hargreaves, G.H., Samani, Z.A., 1982. Estimating potential evapotranspiration. Journal of the irrigation and Drainage Division 108(3), 225-230.

He, C., Zhang, D., Huang, Q., Zhao, Y., 2016. Assessing the potential impacts of urban expansion on regional carbon storage by linking the LUSD-urban and InVEST models. Environmental Modelling & Software 75, 44-58.

Pachauri, R.K., Reisinger, A., 2007. Synthesis report. Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 151-165.

Iran Meteorological Organization, 2020. https://www.irimo.ir/far/index.php.

Jafarzadeh, A. A., Mahdavi, A., Fallah Shamsi, S.R., Yousefpour, R., 2020. Economic evaluation of some of the most important ecosystem services in Zagros forests. Environmental Sciences 18(1), 137-150. (In Persian)

Johnson, R.B., Onwuegbuzie, A.J., Turner, L.A., 2007. Toward a definition of mixed methods research. Journal of Mixed Methods Research 1(2), 112-133.

La Notte, A., D'Amato, D., Mäkinen, H., Paracchini, M.L., Liquete, C., Egoh, B., Crossman, N.D., 2017. Ecosystem services classification: A systems ecology perspective of the cascade framework. Ecological Indicators 74, 392-402

Lahiji, R.N., Dinan, N.M., Liaghati, H., Ghaffarzadeh, H., Vafaeinejad, A., 2020. Scenario-based estimation of catchment carbon storage: Linking multi-objective land allocation with InVEST model in a mixed agriculture-forest landscape. Frontiers of Earth Science 14, 637-646.

Li, J., Jiang, H., Bai, Y., Alatalo, J. M., Li, X., Jiang, H., Xu, J., 2016. Indicators for spatial–temporal comparisons of ecosystem service status between regions: A case study of the Taihu River Basin, China. Ecological Indicators 60, 1008-1016.

Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Liquete, C., Braat, L., Berry, P., Bidoglio, G., 2013. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An Analytical Framework for Ecosystem Assessments Under Action 5, 1-58.

Manderscheid, K., 2012. Planning Sustainability: Intergenerational and Intragenerational Justice in Spatial Planning Strategies. Antipode 44(1), 197-216.

Maron, M., Mitchell, M.G., Runting, R.K., Rhodes, J.R., Mace, G.M., Keith, D.A., Watson, J.E., 2017. Towards a threat assessment framework for ecosystem services. Trends in Ecology &

Evolution 32(4), 240-248.

Mascarenhas, A., Ramos, T.B., Haase, D., Santos, R., 2015. Ecosystem services in spatial planning and strategic environmental assessment-A European and Portuguese profile. Land use policy 48, 158-169.

Ministry of Agriculture-Jahad, 2019. https://maj.ir.

Mirghaed, F. A., Mohammadzadeh, M., Salmanmahiny, A., Mirkarimi, S.H., 2020. Decision scenarios using ecosystem services for land allocation optimization across Gharehsoo watershed in northern Iran. Ecological Indicators 117, 106645.

Monfreda, C., Ramankutty, N., Foley, J.A., 2008. Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. Global biogeochemical cycles 22(1), 1-19.

Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D., Shaw, M., 2009. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. Frontiers in Ecology and the Environment 7(1), 4-11.

Nikodinoska, N., Buonocore, E., Paletto, A., Franzese, P.P., 2017. Wood-based bioenergy value chain in mountain urban districts: An integrated environmental accounting framework. Applied Energy 186, 197-210.

Plan and Budget Organization, 2020. https://www.mporg.ir/home.

Rounsevell, M.D.A., Dawson, T.P., Harrison, P.A., 2010. A conceptual framework to assess the effects of environmental change on ecosystem services. Biodiversity and Conservation 19, 2823-2842.

Sharp, R., Chaplin-Kramer, R., Wood, S., Guerry, A., Tallis, H., Ricketts, T., 2014. InVEST User Guide (The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund).

Sokouti Oskoee, R., Arabkhedri, M., 2018. Developing a suitable method for determining soil loss tolerance in Iran. Land Management Journal 6, 1-19. (In Persian)

Syrbe, R. U., Grunewald, K., 2017. Ecosystem service supply and demand–the challenge to balance spatial mismatches. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management 13(2), 148-161.

Turner, M.G., Donato, D.C., Romme, W.H., 2013. Consequences of spatial heterogeneity for ecosystem services in changing forest landscapes: priorities for future research. Landscape ecology 28(6), 1081-1097.

van Oudenhoven-van der Zee, K., Paulus, P., Vos, M., Parthasarathy, N., 2009. The impact of group composition and attitudes towards diversity on anticipated outcomes of diversity in groups. Group Processes & Intergroup Relations 12(2), 257-280.

Villamagna, A.M., Angermeier, P.L., Bennett, E.M., 2013. Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. Ecological Complexity 15, 114-121.

Wang, J., Zhai, T., Lin, Y., Kong, X., He, T., 2019. Spatial imbalance and changes in supply and demand of ecosystem services in China. Science of the Total Environment 657, 781-791.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning (No. 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration, 58 p.

Wolff, S., Schulp, C.J.E., Verburg, P.H., 2015. Mapping ecosystem services demand: A review of current research and future perspectives. Ecological Indicators 55, 159-171.

Xu, X., Yang, G., Tan, Y., 2019. Identifying ecological red lines in China's Yangtze River Economic Belt: A regional approach. Ecological Indicators 96, 635-646.

Yang, L., Wei, W., Chen, L., Mo, B., 2012. Response of deep soil moisture to land use and afforestation in the semi-arid Loess Plateau, China. Journal of Hydrology 475, 111-122.

Zimmer, L., 2006. Qualitative meta-synthesis: A question of dialoguing with texts, Journal of Advanced Nursing 53(3), 311-318.

Original Article

Journal of Natural Environment 75(Special Issue): 257-274 (2023)
Print ISSN: 2008-7764/Online ISSN: 2423-7817
https://jne.ut.ac.ir/

Assessment of supply and demand multiple ecosystem services, using comprehensive framework in region 4 of Iran spatial plan

Mehrdad Kashef, Naghmeh Mobarghei Dinan, Hassan Esmaeilzadeh*

Department of Environmental Planning and Design, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

*Corresponding author: h_esmaeilzadeh@sbu.ac.ir

Abstract

In recent decades, the severe disconnection between humans and the environment has caused instability in the provision of ecosystem services. Therefore, it is necessary to provide a suitable conceptual framework to express the relationship between the supply and demand of ecosystem services based on the socio-ecological network approach in order to help achieve environmental sustainability The aim of this study was to provide new conceptual services for providing suggested services and using ecosystem services based on the base ecosystem and the proposed ratio of soil retention, surface water production, food production, and carbon storage in the 4th region of planning of Iran. In this regard, a conceptual model was proposed and then a spatial analysis of the four ecosystem services was carried out. The results showed the spatial heterogeneity that exists after supply and consumption in all four services, especially surface water ecosystem services and food production. Based on the assessment of the comprehensive supply and demand ratio of ecosystem services, about 80% of the region is facing a deficit of ecosystem services and only 6% has a surplus of services, which is mainly in the middle part of Zagros, which has the highest amount of water production, carbon storage, and the least soil erosion. It will guarantee the ecological survival of the region. In fact, in order to mainstream the ecosystem approach in spatial planning, it is important to determine the focal point of ecosystem services by determining the ratio of supply and demand for making appropriate decisions by decision makers.

Keywords: Supply and demand of ecosystem services, Environmental sustainability, Ecosystem Approach, Socio-ecological network