

DOI: [10.29252/ARIDBIOM.2025.22217.2031](https://doi.org/10.29252/ARIDBIOM.2025.22217.2031)

ارزش‌گذاری کمی اکوسیستم‌های گیاهی مناطق خشک با مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی (ESEM) (مقاله پژوهشی)

۱- کمال ایمانیان نجف‌آبادی، دانشجوی دکتری گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۲- کاظم کمالی*، دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
kkamali@yazd.ac.ir

۳- حمید سودایی‌زاده، دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۴- محمد زارع، دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۴

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۹

چکیده

کارکردهای اکوسیستم گیاهی شامل چهار دسته خدمات تولیدی، تنظیمی، پشتیبانی و فرهنگی است. تاکنون روش‌های مختلفی برای ارزیابی یا ارزش‌گذاری پولی خدمات اکوسیستم ارائه شده است. با این حال، خلأ روشی که به طور همزمان همه خدمات اکوسیستم را ارزیابی کند، احساس می‌شد و بنابراین یک مدل جدید ارزیابی خدمات اکوسیستم ارائه گردید. این یک مدل ترکیبی از گروه مدل‌های شاخصی-عددی است که کلیه خدمات ارائه شده توسط اکوسیستم را که بر رفاه انسان تأثیر می‌گذارد به عنوان معیار اصلی و چهار خدمت اکوسیستمی را به عنوان معیار فرعی ارزیابی خواهد کرد. زیرمجموعه‌های هر یک از معیارهای فرعی به عنوان شاخص‌های مدل ارزیابی می‌شوند (سه خدمات تولیدی: غذا، دارو، چوب یا الیاف؛ شش خدمات تنظیمی: ترسیب کربن، کنترل رواناب و سیل، تنظیم ریزاقلیم، گرده‌افشانی، کنترل بیولوژیک، و کیفیت خاک؛ دو خدمات پشتیبانی: حفاظت از تنوع زیستی و چرخه مواد مغذی؛ سه خدمت فرهنگی: ارزش‌های زیبایی‌شناسی، تفریح و گردشگری، آموزشی و پژوهشی). به منظور امتیازدهی به شاخص‌ها، شاخص‌های نیابتی طراحی شد که به عنوان چک لیست ارزیابی سریع (RAC) برای امتیازدهی هر شاخص مورد استفاده قرار گرفت. امتیاز هر شاخص از میانگین حسابی شاخص‌های نیابتی مربوط، و امتیاز هر زیرمعیار از میانگین هندسی شاخص‌های مرتبط، و امتیاز نهایی معیار اصلی نیز از میانگین هندسی همه زیرمعیارها به دست آمد. دامنه امتیازات مدل از ۰ تا ۴ و در چهار درجه طراحی شد. ابتدا جداول امتیازدهی ۴۳ شاخص نیابتی برای تمامی ۱۵۸ گونه مورد مطالعه طراحی شد. سپس بازدهی‌های میدانی و امتیازدهی شاخص‌های نیابتی انجام شد. در نهایت، داده‌ها با تجزیه و تحلیل آماری به دست آمد. امتیاز چهارده خدمت اکوسیستمی برای هر ۱۵۸ گونه مورد مطالعه محاسبه شد، و با مقایسه نمرات مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی (ESEM)، بهترین گونه از نظر چهارده خدمت اکوسیستمی رتبه‌بندی می‌شوند.

واژگان کلیدی: پایش کمی، خدمات اکوسیستم، مزایای اکولوژی، گونه‌های مفید، گونه گیاهی مناسب.

مقدمه

فرآیندها ساختار اکوسیستم را به عملکرد و در نهایت به خدمات اکوسیستمی تبدیل می‌کند. حفاظت از ساختار و عملکرد اکوسیستم، به منظور حفظ خدمات اکوسیستم، باید هدف اولویت رویکرد اکوسیستم باشد [۱۰].

چنین وندی در پایان‌نامه دکتری، ارزیابی خدمات و ارزش فضاهای سبز در اکوسیستم شهری شهر گوانگژو را مطالعه کرد و با روش بررسی میدانی و پرسشنامه، کمی

اکوسیستم به مجموعه‌ای از موجودات زنده و محیط زندگی آن‌ها و روابط متقابل بین آن‌ها اطلاق می‌شود که در سه سطح ساختار، فرآیندها و عملکرد تعریف شده است. ساختار یک اکوسیستم توزیع اجزای زیستی و غیرزنده اکوسیستم است. فرآیندهای اکوسیستمی برهمکنش‌های پیچیده بین اجزای زیستی و غیرزنده از طریق مجموعه‌ای از فعل و انفعالات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی هستند. این

برای ارزیابی پیامدهای تغییرات در خدمات اکوسیستم برای رفاه انسان نسبتاً محدود است [۹].

هریدسان و همکاران بر گزینه‌های باغبانی و محوطه سازی با گیاهان دارویی در شهر بنگلور تأکید کردند و اظهار داشتند که این زمینه را برای ظهور خدمات باغبانی و محوطه‌سازی به عنوان یک سرمایه گذاری درآمدزا، و بنگاه اقتصادی بر اساس ثروت گیاهی ما را فراهم می‌کند [۷].

برخی از مزایا از قبل با پول ارزش گذاری شده‌اند، معمولاً به این دلیل که در بازار با قیمت‌های قابل مشاهده معامله می‌شوند، به عنوان مثال غذا، چوب و انرژی. سایر خدمات، مانند کاهش سیل یا هزینه اجتماعی انتشار گازهای گلخانه ای، ممکن است در بازار معامله نشوند، اما ارزش پولی آن‌ها قابل برآورد است. سایر مزایای حاصل از اکوسیستم، به ویژه مزایای فرهنگی، ممکن است ارزش قابل توجهی داشته باشد. با این حال، این مقادیر به راحتی قابل اندازه‌گیری نیستند و ممکن است به طور مناسب‌تری با داده‌های مصاحبه و نظرسنجی به صورت کیفی تحلیل شوند. کل طیف مزایا باید در ارزیابی ارزش‌ها گنجانده شود یا حداقل به آن پرداخته شود تا تصویری جامع از گزینه‌های قابل دسترس ارائه شود [۴].

آژانس مدیریت اضطراری فدرال (FEMA) در گزارش سال ۲۰۲۲ خود، شروع به شناسایی و تأکید بر ارزش سرمایه‌گذاری در راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت (NBS) برای کاهش اثرات سیل، آتش‌سوزی، خشکسالی و سایر خطرات طبیعی کرد و به‌روزرسانی ارزش خدمات اکوسیستم را برای توسعه یک استراتژی کاهش خطرات طبیعی انجام داد. در طول چند دهه گذشته، حوزه‌های اقتصاد محیطی و منابع طبیعی چندین روش را برای برآورد ارزش خدمات اکوسیستمی توسعه داده و اصلاح کرده‌اند. روش‌های تخمین ارزش خدمات اکوسیستمی به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند: (۱) ارزش‌گذاری مستقیم بازار؛ (۲) ترجیحات آشکار؛ و (۳) ترجیحات اعلام شده. برنامه زیست محیطی سازمان ملل متحد، در کتابچه راهنمای خود در مورد روش‌های انتقال ارزش برای خدمات اکوسیستمی، سه نوع اصلی انتقال ارزش را تعریف می‌کند [۵].

کاهوسی و همکاران بیان می‌کند که ویژگی‌های اکولوژیکی، عملکردی و زیبایی‌شناختی گیاهان از نظر

سازی و ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم شامل ارزش فرصت‌ها و امکانات تفریحی (Va)، ارزش حذف آلاینده‌های هوا (Vp)، مقدار تنظیم ریزاقلیم (Vc)، ارزش متعادل‌کننده اکسیژن اتمسفر و دی‌اکسیدکربن (Vb)، مقدار نگهداری آب باران (Vr)، ارزش کل سالانه فضاهای سبز شهری (V) مورد بررسی قرار گرفت [۲].

ارزیابی اکوسیستم هزاره بین سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۵ برای ارزیابی پیامدهای تغییر اکوسیستم برای رفاه انسان و ایجاد مبنای علمی برای اقدامات مورد نیاز برای افزایش حفاظت و استفاده پایدار از اکوسیستم‌ها و کمک آن‌ها به رفاه انسان انجام شد. ارزیابی بر پیوندهای بین اکوسیستم‌ها و رفاه انسان و به ویژه بر «خدمات اکوسیستم» متمرکز است. خدمات اکوسیستم مزایایی است که مردم از اکوسیستم‌ها به دست می‌آورند. این خدمات شامل ارائه خدمات مانند غذا، آب، الوار، و فیبر است. خدمات تنظیمی که بر آب و هوا، سیل، بیماری، زباله و کیفیت آب تأثیر می‌گذارد. خدمات فرهنگی که مزایای تفریحی، زیبایی‌شناختی و معنوی را ارائه می‌دهد، و خدمات پشتیبانی مانند تشکیل خاک، فتوسنتز، و چرخه مواد مغذی.

گونه انسان، در حالی که در برابر تغییرات محیطی توسط فرهنگ و فناوری محافظت می‌شود، اساساً به جریان خدمات اکوسیستم وابسته است. خدمات اکوسیستم نسبتاً اندکی مورد توجه تحقیقات و نظارت قرار گرفته‌اند و در نتیجه، یافته‌ها و داده‌های تحقیقاتی اغلب برای ارزیابی دقیق جهانی کافی نیستند. علاوه بر این، داده‌ها و اطلاعاتی که در دسترس هستند عموماً به ویژگی‌های سیستم بوم‌شناختی یا ویژگی‌های سیستم اجتماعی مربوط می‌شوند، نه به تعاملات بسیار مهم بین این سیستم‌ها. در نهایت، ابزارها و مدل‌های علمی و ارزیابی موجود برای انجام یک ارزیابی یکپارچه در مقیاس متقابل و پیش‌بینی تغییرات آتی در خدمات اکوسیستم اکنون در حال توسعه هستند. بسیاری از خدمات اکوسیستمی در نتیجه اقدامات انجام شده برای افزایش عرضه خدمات دیگر، مانند غذا، تخریب شده‌اند. در مقابل، مدیریت صحیح خدمات اکوسیستم فرصت‌های مقرون به صرفه‌ای را برای پرداختن به اهداف توسعه چندگانه به شیوه‌ای هم‌افزا فراهم می‌کند. اطلاعات موجود

شامل ترسیب کربن، کنترل سیل و طوفان، گرده‌افشانی، تنظیم میکرواقلیم، کنترل بیولوژیکی آفات و بیماری‌های گیاهی، کیفیت خاک؛ و در خدمات حمایتی شامل حفاظت از تنوع زیستی، چرخه مواد مغذی؛ و در خدمات فرهنگی شامل ارزش‌های زیبایی شناختی، تفریح و اکوتوریسم، و ارزش‌های آموزشی است.

طراحی مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی (ESEM)

در این تحقیق، مدلی در ارزیابی خدمات اکوسیستمی ایجاد شد که تمامی خدمات اکوسیستمی را به طور همزمان شامل می‌شود. پس از بررسی‌های فراوان این طرح برای اولین بار به عنوان طرحی جدید ارائه می‌شود که در هیچ جای دیگری انجام نشده است و هدف آن مقایسه ارزش کلیه خدمات اکوسیستم گیاهی می‌باشد. مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی ارائه شده در این تحقیق یک روش شاخص ترکیبی است. بر اساس تحقیقات موجود در زمینه ارزیابی و ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستمی و بررسی مدل‌های ارزیابی و روش‌های امتیازدهی محیط زیست، مدل جدیدی از ارزیابی خدمات اکوسیستمی طراحی و ارائه شد.

جهان‌نور و همکاران این روش شاخص ترکیبی را در بیست باغ منتخب پشت‌بام (RTG) آزمایش کرد تا یک چک لیست ارزیابی سریع (RAC) برای خدمات اکوسیستم باغ‌های پشت‌بام (RTGS) ایجاد کند [۶].

در مدل مناطق حساس زیست‌محیطی به بیابان‌زایی (ESAs)، برای رویکرد استاندارد بیابان‌زایی و کاربری مدیترانه‌ای (MEDALUS)، مقدار شاخص‌ها از طریق میانگین هندسی میانگین موزون هر پارامتر جداگانه در این شاخص، تخمین زده می‌شود. هر پارامتر در هر شاخص کیفیت دارای امتیاز کمی بین ۱ تا ۲ می‌باشد، و نمرات شاخص‌ها به سه طبقه کیفی تقسیم می‌شوند [۱].

مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی ارائه شده در این تحقیق یک روش شاخص ترکیبی است که از طریق چک لیست ارزیابی سریع، برای امتیازدهی به هر یک از خدمات اکوسیستم گیاهی استفاده می‌شود. امتیاز هر یک از چهارده سرویس اکوسیستمی از میانگین حسابی شاخص‌های نیابتی آن (چک لیست‌های ارزیابی سریع مربوطه) به دست می‌آید. سپس امتیاز هر یک از خدمات تولیدی، حمایتی، تنظیمی

انطباق با محیطی که در آن قرار دارند و سازگاری با منطقه‌ای که در آن کاشته می‌شوند، در طرح‌هایی که باید تهیه شود، مهم هستند، و ویژگی‌های عملکردی، احیاکننده و اقتصادی بر انتخاب گونه‌های گیاهی تأثیر می‌گذارد. بر این اساس، به هر گیاه با توجه به ۲۹ عامل فرعی تحت ۵ ویژگی اصلی، مقدار (در محدوده ۱-۵) داده شد [۸].

داگمار و همکاران بر طراحی نوآورانه کاشت تأکید می‌کنند، زیرا این تعیین «ارزش اکولوژیکی» هر ترکیب کاشت در باغ را بیان می‌کند، به این معنی که چگونه مقدار و دفعات آبیاری، مالچ‌پاشی، کوددهی و سایر مداخلات نگهداری و همچنین فرصت پنهان‌شدن و تغذیه برای حشرات، خزندگان، دوزیستان و پستانداران کوچک، به طور قابل توجهی بر محیط تأثیر می‌گذارد [۳].

بر اساس این فرضیه که ارائه یک مدل جامع برای مقایسه و ارزیابی کلیه خدمات ارائه شده توسط اکوسیستم‌های گیاهی می‌تواند به ما کمک کند تا در توسعه پایدار گام برداریم و مدیریت صحیح اکوسیستم و حفظ خدمات اکوسیستم را انجام دهیم، این مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی را ساختیم. هدف اصلی این تحقیق، تقویت ارزیابی‌های جامع از مزایای اکولوژیکی، اجتماعی و اقتصادی طبیعت است، تا بدانیم کدام کاربری و گونه‌های گیاهی در عین حال که حداکثر منافع را برای بشر دارد در راستای حفظ محیط‌زیست و توسعه پایدار گام برمی‌دارد.

مواد و روش‌ها

انتخاب معیار اصلی، زیرمعیارها، شاخص‌ها

محدوده خدمات اکوسیستمی مورد ارزیابی توسط مدل ارائه شده در این تحقیق شامل کلیه خدماتی است که بر رفاه انسان تأثیر می‌گذارد. به عبارت دیگر، معیار اصلی مورد ارزیابی، کل خدمات اکوسیستمی است، و چهار زیرمعیار که امتیازدهی می‌شوند عبارتند از: خدمات تولیدی؛ خدمات تنظیمی؛ خدمات پشتیبانی؛ و خدمات فرهنگی؛ و خدمات چهارده‌گانه اکوسیستم به عنوان شاخص‌های زیرمعیارهای مذکور می‌باشد.

شاخص‌های ارزیابی شده این تحقیق در ارائه خدمات تولیدی شامل تأمین مواد غذایی، داروهای طبیعی و گیاهی، تولید چوب و الیاف می‌باشد. در بخش خدمات تنظیمی

جدول ۱، امتیاز نهایی مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی را نشان می‌دهد. مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی قادر است خدمات اکوسیستم‌های مختلف گیاهی را در چهار سطح ناچیز، متوسط، زیاد، خیلی زیاد مقایسه کند و بهترین گزینه را برای ایجاد حداکثر خدمات اکوسیستمی توصیه می‌کند.

و فرهنگی ارائه شده توسط اکوسیستم‌های گیاهی از میانگین هندسی خدمات زیرگروه آن به دست می‌آید و امتیاز کل خدمات اکوسیستمی از میانگین هندسی چهار سرویس اکوسیستمی مذکور به دست می‌آید. دامنه امتیاز نهایی مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی بین ۰ تا ۴ است.

جدول ۱- بیان کمی و کیفی امتیاز مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم (ESAM)

نماد	محدوده امتیاز ESAM	بیان کیفی (نوع)
L	≤ 1.5	ناچیز
M	$\leq 2.5, > 1.5$	متوسط
H	$\leq 3.5, > 2.5$	زیاد
V	> 3.5	خیلی زیاد

ارزیابی خدمات اکوسیستمی (ESEM) برای امتیازدهی به هر یک از چهارده خدمات اکوسیستم گیاهی در جدول ۲ آورده شده است.

انتخاب شاخص‌های معرف هر سرویس اکوسیستم و محاسبه امتیاز آن

امتیاز هر چهارده خدمت اکوسیستمی از میانگین حسابی شاخص‌های نیابتی مرتبط با آن سرویس به دست می‌آید. از میان تعداد ۴۳ شاخص نیابتی (چک لیست ارزیابی سریع)، شاخص‌های مربوطه که در محاسبه امتیاز خدمت تأمین مواد غذایی مشارکت دارند شامل نوع خاک، سن گیاه، عمق بستر، مصرف کود، شیوع نسبی گونه‌های خوراکی (میوه‌ها و سبزیجات)، وجود تنوع فصلی (میوه‌ها و سبزیجات)، مطلوبیت عملکرد محصول در سال، دفعات عرضه محصول، فروش محصولات زراعی (به اشتراک گذاری محصولات برای فروش) هستند؛ که در ردیف شماره ۴، ۵، ۶، ۱۲، ۱۹، ۲۴، ۲۶، ۲۷، ۲۹ در جدول ۲ توضیح داده شده است. شایان ذکر است که شاخص‌های نیابتی مطلوبیت عملکرد محصول در سال، دفعات عرضه محصول، و فروش محصولات زراعی (به اشتراک گذاری محصولات برای فروش)، به طور همزمان در محاسبه امتیاز سه خدمت تولیدی شرکت می‌کند. و برای هر سه خدمت تهیه غذا؛ داروهای طبیعی و صنعتی؛ تولید چوب و الیاف ارائه شده توسط گیاه، نمره جداگانه‌ای نوشته می‌شود.

طراحی چک لیست‌های ارزیابی سریع (RAC)

در این بخش از کار، چک لیست ارزیابی سریع (RAC) طراحی شد که شامل ۴۳ شاخص معرف برای ارزیابی است، که آن‌ها با مشارکت یکدیگر قادر خواهند بود هر یک از چهارده خدمات اکوسیستمی را ارزیابی کنند. در این تحقیق، عملکرد هر یک از این خدمات از طریق طراحی یک ابزار چک لیست ارزیابی سریع مدل‌سازی می‌شود. چک لیست‌های ارزیابی سریع طراحی شده شامل ۴۳ مورد از شاخص‌های معرف است که برخی از آن‌ها کمی و بیشتر کیفی هستند. این شاخص‌های نماینده به طور مستقیم یا غیرمستقیم ابعاد مختلف خدمات اکوسیستم ارزیابی شده را نشان می‌دهند.

چندین شاخص نیابتی به طور همزمان برای ارزیابی هر سرویس اکوسیستم استفاده می‌شود. از جمله شاخص‌های مورد استفاده می‌توان به تراکم گیاهان، ارتفاع گیاهان آوندی، درصد تاج‌پوشش به کل مساحت، نوع خاک، سن گیاهان، عمق بستر، اتصال به زیستگاه طبیعی، نوع پوشش گیاهی، همپوشانی پوشش گیاهی و غیره اشاره کرد. بنابراین، برای مثال از ۱۳ شاخص نیابتی برای ارزش‌گذاری سه خدمت تولیدی؛ ۲۲ شاخص نیابتی برای ارزیابی شش سرویس تنظیمی اکوسیستم؛ و از ۱۲ شاخص نیابتی برای امتیازدهی به دو سرویس پشتیبانی اکوسیستم استفاده شد؛ و ۱۸ شاخص نیابتی برای ارزیابی سه سرویس فرهنگی اکوسیستم استفاده خواهد شد. شاخص‌های نیابتی مدل

جدول ۲- شاخص‌های نیابتی مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی (ESEM) برای امتیازدهی به هر یک از چهارده خدمات اکوسیستم گیاهی

ردیف	شاخص‌های نیابتی	بیان کیفی امتیاز شاخص	بیان کمی
۱	تراکم گیاه	تراکم کم	۰-۱/۵۰
		تراکم متوسط	۱/۵۱-۲/۵۰
		تراکم بالا	۲/۵۱-۳/۵۰
		تراکم بسیار بالا	۳/۵۱-۴
۲	ارتفاع گیاهان آونددار	کمتر از ۱/۵ متر	۰-۱/۵۰
		۱/۵ تا ۳ متر	۱/۵۱-۲/۵۰
		۳ تا ۵ متر	۲/۵۱-۳/۵۰
۳	درصد تاج‌پوشش به کل سطح	بیشتر از ۵ متر	۳/۵۱-۴
		درصد تاج‌پوشش ۰ تا ۳۰	۰-۱/۵۰
		درصد تاج‌پوشش ۳۰ تا ۵۰	۱/۵۱-۲/۵۰
		درصد تاج‌پوشش ۵۰ تا ۸۵	۲/۵۱-۳/۵۰
۴	نوع خاک	درصد تاج‌پوشش ۸۵ تا ۱۰۰	۳/۵۱-۴
		میزان حاصلخیزی خاک	۰-۴
		۰ تا ۱۰ سال	۰-۱/۵۰
۵	سن گیاهان	۱۰ تا ۲۵ سال	۱/۵۱-۲/۵۰
		۲۵ تا ۴۰ سال	۲/۵۱-۳/۵۰
		بیشتر از ۴۰ سال	۳/۵۱-۴
۶	عمق بستر	۰ تا ۱ متر	۰-۱/۵۰
		۱ تا ۲ متر	۱/۵۱-۲/۵۰
		۲ تا ۳ متر	۲/۵۱-۳/۵۰
۷	اتصال به زیستگاه طبیعی	بیشتر از ۳ متر	۳/۵۱-۴
		بسیار دور از مناطق طبیعی	۰-۱/۵۰
		تا ۴۰۰۰ متر از زیستگاه طبیعی	۱/۵۱-۲/۵۰
		۶۰۰ متر از مناطق زیستگاه طبیعی فاصله	۲/۵۱-۳/۵۰
۸	نوع پوشش گیاهی	چسبیدن به قلمرو طبیعی	۳/۵۱-۴
		چمن (چمن) یا درخت یا بوته	۰-۲/۵۰
		ترکیبی از چمن و درخت، یا چمن و بوته، یا بوته و درخت	۲/۵۱-۳/۵۰
		ترکیبی از سه نوع چمن، بوته‌ای و درختی	۳/۵۱-۴
۹	فرصت‌های تو در تو (همپوشانی پوشش گیاهی)	چمن با بوته	۰-۲/۵۰
		بوته‌ای با درختان	۲/۵۱-۳/۵۰
		همپوشانی چمن با بوته‌ها و درختان	۳/۵۱-۴
۱۰	ایجاد لانه اکولوژیکی برای حشرات، پرندگان و حیات وحش	بدون ایجاد جایی برای نشستن پرندگان	۰-۲/۵۰
		ایجاد زیستگاه برای حشرات مفید و پرندگان برای نشستن	۲/۵۱-۳/۵۰
		یک مکان لانه‌سازی برای پرندگان ایجاد می‌کند	۳/۵۱-۴

۰-۲/۵۰	از آفت کش ها برای مبارزه با آفات گیاهی استفاده می شود	کنترل بیولوژیکی (استفاده از آفت کش ها)	۱۱
۲/۵۱-۴	برای مبارزه با آفات از کنترل بیولوژیکی استفاده می شود		
۰-۲/۵۰	خیر		
۲/۵۱-۳/۵۰	بله، کود شیمیایی	استفاده از کود	۱۲
۳/۵۱-۴	بله، کود آلی		
۰-۱/۵۰	درصد مساحت سایه زمین ۰ تا ۲۵ است		
۱/۵۱-۲/۵۰	درصد مساحت سایه زمین ۲۵ تا ۵۰ است	تعداد گیاهانی که سایه ایجاد می کنند	۱۳
۲/۵۱-۳/۵۰	درصد مساحت سایه زمین ۵۰ تا ۷۵ است		
۳/۵۱-۴	درصد مساحت سایه زمین ۷۵ تا ۱۰۰ است		
۰-۴	۰ تا ۱۰۰ درصد	ساختار عمودی گیاهان (درصد سطح پوشش درختی در کل سطح پوشش گیاهی)	۱۴
۰-۴	خیلی زیاد / زیاد / متوسط / کم / خیلی کم / اصلاً	سطح آسایش حرارتی	۱۵
۰-۱/۵۰	پوشش چمن		
۱/۵۱-۲/۵۰	پوشش بوته ای	پوشش گیاهی عمده (نوع اصلی پوشش گیاهی که بیشترین درصد را در زمین دارد)	۱۶
۲/۵۱-۳/۵۰	پوشش درختچه ای		
۳/۵۱-۴	پوشش درخت		
۰-۴	محرک لامسه / بویایی / چشایی / شنوایی / بینایی	انتخاب گونه های گیاهی از نظر زیبایی	۱۷
۰-۴	RP = کل جمعیت گونه های مزرعه / جمعیت گونه های چوبی مزرعه یا پلات	شیوع نسبی (RP) گونه های چوبی	۱۸
۰-۴	RP = کل جمعیت گونه های مزرعه / جمعیت گونه های خوراکی پلات	شیوع نسبی (RP) گونه های خوراکی (میوه ها و سبزیجات)	۱۹
۰-۴	RP = جمعیت کل گونه های مزرعه / جمعیت گونه های دارویی پلات	شیوع نسبی (RP) گونه های دارویی	۲۰
۰-۴	RP = جمعیت کل گونه های مزرعه / جمعیت گونه های گلدار	شیوع نسبی (RP) گونه های گیاهی گلدار	۲۱
۰-۴	تعداد	غنای گونه ای گیاهی	۲۲
۰-۴	$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$, که در آن pi کسری از افراد متعلق به گونه i ام است.		
	$P_i = N_i / N$, $N_i =$ جمعیت گیاهی گونه i ام است. $N = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n$ که N تعداد گونه ها است.	شاخص تنوع گیاهی	۲۳
۰-۴	بله/خیر	وجود تنوع فصلی (میوه و سبزیجات)	۲۴
۰-۴	بله/خیر	وجود گونه های گیاهی مولد چوب / الیاف / خمیر کاغذ مانند افرا، نیشکر و غیره.	۲۵
۰-۴	اصلاً / کم / متوسط / زیاد	مطلوبیت عملکرد محصول در سال	۲۶
۰-۴	سالانه / فصلی / ماهانه / هفتگی / به طور منظم	دفعات عرضه محصول	۲۷
۰-۴	به ندرت / کم / متوسط / زیاد	دفعات استفاده از داروهای گیاهی	۲۸

۰-۴	بله/خیر	فروش محصولات کشاورزی (به اشتراک‌گذاری محصولات برای فروش)	۲۹
۰-۴	بله/خیر	استخدام محلی (استخدام باغبان)	۳۰
۰-۴	بله/خیر	تنوع تولید محصولات گیاهی	۳۱
۰-۴	بله/خیر	مانع محافظتی (استفاده از بادشکن، حصار)	۳۲
۰-۴	بله/خیر	بازگرداندن بقایای گیاهی به خاک	۳۳
۰-۴	بله/خیر	مخزن آب (وجود هر گونه منبع آب برای حمام پرندگان و تلطیف هوا)	۳۴
۰-۴	بله/خیر	دسترسی به آب	۳۵
۰-۴	بله/خیر	زهکشی	۳۶
۰-۴	مرتب/به هم ریخته	ظاهر	۳۷
۰-۴	بله/خیر	سهولت دسترسی	۳۸
۰-۴	بله/خیر	امکان‌ات تفریحی (صندلی، میز، سایبان، تاب و ...)	۳۹
۰-۴	ماهانه / هفتگی / به طور منظم	تعداد دفعات بازدید گردشگران	۴۰
۰-۴	خیلی زیاد/زیاد/متوسط/کم/اصلاً	سطح رضایت ذهنی خدمه	۴۱
۰-۴	بدون پشتیبانی / اینترنت یا مواد چاپی / نهالستان های نزدیک / دفتر کشاورزی	پشتیبانی فنی	۴۲
۰-۴	بله/خیر	فعالیت‌های آموزشی (تورهای بازدید یا اکوتوریسم)	۴۳

انسانی کمتر خواهد بود و دقت مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم گیاهی بالاتر خواهد بود.

اعتبارسنجی میدانی مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم (ESEM)

چالش‌های زیادی برای انتخاب گیاهان مناسب برای ایجاد فضای سبز وجود دارد. در تعیین عوامل ارزش‌گذاری گونه های گیاهی در ایجاد فضای سبز شهری، جنگل‌کاری، احیای اراضی فرسوده و ... استاندارد خاصی وجود ندارد و تنها به برخی از آن‌ها در اکثر منابع اشاره شده است. هدف از این تحقیق، ایجاد یک چارچوب کلی برای رتبه‌بندی کلیه خدمات گونه‌های گیاهی است و هر چهارده خدمات اکوسیستم گیاهی امتیازدهی می‌شوند.

به منظور دسترسی به گستره نمونه مورد نیاز برای اعتبارسنجی مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی، از روش نمونه‌گیری در دسترس استفاده می‌شود و چهار عامل اصلی برای انتخاب حجم نمونه در نظر گرفته شده است که مصارف دارویی یا صنعتی، مصرف خوراکی، مقاومت به شوری، مقاومت به خشکی و اکثر گونه‌ها دارای زیرمعیار دیگری مانند زیباسازی محیط هستند.

جدول ۳ شاخص‌های متناظر مشارکت‌کننده در محاسبه امتیاز هر یک از چهارده خدمت اکوسیستمی را نشان می‌دهد. به عنوان مثال، امتیاز خدمات ارائه غذا در اکوسیستم از میانگین حسابی ۹ شاخص نیابتی مرتبط (۴،۵،۶،۱۲،۱۹،۲۴،۲۶،۲۷،۲۹) به دست می‌آید. دامنه امتیازات داده شده به هر یک از ۴۳ شاخص نیابتی از ۰ تا ۴ است که در ستون چهارم جدول ۲ بیان کمی هر یک از ۴۳ شاخص پراکسی بیان شده است.

امتیاز هر یک از چهارده سرویس اکوسیستم (a, b, c, d, e, f, g, h, I, j, k, l, m, n) از میانگین حسابی شاخص های نیابتی متناظر آن به دست می‌آید. سپس امتیاز هر یک از خدمات تولیدی، تنظیمی، حمایتی و فرهنگی (I, II, III, IV) از میانگین هندسی امتیاز خدمات زیرگروه آن به دست می‌آید و متعاقباً امتیاز کل خدمات اکوسیستمی از میانگین هندسی چهار خدمت اصلی اکوسیستم (I, II, III, IV) به دست می‌آید.

امتیازدهی تمام ۴۳ شاخص نیابتی برای هر یک از گونه های گیاهی مورد نظر یا منطقه مورد نظر باید با دقت زیاد و با بازدیدهای میدانی انجام شود. هرچه متخصص در امتیازدهی به شاخص‌های نیابتی دقیق‌تر باشد، خطای

جدول ۳- طریقه محاسبه امتیاز چهارده خدمت اکوسیستمی با شاخص‌های متناظر

چهار خدمت اکوسیستم	چهارده خدمت اکوسیستمی	فرمول میانگین حسابی شاخص‌های نیابتی مرتبط برای محاسبه امتیاز چهارده خدمت اکوسیستمی	امتیاز کل خدمات اکوسیستمی
	تولید مواد غذایی (a)	$a = (\sum_i 4,5,6,12,19,24,26,27,29) / n_a$	$ES_T = \frac{ES_I * ES_{II} * ES_{III} * ES_{IV}}{\sqrt[4]{ES_I * ES_{II} * ES_{III} * ES_{IV}}}$
خدمات تولیدی (I)	تولید دارویی، معطر (b)	$b = (\sum_i 4,5,6,12,20,26,27,28,29) / n_b$	$ES_I = \sqrt[3]{a * b * c}$
	تولید چوب، الیاف (c)	$c = (\sum_i 4,5,6,12,18,25,26,27,29) / n_c$	
	ترسیب کربن (d)	$d = (\sum_i 1,2,3,5,8,9,14) / n_d$	
	کنترل سیل و طوفان (e)	$e = (\sum_i 1,3,5,6,8,9,14,16,32,36) / n_e$	
	تنظیم میکرو اقلیم (f)	$f = (\sum_i 1,2,3,5,8,9,13,14,15,16,32,34,35) / n_f$	
خدمات تنظیمی (II)	گرده افشانی (g)	$g = (\sum_i 7,10,21,23,34) / n_g$	$ES_{II} = \sqrt[6]{d * e * f * g * h * i}$
	کنترل بیولوژیکی آفات، بیماری‌های گیاهی (h)	$h = (\sum_i 7,10,11) / n_h$	
	کیفیت خاک (i)	$i = (\sum_i 3,4,6,12,33) / n_i$	
خدمات پشتیبانی (III)	حفظ تنوع زیستی (j)	$j = (\sum_i 8,18,19,20,21,23,31) / n_j$	$ES_{III} = \sqrt[2]{j * k}$
	چرخه مواد مغذی (k)	$k = (\sum_i 4,6,12,26,33) / n_k$	
خدمات فرهنگی (IV)	ارزش زیبا شناختی (l)	$l = (\sum_i 1,2,5,8,17,22,23,37,40,41) / n_l$	$ES_{IV} = \sqrt[3]{l * m * n}$
	تفریح، گردشگری (m)	$m = (\sum_i 10,15,22,37,38,39,40,43) / n_m$	
	آموزش و یادگیری (n)	$n = (\sum_i 30,31,42,43) / n_n$	

شهرداری اصفهان انتخاب شد. این باغ دارای انواع گیاهان دارویی، خوراکی و زینتی است. دوم، باغ گیاه شناسی کاشان انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفت.

پس از بررسی چندین مورد از کشت گیاهان دارویی و ایجاد فضای سبز، در نهایت دو مکان برای بررسی گونه‌های موجود و اعتبارسنجی مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم گیاهی انتخاب شد: ابتدا باغ گیاهان دارویی و خوراکی

زیتونیان با ۶ گونه می‌باشد و کل تعداد تیره‌های گیاهی مورد مطالعه در مدل ۶۲ تیره است.

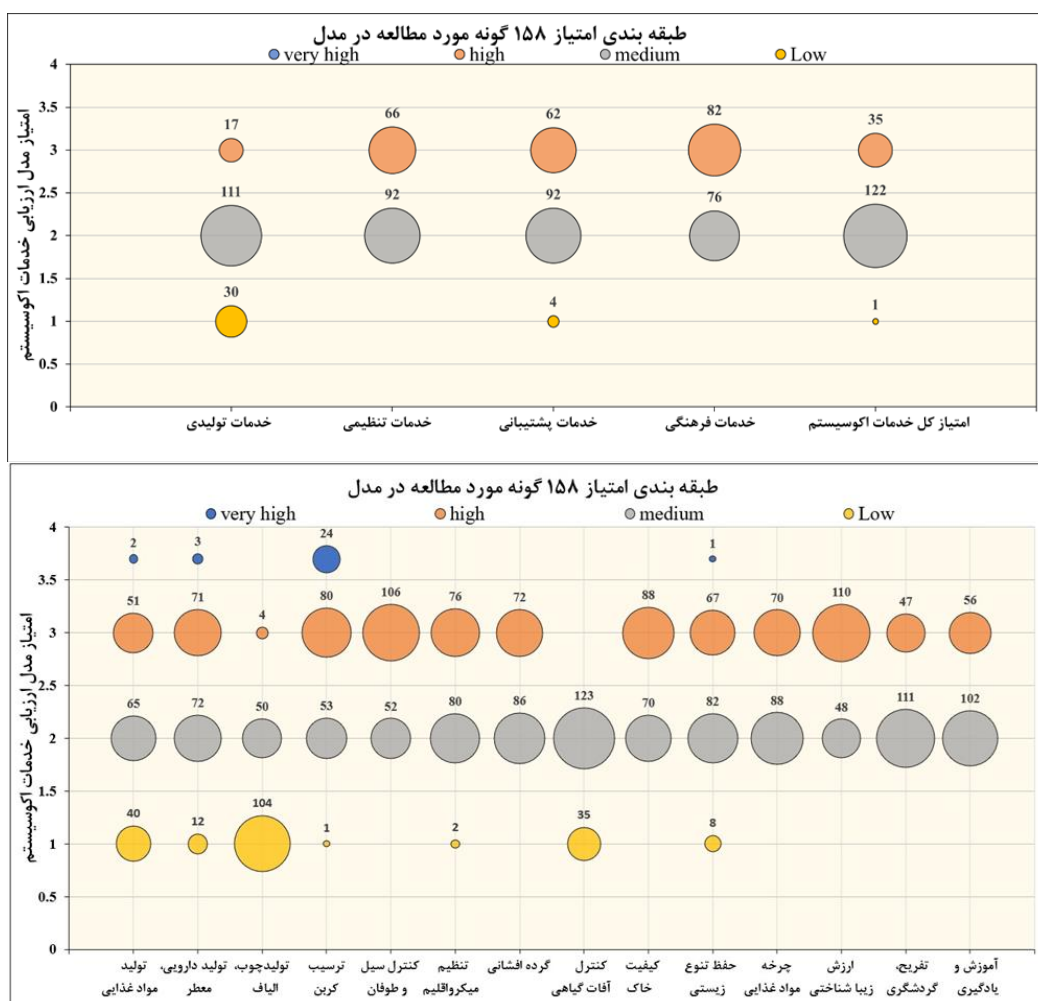
نتایج

ابتدا جداول امتیازدهی ۴۳ شاخص نیابتی برای همه گونه‌ها در نرم‌افزار Excel طراحی شد. سپس بازدیدهای میدانی و امتیازدهی شاخص‌های نیابتی انجام شد و در نهایت، داده‌ها با تجزیه و تحلیل آماری به دست آمد.

رتبه‌بندی امتیازات مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم (ESAM) برای ۱۵۸ گونه مورد مطالعه در چهار سطح ناچیز، متوسط، زیاد، و خیلی زیاد انجام گردید. شکل ۱ رتبه‌بندی نمرات مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم گیاهی (ESEM) را در ۱۵۸ گونه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

در این تحقیق، فهرستی از ۱۵۸ گونه از گیاهان دارویی و صنعتی مقاوم به شوری و خشکی که در پارک گیاهان دارویی-زینتی شهرداری اصفهان و باغ گیاه‌شناسی کاشان کشت شده‌اند، برای اعتبارسنجی مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم گیاهی استفاده شد.

اشکال رویشی ۱۵۸ گونه مورد مطالعه عبارتند از: ۱۵ گونه فرم رویشی درختی همیشه‌سبز، ۲۷ گونه درخت خزان‌کننده، ۲۴ گونه درختچه همیشه‌سبز، ۳۲ گونه درختچه خزان‌کننده، ۳۰ گونه علفی چندساله همیشه‌سبز، ۱۰ گونه علفی چندساله خزان‌کننده، ۵ گونه درخت سوزنی‌برگ همیشه‌سبز، ۱۲ گونه علفی یکساله و ۵ گونه ساکولنت همیشه‌سبز؛ و بیشترین تعداد گونه‌های ارائه شده به ترتیب متعلق به تیره‌های گیاهی کاسنیان با تعداد ۱۳ گونه، تیره باقلائیان با ۱۳ گونه، تیره گل‌سرخیان با ۱۱ گونه، تیره تاج‌خروسیان با ۱۰ گونه، تیره نعنائیان با ۹ گونه، و تیره



شکل ۱- رتبه‌بندی نمرات مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم گیاهی (ESEM) در ۱۵۸ گونه مورد مطالعه

بحث و نتیجه گیری

پس از امتیاز دهی به شاخص خدمت تأمین مواد غذایی، در نتیجه تعداد ۲ گونه گیاهی شامل *Olea europaea*، *Punica granatum* دارای امتیاز خیلی زیاد (V) و تعداد ۵۱ گونه گیاهی از جمله *Ligustrum lucidum*، *Pyrus boissieriana* و غیره امتیاز زیاد (H) دارند. تعداد ۶۵ گونه گیاهی با امتیاز متوسط (M) و تعداد ۴۰ گونه گیاهی دارای امتیاز ناچیز (L) هستند.

امتیاز چهارده خدمات اکوسیستمی برای هر گیاه محاسبه شد و با مقایسه امتیازات، گونه‌های برتر توسط مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی در هر خدمت معرفی شدند. در نهایت همه ۱۵۸ گونه مورد مطالعه از لحاظ بالاترین خدمات ارائه شده توسط مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم گیاهی (ESEM) رتبه بندی شدند. در جدول ۴ تعداد ۱۵ گونه با بالاترین رتبه ارائه خدمات اکوسیستم معرفی شده توسط مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم گیاهی ارائه شده است.

جدول ۴- پانزده گونه با بالاترین رتبه ارائه خدمات تولیدی (I) معرفی شده توسط مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم گیاهی (در بین ۱۵۸ گونه مورد مطالعه)

خدمات تولیدی (I)						
رتبه	تولید مواد غذایی (a)	امتیاز	خدمات تنظیمی (II)	امتیاز	تولید چوب، الیاف (c)	امتیاز
۱	<i>Olea europaea</i>	3.67	<i>Punica granatum</i>	3.67	<i>Fraxinus excelsior</i>	3.11
۲	<i>Punica granatum</i>	3.61	<i>Olea europaea</i>	3.61	<i>Taxodium distichum</i>	2.68
۳	<i>Ligustrum lucidum</i>	3.40	<i>Rosa canina</i>	3.40	<i>Paulownia tomentosa</i>	2.62
۴	<i>Pyrus boissieriana</i>	3.40	<i>Ligustrum lucidum</i>	3.40	<i>Liquidambar styraciflua</i>	2.51
۵	<i>Phoenix dactylifera</i>	3.40	<i>Crataegus monogyna</i>	3.40	<i>Ginkgo biloba</i>	2.39
۶	<i>Crataegus monogyna</i>	3.37	<i>Punica granatum</i>	3.28	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	2.39
۷	<i>Fraxinus excelsior</i>	3.22	<i>Fraxinus excelsior</i>	3.28	<i>Maclura pomifera</i>	2.33
۸	<i>Rosa canina</i>	3.14	<i>Rubia tinctorum</i>	3.28	<i>Celtis australis</i>	2.29
۹	<i>Aloysia citriodora</i>	3.12	<i>Pyrus boissieriana</i>	3.18	<i>Celtis caucasica</i>	2.29
۱۰	<i>Cynara scolymus</i>	3.11	<i>Foeniculum vulgare</i>	3.17	<i>Leucaena leucocephala</i>	2.28
۱۱	<i>Ziziphus jujuba</i>	3.07	<i>Rosa foetida</i>	3.17	<i>Cedrus deodara</i>	2.19
۱۲	<i>Vitex agnus-castus</i>	3.06	<i>Calendula officinalis</i>	3.17	<i>Quercus ilex</i>	2.18
۱۳	<i>Foeniculum vulgare</i>	3.06	<i>Jasminum nudiflorum</i>	3.17	<i>Quercus longipes</i>	2.18
۱۴	<i>Punica granatum</i>	3.06	<i>Aloysia citriodora</i>	3.12	<i>Zelkova carpinifolia</i>	2.17
۱۵	<i>Eriobotrya japonica</i>	3.03	<i>Cynara scolymus</i>	3.11	<i>Pyrus boissieriana</i>	2.12

در بیان کیفی، پس از محاسبه امتیاز ارائه خدمات تولیدی (I) در نتیجه، ۱۷ گونه گیاهی با امتیاز زیاد (H)، ۱۱ گونه گیاهی با امتیاز متوسط (M) و ۳۰ گونه گیاهی با امتیاز ناچیز (L) وجود داشت.

در جدول ۵ نمرات رتبه بندی از ۱۵۸ گونه مورد مطالعه به همراه بهترین گونه از نظر هر خدمت ارائه شده است.

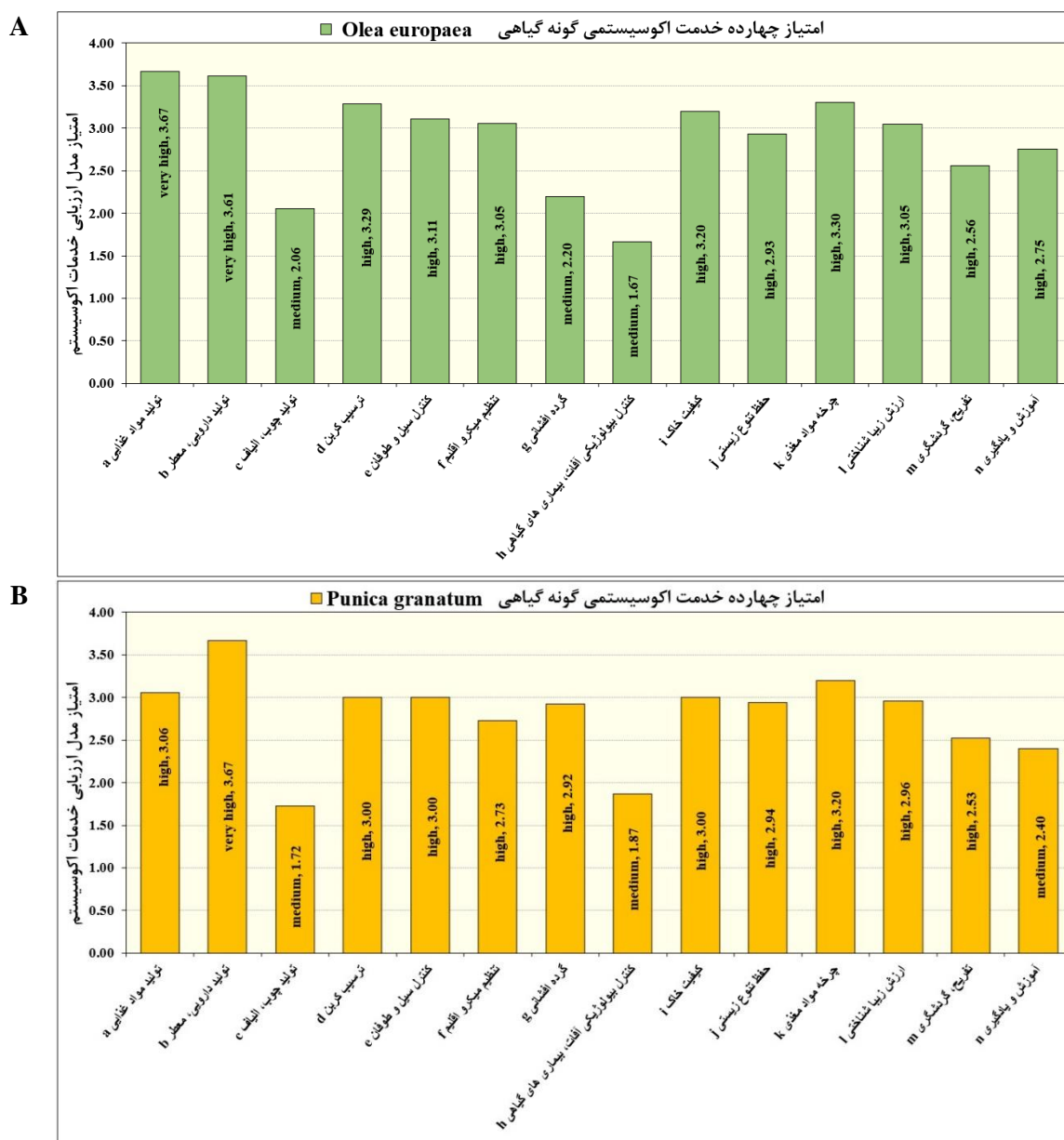
بر اساس مقایسه نمرات مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی با استفاده از نرم افزار Excel، سه گونه *Olea*

europaea (با امتیاز ۳٫۶۷)، *Punica granatum* (با امتیاز ۳٫۶۷) و *Fraxinus excelsior* (با امتیاز ۳٫۱۱) به ترتیب بهترین گونه‌ها از نظر: خدمات تهیه غذا (a)، خدمات دارویی (b)، خدمات تولید چوب، الیاف (c) هستند. شکل ۲ نمودار نمرات چهارده خدمات اکوسیستم گیاهی، سه گونه گیاهی برتر را نشان می‌دهد که توسط مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی انتخاب شده‌اند.

جدول ۵- امتیازات رتبه‌بندی از ۱۵۸ گونه مورد مطالعه به همراه بهترین گونه‌ها از نظر هر خدمت

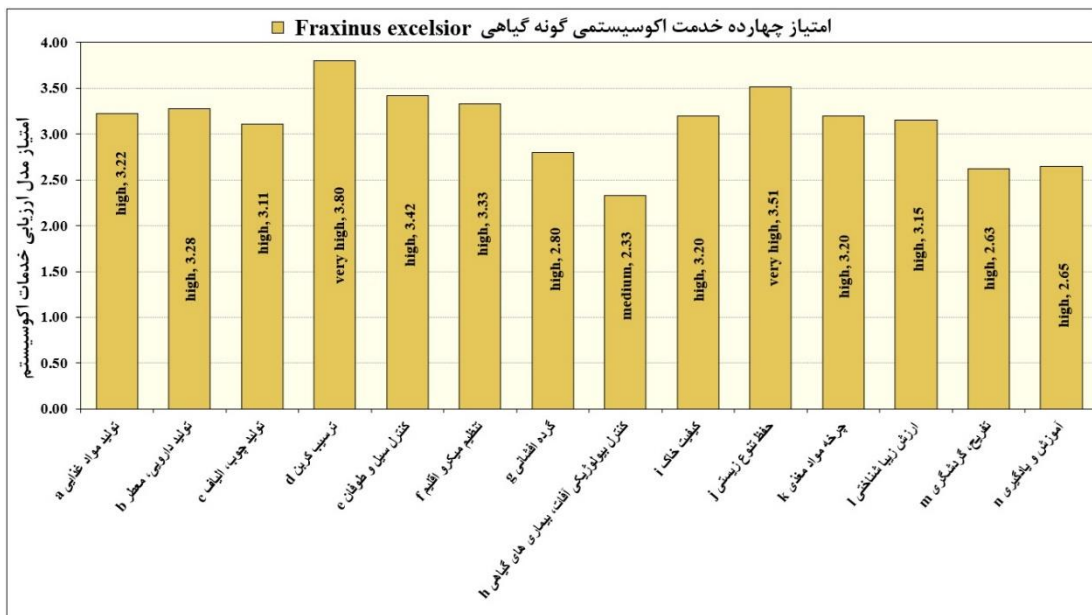
معرفی بهترین گونه‌ها توسط مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم (ESEM) از هر خدمت	طبقه‌بندی امتیازات ۱۵۸ گونه آزمایش شده				خدمات اکوسیستم (نماد)
	low (≤ 1.5)	medium ($\leq 2.5, > 1.5$)	high ($\leq 3.5, > 2.5$)	very high (> 3.5)	
<i>Fraxinus excelsior</i> (3.20), <i>Olea europaea</i> (3.01), <i>Ligustrum lucidum</i> (2.90), <i>Pyrus boissieriana</i> (2.84), <i>Crataegus monogyna</i> (2.75)	30	111	17	0	خدمات تولیدی (I)
<i>Olea europaea</i> (3.67), <i>Punica granatum</i> (3.61), <i>Ligustrum lucidum</i> (3.40), <i>Pyrus boissieriana</i> (3.4), <i>Phoenix dactylifera</i> (3.40)	40	65	51	2	تولید مواد غذایی (a)
<i>Punica granatum</i> (3.67), <i>Olea europaea</i> (3.61), <i>Rosa canina</i> (3.52), <i>Ligustrum lucidum</i> (3.46), <i>Crataegus monogyna</i> (3.46)	12	72	71	3	تولید دارویی، معطر (b)
<i>Fraxinus excelsior</i> (3.11), <i>Taxodium distichum</i> (2.68), <i>Paulownia tomentosa</i> (2.62), <i>Liquidambar styraciflua</i> (2.51), <i>Ginkgo biloba</i> (2.39)	104	50	4	0	تولید چوب، الیاف (c)
<i>Fraxinus excelsior</i> (3.11), <i>Acer pseudoplatanus</i> (2.95), <i>Sophora japonica</i> (2.92), <i>Liquidambar styraciflua</i> (2.91), <i>Paulownia tomentosa</i> (2.90)	0	92	66	0	خدمات تنظیمی (II)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (3.83), <i>Acer pseudoplatanus</i> (3.81), <i>Fraxinus excelsior</i> (3.80), <i>Liquidambar styraciflua</i> (3.79), <i>Ailanthus altissima</i> (3.77)	1	53	80	24	ترسیب کربن (d)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> (3.48), <i>Acer pseudoplatanus</i> (3.47), <i>Liquidambar styraciflua</i> (3.45), <i>Ailanthus altissima</i> (3.44), <i>Celtis australis</i> (3.43)	0	52	106	0	کنترل سیل و طوفان (e)
<i>Acer pseudoplatanus</i> (3.41), <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (3.38), <i>Zelkova carpinifolia</i> (3.37), <i>Liquidambar styraciflua</i> (3.36), <i>Quercus ilex</i> (3.36)	2	80	76	0	تنظیم میکرو اقلیم (f)
<i>Sophora japonica</i> (2.92), <i>Albizia julibrissin</i> (2.92), <i>Punica granatum</i> (2.92), <i>Tagetes erecta</i> (2.90), <i>Santolina chamaecyparissus</i> (2.90)	0	86	72	0	گرده‌افشانی (g)
<i>Tagetes erecta</i> (2.33), <i>Calendula officinalis</i> (2.33), <i>Fraxinus excelsior</i> (2.33), <i>Paulownia tomentosa</i> (2.03), <i>Taxodium distichum</i> (2.00)	35	123	0	0	کنترل بیولوژیکی آفات، بیماری‌های گیاهی (h)
<i>Ligustrum lucidum</i> (3.32), <i>Fraxinus excelsior</i> (3.20), <i>Olea europaea</i> (3.20), <i>Pyrus boissieriana</i> (3.10), <i>Rubia tinctorum</i> (3.10)	0	70	88	0	کیفیت خاک (i)
<i>Fraxinus excelsior</i> (3.35), <i>Pyrus boissieriana</i> (3.24), <i>Punica granatum</i> (3.14), <i>Olea europaea</i> (3.11), <i>Crataegus monogyna</i> (3.07)	4	92	62	0	خدمات پشتیبانی (III)
<i>Fraxinus excelsior</i> (3.51), <i>Pyrus boissieriana</i> (3.29), <i>Paulownia tomentosa</i> (3.17), <i>Sophora japonica</i> (3.14), <i>Quercus ilex</i> (3.11)	8	82	67	1	حفظ تنوع زیستی (j)
<i>Ligustrum lucidum</i> (3.32), <i>Olea europaea</i> (3.30), <i>Fraxinus excelsior</i> (3.20), <i>Pyrus boissieriana</i> (3.20), <i>Punica granatum</i> (3.20)	0	88	70	0	چرخه مواد مغذی (k)
<i>Crataegus monogyna</i> (2.88), <i>Sophora japonica</i> (2.85), <i>Quercus ilex</i> (2.85), <i>Quercus longipes</i> (2.85), <i>Ziziphus jujuba</i> (2.85)	0	76	82	0	خدمات فرهنگی (IV)

<i>Liquidambar styraciflua</i> (3.27), <i>Tecoma radicans</i> (3.27), <i>Sophora japonica</i> (3.26), <i>Crataegus monogyna</i> (3.22), <i>Cedrus deodara</i> (3.22)	0	48	110	0	ارزش زیبا شناختی (l)
<i>Quercus ilex</i> (2.76), <i>Quercus longipes</i> (2.76), <i>Taxodium distichum</i> (2.76), <i>Liquidambar styraciflua</i> (2.71), <i>Sophora japonica</i> (2.71)	0	111	47	0	تفریح، گردشگری (m)
<i>Paulownia tomentosa</i> (2.75), <i>Crataegus monogyna</i> (2.75), <i>Pyrus boissieriana</i> (2.75), <i>Ziziphus jujuba</i> (2.75), <i>Ziziphus lotus</i> (2.75)	0	102	56	0	آموزش و یادگیری (n)
<i>Fraxinus excelsior</i> (3.11), <i>Pyrus boissieriana</i> (2.89), <i>Olea europaea</i> (2.89), <i>Crataegus monogyna</i> (2.87), <i>Ligustrum lucidum</i> (2.85)	1	122	35	0	امتیاز کل خدمات اکوسیستمی (t)



شکل ۲- امتیازات چهارده خدمت اکوسیستم گیاهی، سه گونه گیاهی برتر، انتخاب شده توسط مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم. سه گونه برتر به ترتیب عبارتند از: شکل A: *Olea europaea* (3.67) بهترین گونه از نظر خدمت تهیه غذا (a)، شکل B: *Punica granatum* (3.67) بهترین گونه از نظر ارائه خدمات دارویی (b).

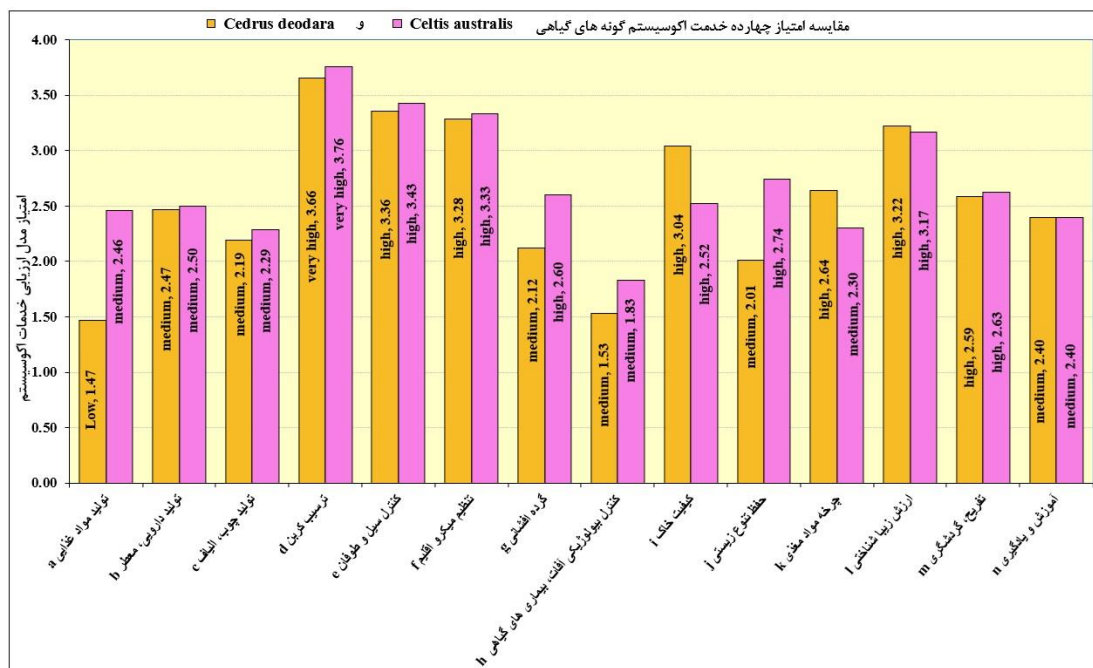
C



ادامه شکل ۲- امتیازات چهارده خدمات اکوسیستم گیاهی، سه گونه گیاهی برتر، انتخاب شده توسط مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم. سه گونه برتر؛ شکل C: *Fraxinus excelsior* (3.11) بهترین از نظر خدمت تولید چوب، الیاف (c).

شناختی (l)، تفریح، گردشگری (m)، ارزش آموزشی و یادگیری (n) انتخاب می شوند. همچنین به کمک نرم افزار اکسل، مقایسه دوتایی خدمات دو گونه گیاهی امکان پذیر است. شکل ۳ مقایسه امتیاز چهارده خدمت اکوسیستم، گونه های *Cedrus deodara* و *Celtis australis* را نشان می دهد.

به همین ترتیب، با مقایسه نمرات مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی با استفاده از نرم افزار اکسل، بهترین گونه ها از نظر سایر خدمات ترسیب کربن (d)، کنترل سیل و طوفان (e)، تنظیم میکرو اقلیم (f)، گردنه افشانی (g)، کنترل بیولوژیکی آفات، بیماری های گیاهی (h)، کیفیت خاک (i)، حفظ تنوع زیستی (j)، چرخه مواد مغذی (k)، ارزش زیبایی



شکل ۳- مقایسه امتیاز چهارده خدمات اکوسیستم گیاهی، گونه های *Celtis australis* و *Cedrus deodara*.

اکوسیستمی (ایده جدید) ارائه شد. در نهایت، معرفی بهترین گونه‌های انتخاب شده توسط مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم (ESEM) به دست آمد.

سیاسگزاری

نویسندگان صمیمانه از جناب آقای دکتر مسعود برهانی عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، و جناب آقای دکتر بتولی عضو هیأت علمی و مسئول ایستگاه مناطق خشک و بیابانی کاشان برای کمک در مقاله پژوهشی تشکر می‌کند.

ایده جدید مدل ارزیابی خدمات اکوسیستم (ESEM) می‌تواند به عنوان راهنمای انتخاب گیاهان برای کشت در فضای سبز استفاده شود. مدل ارزیابی خدمات اکوسیستمی به صورت نرم‌افزار قابل تهیه و مورد استفاده متخصصین است. می‌توان ابعاد دیگر مدل را در چارچوب هر یک از چهارده خدمات ارائه شده توسط گیاه گسترش داد و موضوع هر خدمت را تخصصی‌تر کرد. به عنوان مثال، در مورد خدمات تهیه غذا، زیرشاخص‌هایی مانند تولید عسل، تولید علوفه دام، تولید مستقیم محصول و یا سایر زیرشاخص‌ها توسط کارشناسان هر رشته قابل تعریف و امتیازدهی است. به منظور ارزشیابی و کمی‌سازی خدمات اکوسیستمی هر یک از گیاهان مورد مطالعه، مدل ارزیابی خدمات

References

- [1]. Ameer Abbas, J. A. (2022). Assessment of land sensitivity to desertification for Al Mussaib project using MEDALUS approach. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 177-196. doi: 10.22124/cjes.2022.5415
- [2]. Chen yan, W. (2006). *Assessing the services and value of green spaces in urban ecosystem: A case of Guangzhou city*. PhD thesis, University of Hongkong.
- [3]. Dagmar, S., Viera S., Ladislav, B. (2020). Interactive Experimental garden-a platform for lifelong and research in innovating planting design. *Plants in urban areas and landscape*, 35-42. doi: 10.15414/PUAL/2020.35-42
- [4]. Ervin, D., Vickerman, S., Ngawhika, S., Beaudoin, F., Hamlin, S., Dietrich, E., Manson, P., & Schoenen, J. (2014). *Principles to Guide Assessments of Ecosystem Service Values, first revised edition*. Portland, Oregon: Cascadia Ecosystem Services Partnership, Institute for Sustainable Solutions, Portland State University.
- [5]. Federal Emergency Management Agency (2020). *FEMA Ecosystem Service Value Updates*. Report US department of homeland security, June 2022, 195 Pages.
- [6]. Jahan Nur, I., Motaleb, H., Tania, H., Tasnia, F., Sazedatur, R., Benazir, I., Mdgholam, J., & Mdforhad, H. (2022). Evaluation of ecosystem services of rooftop gardens in Dhaka, Bangladesh. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4, 100166. doi: 10.1016/j.crsust.2022.100166
- [7]. Haridasan, K., Ganesh Babu, N. M., Bhatti, R. D., Unnikrishnan, P. M., Harirammoorthy, G. (2017). Gardening and landscaping options with medicinal plants. *ResearchGate publishers, India*.
- [8]. Kahveci, H., & Acar, C. (2022). Determination of selection criteria of plants in urban coastal landscapes: An example of the eastern black sea coast, Turkey. *Forestist*, 72(2), 165-174. doi: 10.5152/forestist.2021.21019
- [9]. Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, D.C.
- [10]. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2004). *The Ecosystem Approach*, (CBD Guidelines) Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

Quantitative assessment of arid biome plant ecosystems with Ecosystem Services Evaluation Model (ESEM) (Research Paper)

- 1- Kamal Imanian Najafabadi, Ph.D. Student, Department of Arid and Desert Management, Faculty of Natural Resources and Desertology, Yazd University, Yazd, Iran.
- 2- Kazem Kamali*, Associate Professor of the Department of Arid and Desert Management, Faculty of Natural Resources and Desertology, Yazd University, Yazd, Iran.
kkamali@yazd.ac.ir
- 3- Hamid Sodaizadeh, Associate Professor of the Department of Arid and Desert Management, Faculty of Natural Resources and Desertology, Yazd University, Yazd, Iran.
- 4- Mohammad Zare, Associate Professor of the Department of Arid and Desert Management, Faculty of Natural Resources and Desertology, Yazd University, Yazd, Iran.

Received: 05 Oct. 2024

Accepted: 18 Jan. 2025

Abstract

Plant ecosystem functions include four categories provisioning, regulating, supporting, and cultural services. So far, various methods have been proposed for evaluating or monetary valuation of ecosystem services. However, the void of a technique that can simultaneously assess all ecosystem services was felt, and thus a new ecosystem service evaluation model was presented. This model is a composite index from the group of indices-numerical models. This model evaluated all the services provided by the ecosystem, which affect human well-being, as the main criterion, and the four ecosystem services as secondary criteria. The sub-divisions of each of the sub-criteria are evaluated as indicators of the model (Three provisioning services: food, medicine, wood, or fibers; Six regulating services: carbon sequestration, runoff and flood control, microclimate regulation, pollination, biological control, and soil quality; Two supporting services: biodiversity conservation, and nutrient cycling; Three cultural services: aesthetics, entertainment and tourism, educational, and research aspects). To score the indicators, proxy indicators were designed and used as a Rapid Assessment Checklist (RAC) to score each index. The score of each index was obtained from the arithmetic mean of the related proxy indices, the score of each sub-criterion was obtained from the geometric mean of associated indicators, and the final score of the main criteria was also obtained from the geometric mean of all sub-criteria. The range of the model's scores was designed from 0 to 4, in four degrees. First, scoring tables of 43 proxy indicators for all 158 studied species were created. Then field visits and scoring of proxy indicators were done. Finally, the data was obtained by statistical analysis; and the score of fourteen ecosystem services was calculated for each of the 158 studied species. By comparing the scores of the Ecosystem Service Evaluation Model (ESEM), the best species are ranked in terms of fourteen ecosystem services.

Keywords: Quantitative monitoring, Ecosystem services, Ecological benefits, Beneficial species, Right plant species.