شناسایی و اولویت‌بندی معیارها و شاخص‌های خدمات چندگانه اکوسیستمی با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره آنتروپی و تاپسیس در حوزه آبخیز دارابکلا

مریم پیری کیا*[۱]، اصغر فلاح[۲]، حمید امیرنژاد[۳]، جهانگیر محمدی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۷/۴/۹ تاریخ پذیرش:۹۷/۸/۳

چکیده

شناسایی و اولویت‌بندی معیارها و شاخص‌ها نقش مهمی در ارزیابی خدمات اکوسیستمی دارد. در پژوهش حاضر از پرسشنامه دلفی به منظور شناسایی معیارها و شاخص‌های حایز اهمیت خدمات تولیدی(تولید آب و تولید چوب) و خدمات تنظیمی(حفاظت خاک و ذخیره و ترسیب کربن) و از تکنیک آنتروپی شانون به منظور محاسبه وزن آنها استفاده شده است و در ادامه از تکنیک تاپسیس برای اولویت‌بندی معیارها و شاخص‌های خدمات چندگانه اکوسیستمی استفاده گردید. ابتدا شاخص‌های مهم و تاثیرگذار از طریق پرسشنامه دلفی به وسیله کارشناسان مربوطه نمره‌دهی شدند که از میان آن‌ها ۱۹ شاخص برای تولید آب، ۲۳ شاخص برای تولید چوب، ۲۵ شاخص برای حفاظت از خاک و ۲۲ شاخص برای ذخیره و ترسیب کربن در خاک جهت ارزیابی خدمات چندگانه اکوسیستمی بومی‌سازی شد. نتایج اولویت‌بندی شاخص‌ها و معیارها از طریق تکنیک تاپسیس نشان داد که شاخص‌های بارندگی و ماندگاری برف و معیارهای خاک و اقلیم برای تولید آب، شاخص‌های تیپ گونه های درختی و درصد جنگل و معیارهای منابع جنگلی و اقلیم برای تولید چوب، شاخص‌های پوشش گیاهی و درصد تاج پوشش و معیارهای پوشش گیاهی و خاک برای حفاظت از خاک، شاخص‌های کاربری زمین و پوشش گیاهی و معیارهای پوشش گیاهی و اقلیم برای ذخیره و ترسیب کربن در خاک به ترتیب بالاترین اولویت‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین اولویت‌بندی خدمات اکوسیستم در حوزه آبخیز دارابکلا به ترتیب شامل خدمت تولید چوب، ذخیره و ترسیب کربن، تولید آب و حفاظت از خاک می‌باشد.

کلمات کلیدی: خدمات اکوسیستم، معیارها و شاخص‌ها، روش دلفی، تکنیک آنتروپی، تکنیک تاپسیس و حوزه آبخیز دارابکلا

---

۱ - نویسنده مسئول : دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
آدرس الکترونیکی: pirikiyamaryam@yahoo.com

۲ - دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳ - دانشیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴ - استادیار، گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

اکوسیستم‌ها منشأ تولید و عرضه کالاها و خدمات وسیعی برای جوامع انسانی در سرتاسر دنیا بوده و یکی از عناصر مهم برای تأمین رفاه اقتصادی و بهزیستی به شمار می‌رود (۶) که این کالاها و خدمات اکوسیستمی دارای انواع متفاوتی از ارزش‌های اکولوژیکی، اقتصادی و ارزش‌های فرهنگی‌اند که ویژگی مشترک همه آنها، که با اشکال گوناگونی چون محصولات چوبی و غیرچوبی، کاهش پیامدهای منفی رسوب‌گذاری در آبراهه‌ها، تنظیم جریان‌های آبی و سیلابی، تنظیم اقلیم، جلوگیری از فرسایش خاک، ذخایر ژنتیکی، گردشگری طبیعی و غیره تبلور می‌یابند، تعدد و تنوع چشمگیر آنهاست (۲۳).

افزایش جهانی رفاه اقتصادی و اجتماعی در قرن اخیر باعث افزایش قابل ملاحظه در برداشت منابع و اکوسیستم‌ها طبیعی و در نتیجه تخریب و نابودی آنها شده است (۲۱). برای جلوگیری از کاهش بیشتر کیفیت اکوسیستم، مفهموم خدمات اکوسیستم به عنوان مسئله اصلی در برنامه ریزی حفاظت و ارزیابی اثرات محیط زیستی مورد توجه قرار گرفته است (۱۶). بنابراین اهمیت خدمات اکوسیستمی برای رفاه انسان حکم می‌نماید که وضعیت و روند خدمات اکوسیستمی مورد ارزیابی قرار گیرد. به منظور تدارک اطلاعات درباره در دسترس بودن و استفاده از خدمات مذکور، شاخص‌های خدمات اکوسیستمی مورد نیازند. استفاده از شاخص‌های شفاف، سازگار، قابل مقایسه و کمی‌شده می‌تواند به بسط مدل های خدمات اکوسیستمی و دیگر ابزارهای سیاستی که متضمن حفظ و استفاده پایدار از این خدمات هستند، کمک نماید(۳۵).

شاخص‌های خدمات اکوسیستمی می‌توانند پایه‌ای برای اندازه‌گیری تولید فرایندهای اکوسیستمی از طریق کمی نمودن اندازه (بزرگی) ویژگی‌های یک اکوسیستم، باشند. از آنجایی‌که اکوسیستم‌های طبیعی دارای خدمات اکوسیستمی متنوعی می‌باشند و وجود تضادهای بین خدمات اکوسیستمی معضل بزرگی برای بررسی آنها ایجاد نموده است، لذا بهینه‌سازی مدیریت اکوسیستم بدون توجه به ارتباط بین خدمات آنها برای ما دشوار است. روش‌های بسیاری برای حل مسائل چند مؤلفه با ویژگی‌های کمی، کیفی و قابل اندازه‌گیری وجود دارد که به روش‌های کلاسیک و تکاملی تقسیم می‌شوند (۲۵). از جمله استفاده از روش دلفی برای شناسایی و انتخاب شاخص‌ها، تکنیک آنتروپی جهت ارائه وزن مناسب شاخص‌ها و مدل تصمیم‌گیری چند معیاره مانند تاپسیس که برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی شاخص‌ها و رتبه‌بندی مناطق استفاده می‌شوند (۲). از جمله مطالعاتی که در خصوص ارزیابی جامع خدمات چندگانه اکوسیستمی صورت گرفته است می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

متداول‌ترین و جامع‌ترین طبقه‌بندی کالاها و خدمات اکوسیستمی مربوط به ارزیابی اکوسیستم هزاره[1] در سال ۲۰۰۵ می‌باشد که مطابق گزارشات این ارزیابی کالاها و خدمات اکوسیستمی در ۴ طبقه خدمات تولیدی (شامل ۶ گروه خدمات مانند آب شیرین، فیبر و...)، خدمات تنظیمی(شامل ۹ گروه خدمات مانند تنظیم فرسایش، تنظیم اقلیم و...)، خدمات فرهنگی (شامل ۹ گروه مانند خدمات تفریحی، ارزش های مذهبی و معنوی و...) و خدمات پشتیبان حیات (شامل ۵ گروه مانند تولید اولیه، فتوسنتز و...) طبقه‌بندی می‌شوند (۲۱).

سپهر و زوکا[2] (۲۰۱۲)، در مطالعه خود از الگوریتم تاپسیس به عنوان یک روش تصمیم-گیری برای انتخاب بهترین مجموعه شاخص ها و ادغام شاخص‌های بیابان زایی یا کنترل فرسایش در سه کشور مختلف (برزیل، موزامبیک و پرتقال) استفاده کردند که نتایج نشان داد تاپسیس روشی با ارزش در مواجه با افزایش پیچیدگی ها در مدیریت سرزمین و تصمیم‌گیری است (۲۸). همچنین ذبیحی و همکاران (۲۰۱۴)، برای نقشه‌سازی پتانسیل آب زیر زمینی با استفاده از مدل‌های آنتروپی شانون و جنگل تصادفی از ۱۱ شاخص طبقه ارتفاعی، سنگ شناسی، شکل شیب، درجه شیب، جهت شیب، طول شیب، کاربری اراضی، تراکم شبکه آبراهه‌ها، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، تراکم گسل و شاخص رطوبت توپوگرافی استفاده نمودند. که نتایج آنتروپی نشان داد که لایه های کاربری اراضی، لیتولوژی، فاصله از آبراهه و طبقه ارتفاعی بیشترین تاثیر را بر پتانسیل آب زیر زمینی دارد (۳۲). ورکرک[3] و همکاران (۲۰۱۵)، برای نقشه‌سازی تولید چوب با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیونی در جنگل‌های اروپا، فاکتورهای منابع جنگلی- (میزان جنگل، توده در حال رشد و بهره‌وری)، ترکیب گونه‌های درختی، سطح منطقه حفاظت شده، شرایط محیطی (بهره‌وری خاک، درجه حرارت، بارش و کمبود آب)، دسترسی (دسترسی و شیب)، ظرفیت بارپذیری خاک و عوامل اقتصادی- اجتماعی (مالکیت جنگل‌ها و تراکم جمعیت) را در نظر گرفتند که نتایج نشان داد بهره‌وری، ترکیب گونه‌های درختی و ظرفیت بارپذیری خاک (استحکام زمین) از مهمترین عوامل در تهیه نقشه فضایی تولید چوب می‌باشد (۳۰).

محمودی و فقهی (۲۰۱۶) با استفاده از روش دلفی به شناسایی، طبقه‌بندی و اولویت-بندی کارکردهای اکوسیستمی پرداختند که نتایج آنها نشان داد که کارکرد تولید آب، کنترل فرسایش خاک و تفرج بیشترین اولویت و اهمیت را در بین مجموع کارکردهای و معیار تاج پوشش مهم‌ترین معیار ساختاری در اکوسیستم‌های جنگلی شمال کشور جهت ارائه خدمات اکوسیستمی دارد (۱۹). در مطالعه دیگر عرب عامری و شیرانی (۲۰۱۷) جهت

[1] Millennium Ecosystem Assessment
[2] Sepehr and Zucca
[3] Verkerk

مکان یابی عرصه مناسب برای تغذیه سفره های زیر زمینی با ۵ معیار و ۱۲ شاخص از رویکرد ترکیبی AHP- TOPSIS استفاده کردند که نتایج بیانگر این بود که شاخص‌های لیتولوژی، شیب، عمق برخورد با سطح آب زیر زمینی و کاربری اراضی بیشترین تاثیر را در تعیین عرصه های مساعد برای تغذیه مصنوعی سفره های آب زیر زمینی داشته اند (۱).

تاکنون مطالعاتی که در زمینه انتخاب شاخص‌ها جهت ارزیابی خدمات اکوسیستمی صورت گرفته، ارزیابی خدمات را به صورت مجزا بررسی کرده است و مطالعه‌ای که چندین خدمت اکوسیستمی را با هم مورد ارزیابی قرار دهد، صورت نگرفته است و شاخص‌های که برای هر خدمت در نظر گرفتند به صورت جامع نبوده است. لذا این تحقیق در نظر دارد که مهمترین معیارها و شاخص‌های موثر برای ارزیابی خدمات تولیدی (تولید آب و تولید چوب) و تنظیمی (حفاظت خاک و ذخیره و ترسیب کربن) در حوزه آبخیز دارابکلا را با استفاده از روش دلفی شناسایی و بومی‌سازی کند و اولویت هر یک از معیارها و شاخص‌ها مورد بررسی در خدمات چندگانه اکوسیستمی را با کمک تکنیک های آنتروپی (به منظور تعیین وزن معیارها و شاخص ها) و تاپسیس (برای اولویت بندی معیارها و شاخص ها) مشخص نماید.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز دارابکلا با مساحت ۱۳۴۰۹/۵۳ هکتار واقع در جنوب شرقی شهرستان ساری در استان مازندران می‌باشد که بر مبنای سیستم مختصات UTM این منطقه در زون ۳۹ شمالی قرار دارد و از لحاظ جغرافیایی در مختصات ″۵۴ ′۱۴ °۵۳ تا ″۴۰ ′۲۰ °۵۳ طول شرقی و ″۵۵ ′۲۸ °۳۶ تا ″۰۸ ′۳۳ °۳۶ عرض شمالی واقع شده است. در قسمت جنوبی حوزه و ارتفاعات، بیشتر اراضی شامل مناطق جنگلی انبوه و نیمه انبوه و همچنین در قسمت شمالی، غربی، مرکزی و تا حدودی شرق بیشتر مناطق شامل اراضی زراعی می‌باشد (۱۳). این حوزه دارای جنگل‌های دارابکلا که براساس مطالعات طرح جنگلداری به دو سری تقسیم شده، جنگلهای سری ۸ بخش یک و پارسل های از سری ۳ بخش زرین آباد که مجموعاً مساحتی حدود ۵۹۷۴/۷۲ هکتار دارند.

روش انجام پژوهش

شناسایی و تعیین معیارها و شاخص‌های به کمک تکنیک دلفی

دلفی یکی از روش های موفق و با سابقه در اتخاذ تصمیم گیری به صورت گروهی می باشد. در این روش، گروهی از متخصصان و کارشناسان به بررسی مسأله پرداخته و تصمیم-گیری می نمایند (۱۲). در این مطالعه به منظور تعیین معیارها و شاخص‌های خدمات چندگانه اکوسیستمی حایز اهمیت از روش

تصمیم‌گیری گروهی دلفی استفاده شد. در این مطالعه فهرستی از معیارها و شاخص‌های در ارزیابی خدمات اکوسیستم مستخرج از مقالات علمی در زمینه ارزیابی خدمات تولیدی (تولید آب و تولید چوب) و خدمات تنظیمی (حفاظت خاک و ذخیره و ترسیب کربن) در قالب پرسشنامه دلفی بر مبنای طیف لیکرت (جدول ۱) و یک سؤال باز جهت ذکر شاخص‌های دیگری که به نظر شرکت‌کننده‌ها در لیست پیشنهادی نیامده است تدوین گردید. به منظور استخراج و شناسایی شاخص‌های خدمات چندگانه اکوسیستمی و امتیازدهی آنها، پرسشنامه‌ها در بین گروه دلفی (گروه تصمیم-گیری) متشکل از ۳۰ نفر از متخصصان، شامل اعضای هیات علمی، خبرگان و متخصصان محیط زیست با حداقل با مدرک کارشناسی ارشد و بالاتر در یکی از مراکز آموزشی و پژوهشی مشغول به کار بوده است، توزیع گردید. تا نظر خود را راجع به میزان اهمیت معیارها و شاخص‌ها در فرایند ارزیابی خدمات اکوسیستم با تعیین یکی از پنج درجه اهمیت (مقیاس لیکرت) بیان کنند (جدول ۱) و در صورت نیاز، معیار یا شاخص جدید به لیست اضافه نمایند.

جدول ۱ : تعیین درجه اهمیت معیارها و زیرمعیارها بر اساس مقیاس لیکرت

۱	۲	۳	۴	۵
بی-اهمیت	کم اهمیت	با اهمیت	اهمیت زیاد	اهمیت بسیار زیاد

برای جمع‌بندی آرای پرسش‌شوندگان، نتایج پرسشنامه های قبلی (محاسبه میانگین و انحراف معیار هر شاخص) در اختیار متخصصان شرکت کننده قرار گرفت (۵). و از آنها خواسته شد نظرات نهایی خود را با توجه به ملاحظه میانگین نظریه بقیه اعضاء به ترتیب اولویت اعلام نمایند و پاسخ‌ها را مجدداً مرور نموده در صورت نیاز در نظرات و قضاوت‌های خود تجدیدنظر کرده و دلایل خود را در موارد عدم توافق ذکر نمایند. در پایان، شاخص‌های تحقیق بر مبنای اعلام نظر نهایی گروه دلفی و بر مبنای اولویت کسب شده لیست گردید (۱۲).

جهت حصول به اتفاق نظر میان اعضای دلفی یعنی همگرا شدن نظر آنها از شاخص انحراف معیار استفاده گردید. در صورتی که پاسخ‌های گروه دلفی درباره میزان اهمیت عوامل در مرحله آخر کمتر از مراحل قبلی باشد به معنی حصول اتفاق نظر میان اعضای دلفی یعنی همگرا شدن نظر آنها در مرحله آخر می‌باشد و ضرورتی به تکرار نظرخواهی نبوده و این مرحله به عنوان مراحله نهایی انتخاب می‌گردد (۴). در این مطالعه جهت وزن‌دهی و اولویت‌بندی خدمات چندگانه اکوسیستمی، معیارها و شاخص‌هایی که متوسط رتبه سه یا بالاتر را کسب کردند پذیرفته می‌شود.

تعیین وزن معیارها و شاخص ها به روش آنتروپی شانون

آنتروپی یک مفهموم عمده در علوم فیزیکی، علوم اجتماعی و تئوری اطلاعات می باشد که بیانگر میزان عدم اطمینان در یک توزیع احتمال پیوسته است. در واقع آنتروپی مفهمومی است که پراکندگی و بی نظمی را در پدیده های طبیعی را تخمین می زند (۲۹). که در این روش ، ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری (A) را به ماتریس نرمال شده (P_{ij}) تبدیل نموده تا ماتریس A به صورت نرمال در آید (۱۴).

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}} \; . j = 1.2. \ldots . n$$

در مرحله بعد میزان آنتروپی (که نماد بی نظمی و فاصله مقادیر نسبت به هم است) به ازای هر ستون محاسبه می‌شود. به طوری که K یک ثابت مثبت است به منظور تامین $0 \leq E \leq 1$ و m تعداد گزینه‌ها می‌باشد.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} (n_{ij} \, ln \, p_{ij})$$

$$K = \frac{1}{ln \, m} . \; j = 1.2. \ldots . n$$

سپس در ادامه برای محاسبه وزن هر شاخص با توجه به آنتروپی بدست آمده خواهیم داشت.

$$d_j = 1 - E_j \; . \; w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j} . \; j = 1.2. \ldots . n$$

d_j (درجه انحراف) که بیان گر اینست که شاخص مربوطه (j) چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم گیری در اختیار تصمیم گیرنده قرار می دهد و w_j وزن مربوط به شاخص j است (۲۶).

تعیین وزن نهایی و اولویت شاخص‌ها و معیارها با مدل *TOPSIS*

یکی از روش‌های اولویت‌بندی که دارای قدرت بالایی در تفکیک گزینه‌هاست تکنیک اولویت-بندی ترجیحات بر اساس تشابه به راه حل ایده-آل است که مبانی آن بر این است که گزینه منتخب کوتاه ترین فاصله را تا راه حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را با راه حل ایده ال منفی داشته باشد. که از مراحل زیر جهت تعیین اولویت یا رتبه معیار و شاخص استفاده می‌نماید.

گام اول: تبدیل ماتریس تصمیم گیری موجود به یک ماتریس ((بی مقیاس شده)) با استفاده از فرمول :

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} {r_{ij}}^2}}$$

گام دوم: ایجاد ماتریس ((بی مقیاس)) وزین با مفروض بودن بردار W به عنوان ورودی به الگوریتم وزن یعنی $V = N_D * W_{n*n}$ به طوری که N_D ماتریسی است که امتیازات شاخص ها در آن ((بی مقیاس)) و قابل مقایسه شده است و W_{n*n} ماتریسی است قطری که فقط عناصر قطر اصلی آن غیر صفر خواهد بود که مجموع وزن شاخص ها برابر با یک می باشد و

$0 \leq Wi \leq 1$ می باشد (۵).

گام سوم: تعیین راه حل ایده ال مثبت V_j^+ : بزرگترین مقدار برای شاخص های مثبت و

کوچکترین مقدار برای شاخص های منفی. به عبارتی برداری متشکل از بهترین مقادیر برای هر شاخص تشکیل می‌شود.

گام چهارم تعیین راه حل ایده آل منفی V_j^- : بزرگترین مقدار برای شاخص های منفی و کوچکترین مقدار برای شاخص های مثبت. به عبارتی برداری متشکل از بدترین مقادیر برای هر شاخص تشکیل می‌شود.

گام پنجم:: محاسبه فاصله اقلیدسی هر گزینه تا ایده آل های مثبت و منفی

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(V_{ij} - V_j^+\right)^2} \ . i = 1.2. \ldots . m$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^-)^2} \ . i = 1.2. \ldots . m$$

گام ششم: تعیین نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایداه آل:

$$cl_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

گام هفتم: رتبه بندی گزینه ها براساس cl_i^* که ضریبی بین صفر و یک است. هر چه این مقدار به یک نزدیکتر باشد. راهکار به جواب ایده آل نزدیکتر است و راهکار بهتری است (۱۸).

نتایج

شناسایی معیارها و شاخص‌ها با استفاده از روش دلفی:

در این مطالعه در پایان مرحله اول روش دلفی پس از جمع آوری پاسخ اعضای گروه دلفی، مهمترین شاخص‌های تاثیرگذار بر خدمات اکوسیستم شامل ۲۴ شاخص برای خدمت تولید آب، ۲۷ شاخص برای تولید چوب، ۲۸ شاخص برای حفاظت خاک، ۲۴ شاخص برای ذخیره و ترسیب کربن انتخاب گردید. در مراحل بعدی نیز پرسشنامه‌ی مرحله قبل به همراه نتایج آماری(میانگین نظر متخصصین) در اختیار متخصصین گروه دلفی قرار گرفت. به دلیل انحراف معیار پاسخ‌های گروه دلفی درباره میزان اهمیت عوامل در مرحله سوم کمتر از مرحله دوم بوده و با توجه به حصول اتفاق نظر میان اعضای دلفی یعنی همگرا شدن نظر آنها در مرحله سوم ضرورتی به تکرار نظرخواهی نبوده و این مرحله به عنوان مراحله نهایی انتخاب

گردید که پس از پایان مرحله سوم ۱۹ شاخص برای تولید آب، ۲۳ شاخص برای تولید چوب، ۲۵ شاخص برای حفاظت از خاک و ۲۲ شاخص برای ذخیره و ترسیب کربن در خاک جهت ارزیابی خدمات چندگانه اکوسیستمی بومی-سازی شد یعنی شاخص‌هایی که متوسط رتبه سه یا بالاتر را کسب کردند پذیرفته می‌شوند- (جدول ۲).

نتایج به دست آمده از اجرای تکنیک آنتروپی:

نتایج به دست آمده از اجرای تکنیک آنتروپی برای تکمیل ماتریس و میزان نرمال شده ماتریس، میزان E_j، d_j و w_j به ترتیب در جداول (۲) ارائه شده است. از وزن شاخص در این مرحله برای محاسبه وزن نهایی و اولویت بندی به روش تاپسیس استفاده می‌شود در این مرحله مجموع وزن هر ۴ خدمت برابر یک می-باشد. همانطور که می‌بینیم شاخص لیتولوژی با وزن ۰/۰۲۶ برای تولید آب، شاخص فیزیولوژی و سرشت گونه با وزن ۰/۰۱۵ برای تولید چوب، شاخص ارتفاع از سطح دریا با وزن ۰/۰۲۲ برای حفاظت خاک و شاخص درجه حرارت با وزن ۰/۰۲۰ برای ذخیره کربن خاک بالاترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۲- محاسبهٔ میانگین و انحراف معیار شاخص های خدمات اکوسیستم به روش دلفی و محاسبه وزن آنها با تکنیک آنتروپی

خدمت تولید آب (ذخیره آب باران)		نتایج دلفی مرحله سوم			نتایج آنتروپی		
معیار ها	**شاخص ها**	**انحراف معیار**	**میانگین** رتبه-های متخصصین	E_j	d_j	w_j
توپوگرافی	شیب زمین	۰/۷۸	۴/۲۷	۰/۹۹۵۰۱	۰/۰۰۵۰۱	۰/۰۱۰۲۷۹
	جهت جغرافیایی	۰/۷۶	۳/۰۳	۰/۹۹۱۰۳	۰/۰۰۸۹۷	۰/۰۱۸۴۰۸
	انحنای سطح (سطح محدب، مقعر، مسطح)	۰/۶۷	۳/۴۰	۰/۹۹۴۰۶	۰/۰۰۵۹۴	۰/۰۱۲۱۹۴
	طبقات ارتفاعی	۰/۷۶	۳/۰۳	۰/۹۹۲۲۸	۰/۰۰۷۷۲	۰/۰۱۵۸۳۹
	مساحت حوزه آبخیز	۰/۸۶	۲/۵۷	-	-	-
	شاخص رطوبت توپوگرافی(TWI)	۰/۸۴	۲/۹۰	-	-	-
زمین شناسی	لیتولوژی (سنگ شناسی)	۱/۰۴	۳/۵۷	۰/۹۸۶۸۴	۰/۰۱۳۱۶	۰/۰۲۶۹۹۵
	تراکم گسل	۰/۸۸	۲/۶۷	-	-	-
	فاصله از گسل	۰/۸۴	۲/۳۳	-	-	-
	واحدهای ژئومورفولوژیکی (دشت، تپه، کوه و..)	۰/۸۶	۳/۱۳	۰/۹۸۸۵۲	۰/۰۱۱۴۸	۰/۰۲۳۵۵۴
خاک	بافت و ساختمان خاک	۰/۶۸	۴/۴۳	۰/۹۹۶۵۰	۰/۰۰۳۵۰	۰/۰۰۷۱۷۸
	عمق خاک	۰/۶۸	۴/۴۳	۰/۹۹۶۵۱	۰/۰۰۳۴۹	۰/۰۰۷۱۵۶
	نفوذپذیری خاک	۰/۷۳	۴/۵۳	۰/۹۹۶۰۲	۰/۰۰۳۹۸	۰/۰۰۸۱۶۲
هیدرولوژی	تراکم آبراهه یا تراکم زهکشی	۰/۸۹	۳/۶۳	۰/۹۹۱۱۸	۰/۰۰۸۸۲	۰/۰۱۸۰۹۴
	فاصله از آبراهه	۰/۷۶	۳/۳۷	۰/۹۹۲۳۶	۰/۰۰۷۶۴	۰/۰۱۵۶۷۱
اقلیم	بارندگی	۰/۵۲	۴/۷۳	۰/۹۹۸۱۵	۰/۰۰۱۸۵	۰/۰۰۳۸۰۲
	تبخیر و تعرق	۰/۶۲	۴/۴۰	۰/۹۹۷۰۸	۰/۰۰۲۹۲	۰/۰۰۶۰۰۱
	درجه حرارت	۰/۶۷	۴/۳۷	۰/۹۹۶۵۴	۰/۰۰۳۴۶	۰/۰۰۷۰۹۹
	ماندگاری برف	۰/۸۳	۴/۰۶	۰/۹۹۳۷۹	۰/۰۰۶۲۱	۰/۰۱۲۷۳۹
پوشش گیاهی	شاخص پوشش گیاهی (NDVI)	۰/۷۱	۴/۳۳	۰/۹۹۶۰۱	۰/۰۰۳۹۹	۰/۰۰۸۱۷۹
	پوشش سطحی خاک(لاشبرگ)	۰/۶۴	۴/۲۷	۰/۹۹۶۷۳	۰/۰۰۳۲۷	۰/۰۰۶۷۰۶
عوامل انسانی	نحوه استفاده از زمین	۰/۷۷	۴/۲۳	۰/۹۹۵۰۸	۰/۰۰۴۹۲	۰/۰۱۰۰۹۸
	فاصله از سکونتگاه	۰/۷۳	۳/۱۳	۰/۹۹۲۲۸	۰/۰۰۷۷۲	۰/۰۱۵۸۳۴
	تراکم سکونتگاه	۰/۸۲	۲/۹۷	-	-	-
خدمت تولید بیولوژیک چوب		**نتایج دلفی مرحله سوم**			**نتایج آنتروپی**		
معیار ها	**شاخص ها**	**انحراف معیار**	**میانگین**	E_j	d_j	w_j
منابع جنگلی	درصد جنگل و دیگر اراضی چوب‌ده مدیریت شده بر طبق طرح جنگلداری	۰/۶۶	۴/۶۷	۰/۹۹۷۴۰	۰/۰۰۲۶۰	۰/۰۰۵۳۳۸
	رویش توده جنگلی (رویش حجمی، رویش سطح مقطع و رویش تعداد درختان)	۰/۵۷	۴/۵۳	۰/۹۹۷۶۶	۰/۰۰۲۳۴	۰/۰۰۴۸۰
	رشد خالص سالانه	۰/۶۸	۴/۵۷	۰/۹۹۶۶۲	۰/۰۰۳۳۸	۰/۰۰۶۹۳۲
	مساحت منطقه حفاظت شده در هر پارسل	۰/۸۶	۳/۷۷	۰/۹۹۲۵۶	۰/۰۰۷۴۴	۰/۰۱۵۲۶۴
	حجم در هکتار	۰/۶۳	۴/۵۷	۰/۹۹۷۱۶	۰/۰۰۲۸۴	۰/۰۰۵۸۲
	تعداد در هکتار	۰/۶۲	۴/۴۰	۰/۹۹۷۰۷	۰/۰۰۲۹۳	۰/۰۰۶۰۰۱
	ترکیب بندی(تیپ گونه های درختی)	۰/۷۶	۴/۳۷	۰/۹۹۵۲۱	۰/۰۰۴۷۹	۰/۰۰۹۸۲۸
	فیزیولوژی و سرشت گونه	۰/۸۷	۳/۸۳	۰/۹۹۲۲۶	۰/۰۰۷۷۴	۰/۰۱۵۸۸۳
	سن درخت	۰/۸۱	۴/۰۳	۰/۹۹۴۰	۰/۰۰۶۰	۰/۰۱۲۳۲۹
	مرغوبیت پایه های مادریچ	۰/۷۳	۴/۲۳	۰/۹۹۵۶۶	۰/۰۰۴۳۴	۰/۰۰۸۸۹۸
توپوگرافی	شیب زمین	۰/۶۱	۳/۳۷	۰/۹۹۵۳۳	۰/۰۰۴۶۷	۰/۰۰۹۵۸۲

	جهت جغرافیایی	۰/۶۴	۳	۰/۹۹۳۳۴	۰/۰۰۶۶۶	۰/۰۱۳۶۶۷
	ارتفاع از سطح دریا	۰/۸۰	۲/۹۰	-	-	-
	عرض جغرافیایی	۰/۷۳	۲/۸۷	-	-	-
خاک	نوع و بافت خاک	۰/۷۳	۳/۵۰	۰/۹۹۳۹۲	۰/۰۰۶۰۸	۰/۰۱۲۴۸۵
	عناصر قابل جذب خاک	۰/۷۰	۳/۷۰	۰/۹۹۴۷۴	۰/۰۰۵۲۶	۰/۰۱۰۷۸۴
اقلیم	بارندگی	۰/۶۹	۴/۰۷	۰/۹۹۶۲۴	۰/۰۰۳۷۶	۰/۰۰۷۷۱۷
	درجه حرارت	۰/۶۶	۳/۹۰	۰/۹۹۵۸۹	۰/۰۰۴۱۱	۰/۰۰۸۴۳۸
	کمبود آب (تفاوت بین بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل)	۰/۷۰	۳/۷۰	۰/۹۹۴۹۷	۰/۰۰۵۰۳	۰/۰۱۰۳۱۱
عوامل اقتصادی - اجتماعی	مالکیت جنگل	۰/۷۶	۳/۶۷	۰/۹۹۳۸۸	۰/۰۰۶۱۲	۰/۰۱۲۵۶۷
	تراکم جمعیت	۰/۷۱	۳/۳۳	۰/۹۹۳۴۰	۰/۰۰۶۶۰	۰/۰۱۳۵۳۴
	ساماندهی خروج دام از عرصه های جنگلی	۰/۵۹	۴/۱۷	۰/۹۹۷۱	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۵۹۵۵
	جایگزینی سوخت های فسیلی به جای مصرف چوب جهت مصارف روستایی	۰/۷۱	۴/۲۰	۰/۹۹۵۷۸	۰/۰۰۴۲۲	۰/۰۰۸۶۶۷
	ایجاد بسته های حمایتی دولتی جهت غنی سازی عرصه های جنگلی با اولویت فرهنگ سازی همگانی	۰/۶۴	۴/۲۷	۰/۹۹۶۷۳	۰/۰۰۳۲۷	۰/۰۰۶۷۰۶
	گسترش فرهنگ زراعت چوب با کاشت گونه های زود بازده در فضاهای خالی	۰/۵۷	۴/۲۳	۰/۹۹۷۴۲	۰/۰۰۲۵۸	۰/۰۰۵۲۹۷
	حذف سوزنی برگان موجود در حاشیه جاده و جایگزینی با توده های بومی سازگار و سریع الرشد	۰/۷۵	۲/۸۳	-	-	-
	برداشت درختان شکسته و افتاده ناشی از طوفان و جایگزینی گونه های بومی سازگار و سریع الرشد	۱/۰۱	۲/۷۷	-	-	-

خدمت حفاظت خاک (جلوگیری از فرسایش آبی)		**نتایج دلفی مرحله سوم**			**نتایج آنتروپی**	
معیارها	**شاخص ها**	**انحراف معیار**	**میانگین**	E_j	d_j	w_j
توپوگرافی	شیب زمین	۰/۷۳	۴/۵۳	۰/۹۹۵۸۳	۰/۰۰۴۱۷	۰/۰۰۸۵۴۹
	شکل و طول شیب	۰/۸۱	۳/۹۷	۰/۹۹۳۸۴	۰/۰۰۶۱۶	۰/۰۱۲۶۴۴
	جهت جغرافیایی	۰/۶۳	۳/۵۰	۰/۹۹۵۰۹	۰/۰۰۴۹۱	۰/۰۱۰۰۸۲
	ارتفاع از سطح دریا	۰/۸۹	۳/۳۷	۰/۹۸۹۱۲	۰/۰۱۰۸۸	۰/۰۲۲۳۳۶
	مساحت و شکل حوزه آبخیز	۰/۷۸	۲/۷۳	-	-	-
زمین شناسی	سنگ شناسی	۰/۷۱	۳/۹۳	۰/۹۹۵۲۵	۰/۰۰۴۷۵	۰/۰۰۹۷۴۱
	تراکم گسل	۰/۷۸	۲/۹۳	-	-	-
	فاصله از گسل	۰/۷۰	۲/۷۰	-	-	-
خاک	بافت و ساختمان خاک	۰/۶۸	۴/۴۳	۰/۹۹۶۵	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۷۱۷۸
	سرعت نفوذ	۰/۷۳	۴/۴۷	۰/۹۹۵۹۵	۰/۰۰۴۰۵	۰/۰۰۸۳۰۳
	ظرفیت نگهداری آب خاک	۰/۶۳	۴/۵۳	۰/۹۹۷۱۲	۰/۰۰۲۸۸	۰/۰۰۵۹۲۱
	کلوئیدی خاک	۰/۶۶	۴/۲۰	۰/۹۹۶۳۷	۰/۰۰۳۶۳	۰/۰۰۷۴۵۷
	درصد مواد آلی	۰/۶۸	۳/۸۷	۰/۹۹۵۸۹	۰/۰۰۴۱۱	۰/۰۰۸۴۳۸
هیدرولوژی	هرز آب یا رواناب	۰/۸۸	۴/۱۳	۰/۹۹۱۳۸	۰/۰۰۸۶۲	۰/۰۱۷۶۸
	نوع و طول آبراهه	۰/۹۰	۳/۸۷	۰/۹۹۳۵۳	۰/۰۰۶۴۷	۰/۰۱۳۲۷
	تراکم آبراهه	۰/۷۴	۳/۹۳	۰/۹۹۴۹۵	۰/۰۰۵۰۵	۰/۰۱۰۳۵۸
	فاصله از آبراهه	۰/۶۵	۳/۳۰	۰/۹۹۴۵	۰/۰۰۵۵	۰/۰۱۱۲۹۳
	خاک و شیب آبراهه	۰/۶۵	۳/۹۰	۰/۹۹۵۹۴	۰/۰۰۴۰۶	۰/۰۰۸۳۴۱
اقلیم	بارندگی(میزان بارندگی، شدت بارندگی	۰/۶۶	۴/۶۷	۰/۹۹۶۶۸	۰/۰۰۳۳۲	۰/۰۰۶۸۰۲
	تگرگ و برف	۰/۷۴	۳/۷۳	۰/۹۹۴۷۹	۰/۰۰۵۲۱	۰/۰۱۰۶۸۸
	درجه حرارت	۰/۷۲	۳/۶۰	۰/۹۹۴۴۶	۰/۰۰۵۵۴	۰/۰۱۱۳۵۷
پوشش زمین	شاخص پوشش گیاهی	۰/۶۷	۴/۶۰	۰/۹۹۶۶۹	۰/۰۰۳۳۱	۰/۰۰۶۷۹۳
	پوشش سطحی خاک(لاشبرگ)	۰/۷۴	۴/۲۷	۰/۹۹۵۵۷	۰/۰۰۴۴۳	۰/۰۰۹۰۸۸
	درصد تاج پوشش درختان	۰/۶۳	۴/۵۳	۰/۹۹۷۱۱	۰/۰۰۲۸۹	۰/۰۰۵۹۲۱

عوامل انسانی	نحوه استفاده از زمین	۰/۷۳	۴/۱۳	۰/۹۹۵۱۱	۰/۰۰۴۸۹	۰/۰۱۰۰۳۴
	فقدان عملیات حفاظتی(کشت کنتوری، تراس بندی	۰/۶۹	۴/۱۷	۰/۹۹۵۹۱	۰/۰۰۴۰۹	۰/۰۰۸۳۹۴
	بهره برداری غیر علمی و بیش از ظرفیت تولید چوب و علوفه	۰/۸۴	۴/۱۰	۰/۹۹۳۶۱	۰/۰۰۶۳۹	۰/۰۱۳۱۰۲
	جاده سازی	۰/۷۱	۳/۶۷	۰/۹۹۴۵۵	۰/۰۰۵۴۵	۰/۰۱۱۱۸۱
خدمت ذخیره و ترسیب کربن در خاک			**نتایج دلفی مرحله سوم**		**نتایج آنتروپی**	
معیارها	**شاخص ها**	**انحراف معیار**	**میانگین رتبه-های متخصصین**	E_j	d_j	w_j
توپوگرافی	شیب زمین	۰/۸۶	۳/۴۷	۰/۹۹۰۹۸	۰/۰۰۹۰۲	۰/۰۱۸۵۱۱
	ارتفاع از سطح دریا	۰/۷۱	۳/۱۰	۰/۹۹۲۵۶	۰/۰۰۷۴۴	۰/۰۱۵۲۷۴
	جهت جغرافیایی	۰/۷۶	۳/۲۰	۰/۹۹۱۸۵	۰/۰۰۸۱۴	۰/۰۱۶۷۱۹
زمین شناسی	لیتولوژی (سنگ شناسی)	۰/۸۹	۲/۷۷	-	-	-
خاک	بافت و ساختمان خاک	۰/۵۷	۴/۱۳	۰/۹۹۷۲۶	۰/۰۰۲۷۴	۰/۰۰۵۶۱۹
	درصد نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن	۰/۵۶	۴/۳۷	۰/۹۹۷۳۱	۰/۰۰۲۶۹	۰/۰۰۵۵۱۵
	درصد کربن الی	۰/۶۶	۴/۳۳	۰/۹۹۷۰۶	۰/۰۰۲۹۴	۰/۰۰۶۰۳۲
	جرم مخصوص ظاهری	۰/۸۳	۳/۸۳	۰/۹۹۲۹۱	۰/۰۰۷۰۹	۰/۰۱۴۵۵۷
	درصد تخلخل خاک	۰/۷۷	۳/۷۷	۰/۹۹۳۴۲	۰/۰۰۶۵۸	۰/۰۱۳۴۹۶
	هدایت الکتریکی	۰/۶۵	۳/۳۰	۰/۹۹۴۲۴	۰/۰۰۵۷۶	۰/۰۱۱۸۲۴
	اسیدیته خاک	۰/۸۷	۳/۷۳	۰/۹۹۱۸۵	۰/۰۰۸۱۵	۰/۰۱۶۷۲۹
	تنفس میکروبی خاک	۰/۶۷	۳/۹۷	۰/۹۹۵۹۳	۰/۰۰۴۰۷	۰/۰۰۸۳۵۹
	درصد سنگریزه	۰/۷۳	۳/۲۳	۰/۹۹۲۷۲	۰/۰۰۷۲۸	۰/۰۱۴۹۳۷
هیدرولوژی	رواناب یا هرز آب	۰/۸۷	۲/۹۳	-	-	-
اقلیم	بارندگی	۰/۸۲	۳/۷۷	۰/۹۹۳۲۲	۰/۰۰۶۷۸	۰/۰۱۳۹۱۵
	درجه حرارت	۰/۸۹	۳/۴۳	۰/۹۹۰۲	۰/۰۰۹۸	۰/۰۲۰۱۰۷
	تبخیر و تعرق	۰/۸۵	۳/۳۷	۰/۹۹۰۶۴	۰/۰۰۹۳۶	۰/۰۱۹۲۱
	رژیم رطوبتی	۰/۷۶	۳/۳۷	۰/۹۹۲۳۶	۰/۰۰۷۶۴	۰/۰۱۵۶۷۱
پوشش گیاهی	شاخص پوشش گیاهی(NDVI)	۰/۸۴	۴/۳۳	۰/۹۹۴۱۵	۰/۰۰۵۸۵	۰/۰۱۲۰۱
	پوشش سطحی خاک (لاشبرگ)	۰/۶۱	۴/۰۳	۰/۹۹۶۴۵	۰/۰۰۳۵۵	۰/۰۰۷۲۹
عوامل انسانی	عملیات مدیریتی زراعی مثل کوددهی، آبیاری، آیش و تناوب زراعی	۰/۸۵	۳/۹۷	۰/۹۹۲۳۳	۰/۰۰۷۶۷	۰/۰۱۵۷۳۹
	نحوه استفاده از زمین (کاربری اراضی)	۰/۸۴	۴/۳۰	۰/۹۹۴۱۵	۰/۰۰۵۸۵	۰/۰۱۲۰۱
	کشاورزی حفاظتی در عرصه های زراعی مانند مدیریت بقایا و مالچ، خاک ورزی حفاظتی	۰/۸۸	۳/۶۳	۰/۹۹۰۹۵	۰/۰۰۹۰۵	۰/۰۱۸۵۷۶
	بهره برداری غیر علمی و بیش از ظرفیت تولید چوب و علوفه	۰/۷۸	۳/۸۷	۰/۹۹۴۰۸	۰/۰۰۵۹۲	۰/۰۱۲۱۵۱

نتایج تعیین وزن نهایی و اولویت شاخص‌ها با مدل *TOPSIS*: نتایج به‌دست آمده از اجرای *TOPSIS*در جداول(۳) ارائه شده است. در ذیل وزن نهایی و اولویت مربوط شاخص-های تحت بررسی ارائه می‌گردد. همانطور که می بینیم شاخص‌های بارندگی و ماندگاری برف برای خدمت تولید آب، شاخصهای تیپ گونه‌های درختی و درصد جنگل برای تولید چوب، شاخص های پوشش گیاهی و درصد تاج پوشش برای حفاظت از خاک، شاخص‌های کاربری زمین و شاخص پوشش گیاهی برای ذخیره و ترسیب کربن در خاک به ترتیب رتبه اول و دوم را به خود اختصاص داده اند.

جدول۳: محاسبهٔ وزن نهایی شاخص‌های خدمات تولیدی و تنظیمی و اولویت‌بندی آنها با مدل *TOPSIS*

خدمت تولید آب (ذخیره آب باران)				**نتایج تکنیک** TOPSIS	
معیار ها	**شاخص ها**	d_i^+	d_i^-	**محاسبه** cl_i^*	**اولویت**
توپوگرافی	شیب زمین	۰/۰۲۲۱۷	۰/۰۲۱۸۱	۰/۴۹۵۸	۱۱
	جهت جغرافیایی	۰/۰۰۵۵۸	۰/۰۰۳۶۲	۰/۳۹۳۳	۱۸
	انحنای سطح (سطح محدب، مقعر، مسطح)	۰/۰۰۲۷۵	۰/۰۰۲۱	۰/۴۳۲۵	۱۶
	طبقات ارتفاعی	۰/۰۰۳۰۵	۰/۰۰۳۳۵	۰/۵۲۳۱	۸
زمین شناسی	لیتولوژی (سنگ شناسی)	۰/۰۰۸۵۲	۰/۰۱۱۰۴	۰/۵۶۴۴	۵
	واحدهای ژئومورفولوژیکی (دشت، تپه، کوه و..)	۰/۰۰۸۶۷	۰/۰۰۷۱۴	۰/۴۵۱۶	۱۴
خاک	بافت و ساختمان خاک	۰/۰۰۱۲۹	۰/۰۰۱۶۹	۰/۵۶۶۳	۴
	عمق خاک	۰/۰۰۱۳۷	۰/۰۰۱۵۵	۰/۵۳۰۷	۷
	نفوذپذیری خاک	۰/۰۰۱۴۴	۰/۰۰۲۲۱	۰/۶۰۶۷	۳
هیدرولوژی	تراکم آبراهه یا تراکم زهکشی	۰/۰۰۴۶۹	۰/۰۰۴۶۰	۰/۴۹۵۱	۱۲
	فاصله از آبراهه	۰/۰۰۳۵۹	۰/۰۰۳۷۵	۰/۵۱۰۴	۹
اقلیم	بارندگی	۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۰۰۹۵	۰/۶۶۵۸	۱
	تبخیر و تعرق	۰/۰۰۱۱۹	۰/۰۰۰۸۲۱	۰/۴۰۶۵	۱۷
	درجه حرارت	۰/۰۰۱۵۹	۰/۰۰۱۳۹	۰/۴۶۷۳	۱۳
	ماندگاری برف	۰/۰۰۲۵۵	۰/۰۰۳۹۷	۰/۶۰۹۴	۲
پوشش گیاهی	شاخص پوشش گیاهی (NDVI)	۰/۰۰۱۷۱	۰/۰۰۱۷۸	۰/۵۱۰۰	۱۰
	پوشش سطحی خاک(لاشبرگ)	۰/۰۰۱۳۵	۰/۰۰۱۰۴	۰/۴۳۵۵	۱۵
عوامل انسانی	نحوه استفاده از زمین	۰/۰۰۱۷۱	۰/۰۰۲۰۹	۰/۵۵۰۳	۶
	فاصله از سکونتگاه	۰/۰۰۴۷۷	۰/۰۰۳۰۸	۰/۳۹۱۹	۱۹
تولید بیولوژیک چوب				**نتایج تکنیک** TOPSIS	
معیار ها	**شاخص ها**	d_i^+	d_i^-	**محاسبه** cl_i^*	**اولویت**
منابع جنگلی	درصد جنگل و دیگر اراضی چوب‌ده مدیریت شده بر طبق طرح جنگلداری	۰/۰۰۰۷۵	۰/۰۰۱۴۷	۰/۶۶۱۳	۲
	رویش توده جنگلی (رویش حجمی، رویش سطح مقطع و رویش تعداد درختان)	۰/۰۰۰۸۶	۰/۰۰۱۱۲	۰/۵۶۶۱	۶
	رشد خالص سالانه	۰/۰۰۱۱۲	۰/۰۰۱۹۱	۰/۶۳۳۲	۳
	مساحت منطقه حفاظت شده در هر پارسل	۰/۰۰۳۷۵	۰/۰۰۴۳۸	۰/۵۳۸۳	۱۲
	حجم در هکتار	۰/۰۰۰۹۰	۰/۰۰۱۴۶	۰/۶۱۸۲	۴
	تعداد در هکتار	۰/۰۰۱۰۸	۰/۰۰۱۳۳	۰/۵۵۰۱	۱۰
	ترکیب بندی(تیپ گونه های درختی)	۰/۰۰۱۴۳	۰/۰۰۳۳۸	۰/۷۰۳۰	۱
	فیزیولوژی و سرشت گونه	۰/۰۰۳۳۹	۰/۰۰۴۴۱	۰/۵۶۵۴	۸
	سن درخت	۰/۰۰۲۵۸	۰/۰۰۲۳۹	۰/۴۸۰۸	۲۱
	مرغوبیت پایه های مادری	۰/۰۰۱۴۹	۰/۰۰۱۸۵	۰/۵۵۲۵	۹
توپوگرافی	شیب زمین	۰/۰۰۱۸۲	۰/۰۰۲۱۸	۰/۵۴۶۰	۱۱
	جهت جغرافیایی	۰/۰۰۲۶۲	۰/۰۰۲۳۴	۰/۴۷۲۲	۲۲
خاک	نوع و بافت خاک	۰/۰۰۲۸۳	۰/۰۰۲۹۴	۰/۵۰۹۵	۲۰
	عناصر قابل جذب خاک	۰/۰۰۲۵۳	۰/۰۰۲۸۹	۰/۵۳۳۲	۱۵
اقلیم	بارندگی	۰/۰۰۱۶۵	۰/۰۰۲۱۷	۰/۵۶۸۲	۵
	درجه حرارت	۰/۰۰۱۷۸	۰/۰۰۱۵۶	۰/۴۶۷۶	۲۳
	کمبود آب (تفاوت بین بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل)	۰/۰۰۱۶۸	۰/۰۰۲۱۸	۰/۵۶۶۰	۷
عوامل اقتصادی - اجتماعی	مالکیت جنگل	۰/۰۰۲۹۱	۰/۰۰۳۱۴	۰/۵۱۹۴	۱۸
	تراکم جمعیت	۰/۰۰۳۱۹	۰/۰۰۳۶۳	۰/۵۳۱۸	۱۶

	ساماندهی خروج دام از عرصه های جنگلی	۰/۰۰۱۰۱	۰/۰۰۱۱۸	۰/۵۳۷۹	۱۳
	جایگزینی سوخت های فسیلی به جای مصرف چوب جهت مصارف روستایی	۰/۰۰۱۷۳	۰/۰۰۱۸۸	۰/۵۲۰۳	۱۷
	ایجاد بسته های حمایتی دولتی جهت غنی سازی عرصه های جنگلی با اولویت فرهنگ سازی همگانی	۰/۰۰۱۲۹	۰/۰۰۱۵۰	۰/۵۳۷۱	۱۴
	گسترش فرهنگ زراعت چوب با کاشت گونه های زود بازده در فضاهای خالی	۰/۰۰۰۹۶	۰/۰۰۱۰۳	۰/۵۱۶۲	۱۹
خدمت حفاظت خاک(جلوگیری از فرسایش آبی)		**نتایج تکنیک TOPSIS**			
معیار ها	**شاخص ها**	d_i^+	d_i^-	**محاسبه** cl_i^*	**اولویت**
توپوگرافی	شیب زمین	۰/۰۰۳۱۹	۰/۰۰۲۵۷	۰/۴۴۶۷	۱۸
	شکل و طول شیب	۰/۰۰۳۲۱	۰/۰۰۳۰۶	۰/۴۸۸۲	۱۲
	جهت جغرافیایی	۰/۰۲۲۵	۰/۰۱۶۸	۰/۴۲۷۱	۲۲
	ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۰۸۰۷	۰/۰۰۶۲۴	۰/۴۳۵۹	۲۱
زمین شناسی	سنگ شناسی	۰/۰۰۱۸۵	۰/۰۰۱۹۰	۰/۵۰۶۷	۱۰
خاک	بافت و ساختمان خاک	۰/۰۰۱۲۷	۰/۰۰۱۷۸	۰/۵۸۴۰	۶
	سرعت نفوذ	۰/۰۰۱۴۵	۰/۰۰۲۱۱	۰/۵۹۲۲	۵
	ظرفیت نگهداری آب خاک	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۰۱۴۹	۰/۶۲۶۸	۴
	کلوئیدی خاک	۰/۰۰۱۴۸	۰/۰۰۱۵۱	۰/۵۰۴۳	۱۱
	درصد مواد آلی	۰/۰۰۱۶۷	۰/۰۰۱۴۴	۰/۴۶۳۴	۱۶
هیدرولوژی	هرز آب یا رواناب	۰/۰۰۴۷۹	۰/۰۰۴۱۴	۰/۴۶۳۵	۱۵
	نوع و طول آبراهه	۰/۰۰۳۳۲	۰/۰۰۲۳۲	۰/۴۱۱۱	۲۳
	تراکم آبراهه	۰/۰۰۱۹۸	۰/۰۰۲۱۲	۰/۵۱۶۷	۹
	فاصله از آبراهه	۰/۰۰۲۵۱	۰/۰۰۲۲۹	۰/۴۷۷۳	۱۳
	خاک و شیب آبراهه	۰/۰۰۱۸۳	۰/۰۰۱۴۳	۰/۴۳۹۲	۲۰
اقلیم	بارندگی(میزان بارندگی، شدت بارندگی	۰/۰۰۱۶۹	۰/۰۰۰۱۴۸	۰/۴۶۷۹	۱۴
	تگرگ و برف	۰/۰۰۲۹۶	۰/۰۰۲۳۶	۰/۴۴۴۲	۱۹
	درجه حرارت	۰/۰۰۲۸۸	۰/۰۰۱۷۶	۰/۳۷۸۳	۲۴
پوشش زمین	شاخص پوشش گیاهی	۰/۰۰۰۹۸	۰/۰۰۱۷۳	۰/۶۳۶۳	۱
	پوشش سطحی خاک(لاشبرگ)	۰/۰۰۱۵۲	۰/۰۰۱۸۹	۰/۵۵۴۸	۷
	درصد تاج پوشش درختان	۰/۰۰۰۷۳	۰/۰۰۱۲۷	۰/۶۳۵۳	۲
عوامل انسانی	نحوه استفاده از زمین	۰/۰۰۱۸۴	۰/۰۰۳۱۷	۰/۶۳۲۹	۳
	فقدان عملیات حفاظتی(کشت کنتوری، تراس بندی و آبراهه های پوشش دار و ...	۰/۰۰۱۷۲	۰/۰۰۱۴۱	۰/۴۵۰۱	۱۷
	بهره برداری غیر علمی و بیش از ظرفیت تولید چوب و علوفه	۰/۰۰۴۲۷	۰/۰۰۲۳۹	۰/۳۵۹۲	۲۵
	جاده سازی	۰/۰۰۲۹۱	۰/۰۰۳۱۸	۰/۵۲۲۶	۸
خدمت ذخیره و ترسیب کربن در خاک		**نتایج تکنیک TOPSIS**			
معیار ها	**شاخص ها**	d_i^+	d_i^-	**محاسبه** cl_i^*	**اولویت**
توپوگرافی	شیب زمین	۰/۰۰۴۶۷	۰/۰۰۴۹۸	۰/۵۱۵۹	۱۴
	ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۰۳۰۹	۰/۰۰۴۶۷	۰/۶۰۰۹	۴
	جهت جغرافیایی	۰/۰۰۴۹۹	۰/۰۰۳۵۳	۰/۴۱۳۹	۲۱
خاک	بافت و ساختمان خاک	۰/۰۰۰۹۹	۰/۰۰۱۱۲	۰/۵۲۸۷	۱۲
	درصد نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن	۰/۰۰۰۸۵	۰/۰۰۱۱۳	۰/۵۶۹۲	۶
	درصد کربن الی	۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۰۱۳۸	۰/۵۸۸۲	۵
	جرم مخصوص ظاهری	۰/۰۰۴۱۹	۰/۰۰۳۰۹	۰/۴۲۴۲	۲۰
	درصد تخلخل خاک	۰/۰۰۲۹۱	۰/۰۰۳۷۶	۰/۵۶۳۹	۷
	هدایت الکتریکی	۰/۰۰۲۵۶	۰/۰۰۲۱۵	۰/۴۵۶۹	۱۷
	اسیدیته خاک	۰/۰۰۴۷۸	۰/۰۰۳۸۶	۰/۴۴۶۹	۱۹
	تنفس میکروبی خاک	۰/۰۰۱۵۹	۰/۰۰۱۴۸	۰/۴۸۲۱	۱۶

	درصد سنگریزه	۰/۰۰۳۱۸	۰/۰۰۳۶۵	۰/۵۳۴۳	۱۱
اقلیم	بارندگی	۰/۰۰۳۳۱	۰/۰۰۴۰۱	۰/۵۴۷۳	۹
	درجه حرارت	۰/۰۰۵۱۷	۰/۰۰۵۷۷	۰/۵۲۷۴	۱۳
	تبخیر و تعرق	۰/۰۰۴۶۳	۰/۰۰۵۶۱	۰/۵۴۷۶	۸
	رژیم رطوبتی	۰/۰۰۴۵۰	۰/۰۰۳۷۴	۰/۴۵۳۷	۱۸
پوشش گیاهی	(شاخص پوشش گیاهی) NDVI	۰/۰۰۲۳۱	۰/۰۰۴۲۵	۰/۶۴۸۴	۲
	پوشش سطحی خاک (لاشبرگ)	۰/۰۰۱۲۶	۰/۰۰۲۲۱	۰/۶۳۵۹	۳
عوامل انسانی	عملیات مدیریتی زراعی مثل کوددهی، آبیاری، آیش و تناوب زراعی	۰/۰۰۶۹۴	۰/۰۰۳۳۸	۰/۳۲۷۸	۲۲
	نحوه استفاده از زمین (کاربری اراضی)	۰/۰۰۱۹۴	۰/۰۰۴۰۹	۰/۶۷۸۲	۱
	کشاورزی حفاظتی در عرصه های زراعی مانند مدیریت بقایا و مالچ، خاک ورزی حفاظتی	۰/۰۰۴۱۸	۰/۰۰۴۹۱	۰/۵۳۹۸	۱۰
	بهره برداری غیر علمی و بیش از ظرفیت تولید چوب و علوفه	۰/۰۰۲۷۳	۰/۰۰۲۹۱	۰/۵۱۴۵	۱۵

محاسبه وزن معیارها به کمک Entropy و اولویت بندی معیارها به کمک مدل TOPSIS

وزن هر معیار از مجموع وزن شاخص ها آن بدست می آید و برای اولویت‌بندی معیارها از میانگین وزن نهایی به کمک تاپسیس وزن نهایی معیارها را تعیین و سپس اولویت‌بندی گردید. نتایج وزن‌دهی معیارها به کمک آنتروپی بیانگر وزن بالایی معیار اقلیم (۰/۰۶۳) برای تولید آب، معیار منابع جنگلی (۰/۰۹۱) برای تولید چوب، معیار خاک (۰/۱۰) و معیار اقلیم (۰/۰۶۸) برای ذخیره کربن می‌باشد. نتایج اولویت‌بندی به کمک تاپسیس نشان داد که معیارهای خاک و اقلیم برای تولید آب، معیارهای منابع جنگلی و اقلیم برای تولید چوب، معیارهای پوشش گیاهی و خاک برای حفاظت از خاک و معیارهای پوشش گیاهی و اقلیم برای ذخیره و ترسیب کربن در خاک به ترتیب بالاترین اولویت ها را به خود اختصاص داده‌اند.

محاسبه وزن خدمات به کمک Entropy و اولویت بندی آنها به کمک مدل TOPSIS

از وزن مجموع شاخص ها برای هر خدمت، وزت هر خدمت بدست می‌آید که نتایج وزن دهی به کمک آنتروپی نشان داد که خدمت ذخیره کربن با وزن (۰/۲۹) بالاترین وزن را به خود اختصاص داده است و خدمات حفاظت خاک، تولید آب و تولید چوب به ترتیب دارای وزن ۰/۲۵، ۰/۲۳ و ۰/۲۱ می باشند. نتایج اولویت‌بندی خدمات اکوسیستم به کمک تاپسیس بیانگر اولویت بالایی خدمت تولید چوب در حوزه آبخیز دارابکلا می‌باشد و خدمات ذخیره و ترسیب

کربن، تولید آب و حفاظت خاک به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.

جدول ۴ : نتایج وزن دهی معیارها به کمک انتروپی و اولویت بندی به روش تاپسیس

معیارها خدمت تولید آب	وزن دهی	cl_i^*	اولویت بندی	معیارها خدمت حفاظت خاک	وزن دهی	cl_i^*	اولویت بندی
توپوگرافی	۰/۰۵۶۷۲	۰/۴۶۱۱	۷	توپوگرافی	۰/۰۵۳۶۱۱	۰/۴۴۹۴	۶
زمین شناسی	۰/۰۵۰۵۴۹	۰/۵۰۸۰	۳	زمین شناسی	۰/۰۰۸۳۴۱	۰/۵۰۶۵	۳
خاک	۰/۰۲۲۴۹۶	۰/۵۶۷۹	۱	خاک	۰/۱۰۱۸۹۹	۰/۵۵۴۱	۲
هیدرولوژی	۰/۰۳۳۷۶۵	۰/۵۰۲۷	۴	هیدرولوژی	۰/۰۶۲۳۴۶	۰/۴۶۱۶	۵
اقلیم	۰/۰۶۳۴۰۶	۰/۵۳۷۲	۲	اقلیم	۰/۰۲۸۸۴۷	۰/۴۳۰۲	۷
پوشش گیاهی	۰/۰۱۴۸۸۵	۰/۴۷۲۷	۵	پوشش گیاهی	۰/۰۲۱۸۰۲	۰/۶۰۸۸	۱
عوامل انسانی	۰/۰۲۵۹۳۲	۰/۴۷۱۱	۶	عوامل انسانی	۰/۰۳۱۵۳	۰/۴۹۱۲	۴
معیارها خدمت تولید چوب	وزن دهی	cl_i^*	اولویت بندی	معیارها خدمت ذخیره کربن خاک	وزن دهی	cl_i^*	اولویت بندی
منابع جنگلی	۰/۰۹۱۰۹۳	۰/۵۸۶۹	۱	توپوگرافی	۰/۰۵۰۵۰۴	۰/۵۱۰۲	۵
توپوگرافی	۰/۰۲۳۲۴۹	۰/۵۰۹۱	۵	خاک	۰/۰۱۴۹۳۷	۰/۵۱۰۵	۴
خاک	۰/۰۲۳۲۶۹	۰/۵۲۱۴	۴	اقلیم	۰/۰۶۸۹۰۳	۰/۵۱۹	۲
اقلیم	۰/۰۲۶۴۶۶	۰/۵۳۴	۲	پوشش گیاهی	۰/۰۱۹۳	۰/۶۴۲۲	۱
عوامل اقتصادی- اجتماعی	۰/۰۵۲۷۲۶	۰/۵۲۷۱	۳	عوامل انسانی	۰/۰۵۸۴۷۶	۰/۵۱۵۱	۳

جدول ۵: نتایج وزن دهی خدمات اکوسیستم به روش آنتروپی و اولویت بندی به روش تاپسیس

خدمات	وزن دهی	cl_i^*	اولویت بندی

تولید آب	۰/۲۳۳۹۸۸	۰/۵۰۵۶	۳
تولید چوب	۰/۲۱۶۸۰۵	۰/۵۵۱۹	۱
حفاظت خاک	۰/۲۵۴۹۵۶	۰/۴۹۸۶	۴
ذخیره و ترسیب کربن خاک	۰/۲۹۴۲۵۱	۰/۵۲۴۸	۲

بحث و نتیجه گیری

خدمات اکوسیستم زمینه تعادل فیزیکی، فرهنگی و اقتصادی انسان را با عرصه‌های طبیعی فراهم می‌کنند. شناخت، طبقه‌بندی و اولویت‌بندی این خدمات، راهنمایی برای سیاست‌گذاری و چگونگی استفاده از منابع طبیعی را روشن خواهد ساخت (۷). در این مطالعه از روش دلفی جهت شناسایی معیارها و شاخص‌های موثر بر ارزیابی خدمات چندگانه اکوسیستمی استفاده شد زیرا این روش یکی از روش‌های موثر برای انتخاب معیارها و شاخص-های جهانی در زمینه ارزیابی اکوسیستم‌های طبیعی و مناطق حفاظت شده می‌باشد که با توجه به نتایج این روش در پایان مرحله سوم ۱۹ شاخص برای تولید آب، ۲۳ شاخص برای تولید چوب، ۲۵ شاخص برای حفاظت از خاک و ۲۲ شاخص برای ذخیره و ترسیب کربن در خاک جهت ارزیابی خدمات چندگانه اکوسیستمی بومی‌سازی شد.

شاخص‌های لیتولوژی، فیزیولوژی و سرشت گونه، ارتفاع از سطح دریا و درجه حرارت به ترتیب برای خدمت تولید آب، تولید چوب، حفاظت خاک و ترسیب کربن بالاترین وزن را به خود اختصاص داده اند. همانطور که می‌دانیم نتایج مربوط به روش آنتروپی قابلیت اتکا بیشتری در محاسبه اوزان شاخص‌ها دارد اما در اولویت‌بندی شاخص‌ها کمتر کاربرد دارد (۱۲). زیرا اساس روش آنتروپی بر این پایه استوار است که هر چه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است (۲۲). از آنجایکه پرسشنامه دلفی در طی سه مرحله تکمیل شده است این امر سبب کاهش پراکندگی داده‌ها (به ویژه در ارتباط با شاخص‌های که دارای اهمیت بالاتری از دیدگاه اعضای دلفی در ارزیابی خدمات اکوسیستم‌اند) می‌شود. بنابراین وزن بالایی شاخص بیانگر اولویت بالایی آن نیست از این رو جهت اولویت‌بندی شاخص‌ها و معیارها از روش تاپسیس استفاده شده است البته در خصوص

وزن معیارها به دلیل اینکه از حاصل جمع وزن شاخص ها به دست می‌آید نتایج از مقبولیت بیشتری برخوردار بود که معیار اقلیم برای تولید آب و ذخیره کربن، معیار منابع جنگلی برای تولید چوب و معیار خاک برای حفاظت خاک از بیشترین وزن برخوردار بودند.

نتایج اولویت‌بندی شاخص‌ها به کمک تکنیک تاپسیس نشان داد که برای خدمت تولید آب شاخص‌های بارندگی، ماندگاری برف، نفوذپذیری خاک، بافت خاک، لیتولوژی، کاربری اراضی و معیارهای خاک و اقلیم به ترتیب بالاترین اولویت‌ها را به خود اختصاص دادند که با نتایج گودرزی و همکاران (۲۰۱۵) که فاکتورهای بارندگی و بافت خاک را به عنوان تاثیرگذارترین فاکتورها در تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌دانند و با نتایج ذبیحی و همکاران (۲۰۱۵) که بیانگر تاثیر بالایی کاربری اراضی و لیتولوژی در ذخیره آب باران است، مطابقت دارد. همچنین در مدلهای تولید آب براساس منحنی بودیکو در مدل InVEST از فاکتورهای مانند بارندگی، تبخیر و تعرق، کاربری اراضی، عمق خاک و گنجایش ابی در دسترس (که متاثر از نفوذپذیری و بافت خاک است) جهت نقشه‌سازی کمی تولید آب استفاده می‌کند (ریدهد[1] و همکاران، ۲۰۱۶) که این امر بیانگر اهمیت بالایی این فاکتورهای در ارزیابی خدمت تولید آب می‌باشد.

شاخص‌های تیپ گونه های درختی و درصد جنگل، رشد خالص سالانه، حجم در هکتار، بارندگی و معیارهای منابع جنگلی و اقلیم برای تولید چوب به ترتیب بالاترین اولویت‌ها را به خود اختصاص دادند که ورکرک و همکاران (۲۰۱۵) نیز فاکتورهای مانند تیپ گونه درختی، درصد جنگل، رشد خالص سالانه و ... جهت نقشه‌سازی خدمت تولید چوب استفاده کرده اند که بیان کردند میزان تولید چوب وابستگی بالایی با نوع گونه درختی دارد زیرا متوسط رشد حجمی سالانه گونه های راش، ممرز، انجیلی، افرا و سایر گونه ها متفاوت می-باشد(مطابق با نتایج غلامی (۲۰۰۴) و حاتمی و همکاران (۲۰۱۳).

شاخص‌های پوشش گیاهی، درصد تاج پوشش، نحوه استفاده از زمین، ظرفیت نگهداری آب در خاک، سرعت نفوذ و معیارهای پوشش گیاهی و خاک برای حفاظت از خاک بالاترین اولویت را داشتند که با نتایج محمودی و فقهی (۲۰۱۶) که معیار تاج پوشش را اثرگذارترین معیار ساختاری در اکوسیستم‌های جنگلی کشور جهت ارائه خدمات اکوسیستمی معرفی کردند، واینورایت[2] و همکاران (۲۰۰۲) که پوشش گیاهی و تاج پوشش درختان جنگلی و زنگ آبادی و همکاران (۳۴) که سه عامل پوشش گیاهی، خاک و شیب را اثرگذارترین عامل‌ها در کاهش تولید رواناب و افزایش نفوذ

[1] Redhead

[2] Wainwright

آب در خاک معرفی کردند، مطابقت دارد. همچنین انواع مدل های کیفی و کمی برآورد فرسایش و رسوب مانند PSIAC، FAO ، MPSIAC، RUSLE و ... تابعی از فاکتورهای مانند پوشش گیاهی، کاربری اراضی، خاک، زمین شناسی، شیب و... می باشند که نتایج اولویت‌بندی شاخص‌ها در این پژوهش نیز بیانگر اولویت بالا برای شاخص‌های می باشد که در مدل های ارزیابی از آنها در برآورد فرسایش استفاده می‌کنند.

شاخص‌های نحوه استفاده از زمین و شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، پوشش سطحی خاک، ارتفاع از سطح دریا، درصد کربن آلی و معیارهای پوشش گیاهی و اقلیم برای ذخیره و ترسیب کربن در خاک به ترتیب بالاترین اولویت ها را به خود اختصاص داده اند. که با نتایج لال[1] و همکارن (۲۰۰۴)، محمودی و همکاران (۲۰۱۳) که عامل کاربری اراضی و مدیریت آنها را مهم ترین عامل در توان ترسیب خاک اکوسیستم بیان می‌کند و با نتایج بورک[2] و همکاران (۱۹۸۹) که تفاوت در محتوای کربن در اکوسیستم‌های مختلف، تا حدود زیادی وابسته به عوامل خاکی و اقلیم است مطابقت دارد.

نتایج اولویت‌بندی خدمت اکوسیستم بیانگر اولویت بالایی خدمت تولید چوب و ذخیره و ترسیب کربن در حوزه آبخیز دارابکلا بود با توجه به اینکه خدمت تولید چوب به عنوان مهم ترین خدمت تولیدی جنگل شناخته می‌شود که تامین خدمات دیگر و تنوع زیستی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۳۳ و ۲۷). همانطور که می‌دانیم افزایش غلظت دی اکسید کربن در جو زمین به عنوان اصلی ترین عامل تغییرات اقلیمی است که تغییر در اکوسیستم‌ها و در نتیجه کاهش تنوع زیستی از عواقب و خسارت ناشی از آن هستند (۱۵). از این رو اکوسیستم های جنگلی با ذخیره ۸۰ درصد کربن روزمینی و بیش از ۷۰ درصد از کربن آلی در خاک نقش کلیدی در ذخیره کربن جهانی و کاهش آن در اتمسفر بازی می کند (۸). این دلایل می تواند بیانگر اهمیت بالایی خدمت تولید چوب باشد و مقبولیت نتایج اولویت بندی با تاپسیس را تایید کند و می‌توان این طور ادعا کرد که به کارگیری سیستم تصمیم گیری چند شاخصه، ابزار مناسبی برای اولویت بندی معیارها و شاخص های خدمات چندگانه اکوسیستمی می‌باشد. در پایان پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده به پایش شاخص‌های اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی در ارزیابی طیف جامع و گسترده‌تری از خدمات کوسیستم‌های پرداخته شود به طوریکه که بتواند همه نیازهای ارزیابان محیط زیستی را در ارتباط با خدمات چندگانه اکوسیستمی فراهم نماید.

References

[1] Lal

[2] Burke

1. Arabameri, A and Shirani, K., 2017. Delineation of suitable sites for groundwater artificial recharge using Integrated AHP - TOPSIS (Case study: Shahrood - Bastam Basin). Water and soil science (Sci. & Technol. Agric. & Natural Resources), 3(21):149-168. (In Persian)
2. Asgharian, M., Shahraji, T., Nasir Ahmadi, K and Oladi, J., 2012. The identification of criteria and indicators for ecotourism management in the forest parks north of Iran using the Delphi method. natural ecosystem of Iran, 2(4): 93-103. (In Persian)
3. Burke, I. C., Yonker, C. M., Parton W. J., Cole C. V., Flach, K and Schimel, D. S., 1989. Texture, climate, and cultivation effects on soil organic matter content in U.S. Grassland Soil. Soil Science Society America Journal, 53(3): 800-805.
4. Choi, H and Sirakaya, E., 2006. Indicators for managing community tourism. Tourism Management, 27: 1274-1289.
5. Chung, E., Kwangjae, W., Yeonjoo, K and Hosun, L., 2014. Water Resource Vulnerability Characteristics by District's Population Size in a Changing Climate Using Subjective and Objective Weights. Sustainability, 6: 6141-6157.
6. Daneshi, A., vafakhah, M and Panahi, M., 2014. Economic instruments of natural resource and environment management (case study: Ecosystem services Payment (pes)). Water and sustainable development,1(2): 7-14. (In Persian)
7. de Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L and Willemen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity 7: 260–272.
8. Gelman, V., Hulkkonen, V., Kantola, R., Nousianen, M., Nousianen, V and Poku-Marboah, M., 2013. Impact of forest management practices on forest carbon. Interdisciplinary approach to forests and climate change. University of Helsinky, 20 p.
9. Gholami, Gh., 2004. Comparing method for estimating allowable cut rates in uneven-aged forestry method. MSc dissertation in forest Science University of Agriculture Sciences and Natural Resources, 106 p. (In Persian)
10. Goodarzi, M., Abedi Koupai, J., Heiderupour, M and Safavi, H., 2015. Analysis of the effects of various parameters on groundwater recharge using a hybrid method. water and soil science, (Sci. & Technol. Agric. & Natural Resources, 19(73):287-298. (In Persian)
11. Hatami, N., Moayeri, M. H and Heidari, H., 2013. volume increment determination of forest stands types in the district one of Dr. Bahramnia forest management plan, Gorgan. Iranian forest ecology, 1(2): 57-69. (In Persian)
12. Hosseini, S., Oladi, J and Amirnejad. H., 2015. The priority of ecological, economic and social indicators of national parks using of multi-criteria decision making techniques (Entropy, SAW and TOPSIS). wood and forest science and technology, 22(4):1-28. (In Persian)

13. Hosseinpour Sabet, S., 2012. Simulation of land use change effects on soil loss using the RUSLE model (case study: darabkola watershed). MSc dissertation for natural resources – watershed management. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Faculty of Natural Resources, 103p (In Persian).
14. Hosseinzadeh Lotfi, F and Fallahnejad, R., 2010. Imprecise Shannon's Entropy and Multi Attribute Decision Making. Entropy, 12(1): 53-62.
15. Javadi Tabalvandani, M. R., Zehtabiyan, GH. R., Ahmadi, H., Ayobi, SH., Jafari, M and Alizadeh, M., 2011.The role of different land use on soil carbon sequestration (case study: noumeh Roud watershed in Nour province). natural ecosystems of Iran, 1(2): 156-167. (In Persian)
16. Koschke, L., Furst, C., Frank, S and Makeschin, F., 2012. A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. Ecological indicators, 21: 54-66.
17. Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration impact on global climate change and food security. Science, 304: 1623-1627.
18. Li, X., Kongsen, W., Liwen, L., Jing, X., Hongrui, Y and Chengyao, G., 2011. Application of the entropy weight and TOPSIS method in safety evaluation of coal Mines. Procedia engineering, 26: 2086-2091.
19. Mahmoudi, b and Faghehi. J., 2016. Identification, classification and prioritization of the ecosystem functions of forests of the country. Forest Resources planning, 1(2): 46p. (In Persian)
20. Mahmoudi, E., Mahdavi, M and Javadi, M. R., 2013. Soil carbon sequestration potential of land use types of the ecosystem (case study: Maydan watershed, Esfarayen, northern Khorasan). Natural ecosystems of Iran, 3(3): 101-113 (In Persian).
21. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, World Resources Institute, Washington, D.C, 155P.
22. Millon, T., Blaney, P. H and Davis, R. D., 1999. Oxford Textbooks of Psychopathology, Oxford University Press, New York, 827p.
23. Panahi, M., Saeed. A., Kupahi, M and Makhdoom, M., How to calculate the value of products and ecological services of the Khazari forest resource? Environmental studies, 33(42): 17-30. (In Persian)
24. Redhead, JW., Stratford, C., Sharps, K., Jones, L., Ziv, G., Clarke, D., Oliver, T. H and Bullock, J. M., 2016. This is a repository copy of Empirical validation of the InVEST water yield ecosystem service model at a national scale. Science of the total environment, 24p.
25. Rezai, J and Davodi Monfared, M., 2008. Genetic algorithms and multi- objective optimization approach. Vali Asr Rafsanjan university. Press of Pelk, 611p. (In Persian)
26. Salari, M., Shahabi, H and Salari, S., 2016. Management (recognition and prioritize) geomorohosites using Entropy and Saw methods (case study: Sardasht

city geomorohosites). Quantitative geomorphological researches, 4(2):166-180. (In Persian)

27. Schwenk, W.S., Donovan, T.M., Keeton, W.S and Nunery, J.S., 2012. Carbon storage, timber production, and biodiversity: comparing ecosystem services with multi criteria decision analysis. Ecological Applications, 22: 1612–1627.
28. Sepehr, A., Zucca, C. 2012. Ranking desertification indicators using TOPSIS Algorithm. Journal of natural hazards, 62(3): 1137-1153.
29. Shekari Badi, A., Motamedi Rad, M and Mohamadnia, M., 2016. combining the ANP model and Shannon entropy index to assess the effective factors in the occurrence and zonation of landslide hazard (case study: Farob Roman basin in Neyshabur). arid regions geographic studies, 6(22): 89-103. (In Persian)
30. Verkerk, P., Levers, C., Kuemmerle, T., Lindner, M., Valbuena, R., Verburg, P and Zudin, S., 2015. Mapping wood production in European forests. Forest Ecology and Management ,357: 228–238.
31. Wainwright, J., Parsons, A. J., Schlesinger, W. H and Abrahams, A. D., 2002. Hydrology- vegetation interactions in areas of discontinuous flow on a semi-arid bajada, southern New Mexico. Arid Environments, 51(3): 319-338.
32. Zabihi, M., Pourghasemi, H. R and Behzadfar, M., 2015. Groundwater Potential Mapping Using Shannon's Entropy and Random Forest Models in the Bojnourd township. Eco hydrology, 2(2): 221-232 (In Persian).
33. Zanchi, G., Belyazid, S., Akselsson, C and Yu, L., 2014. Modelling the effects of management intensification on multiple forest services: A Swedish case study. Ecological Model, 284: 48–59.
34. Zangiabadi, M., Rangavar, A., Rafahi, H., Shorafa, M and Bihamta, M., 2010. Investigation of The most important factors affecting in soil erosion in Kalat semi-arid rangelands. water and soil, 24(4): 737-744. (In Persian)
35. Zarandian, A., 2016. Ecological-economic assessment of ecosystem services and its appliance in landscape spatial planning (case study: The Sarvelat and Javaherdasht protected area). PhD dissertation for environmental planning. University of Tehran, Faculty of the environment, environmental planning group, 261p (In Persian)