دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در ارائه سناریوهای مختلف حفاظت آب و خاک در حوزه آبخیز طالقان

قباد رستمی‌زاد[۱]، محسن محسنی ساروی[۲]، علی اکبر نظری سامانی[۳] و زهرا خان‌بابایی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران، (نویسنده مسوول: gh_rostamizad@ut.ac.ir)
۲، ۳ و ۴- استاد، استادیار و دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۱

چکیده

در مدیریت حوزه‌های آبخیز پس از طراحی مراحل مختلف برنامه‌ریزی، انتخاب بهترین طرح برای مدیریت حوزه‌های آبخیز از اهمیت زیادی برخوردار است. در چنین شرایطی با تصمیم‌گیری‌هایی مواجه خواهیم بود که تحت تاثیر معیارهای متعددی هستند. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. بر اساس تکنیک AHP در حوزه آبخیز مورد مطالعه برای حل مشکل یا مشکلات موجود ابتدا تعدادی گزینه شامل: ۱- طرح A - شامل عملیات مکانیکی (گابیون، چکدم، احداث سد خاکی و ...) ۲- طرح B شامل عملیات بیولوژیکی (نهالکاری و بوته‌کاری و ...) و ۳- طرح C- عملیات عمرانی و خدماتی (تامین سوخت روستاها، احداث جاده روستایی و ...) انتخاب گردید. سپس برای انتخاب بهترین طرح چهار معیار شامل هزینه، حفاظت خاک، کاهش سیلاب و کیفیت آب در نظر گرفته شد. سپس بر اساس نظرات اساتید دانشگاهی و کارشناسان اقدام به ارزیابی گزینه‌ها از طریق ماتریس مقایسه زوجی با استفاده از نرم‌افزار Expert choice گردید. نتایج نشان داد که برای معیار هزینه بهترین گزینه عملیات بیولوژیکی با وزن نسبی ۷۱/۷٪ و نرخ ناسازگاری ۰/۰۹، برای معیار حفاظت خاک بهترین گزینه عملیات مکانیکی با وزن نسبی ۵۵/۹٪ و نرخ ناسازگاری ۰/۰۸، برای معیار کاهش سیلاب بهترین گزینه عملیات بیولوژیکی با وزن نسبی ۵۸/۲٪ و نرخ ناسازگاری ۰/۰۳، برای معیار کیفیت آب بهترین گزینه عملیات بیولوژیکی با وزن نسبی ۵۹/۲٪ و نرخ ناسازگاری ۰/۰۱ است. بعد از محاسبه وزن هر یک از طرح ها نسبت به کلیه معیارها، سهم هریک ازمعیارها درتعیین بهترین طرح مشخص گردید که مهم‌ترین معیار، هزینه با وزن نسبی ۶۰/۳٪ و بهترین طرح، عملیات بیولوژیکی با وزن نسبی ۶۰/۲٪ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تکنیک AHP، عملیات مکانیکی، ماتریس مقایسه زوجی، نرخ ناسازگاری، وزن نسبی

مقدمه

با توجه به این که حوزه آبخیز تحت تاثیر عوامل مختلفی چون شرایط آب و هوایی، فیزیوگرافی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی و جوامع گیاهی و جانوری است، در ارائه سناریوهای مختلف حفاظت آب و خاک باید در انتخاب بهترین طرح برای حوزه آبخیز همه این عوامل در تصمیم‌گیری دخالت داده شود. در چنین شرایطی با تصمیم‌گیری‌هایی مواجه خواهیم بود که تحت تاثیر معیارهای متعددی هستند. فرآیند تحیل سلسله مراتبی (AHP)[1] یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. در آریزونای آمریکا فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به عنوان یک مفهوم برای مدیریت حوزه آبخیز به کار برده شد. نتیجه گرفته شد که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یک روش تصمیم‌گیری برای کمک به مدیریت جامع حوزه آبخیز است، زیرا معیارهای برنامه‌ریزی و وزن‌دهی معیارها را در یک روش باز و واضح مورد بررسی قرار می‌دهد (۵). برای انتخاب بهترین روش آبیاری در صربستان از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. در این تحقیق تصمیم پیشنهادی با چهار روش آبیاری کشاورزی بررسی شد که شامل آبیاری نواری، شیاری، بارانی و قطره‌ای بوده است. این روش‌ها به صورت دو جانبه نسبت به هفت معیار مقایسه شدند. این معیارها شامل تراکم محصول، حساسیت به آفات، شرایط رشد، شیب، میزان نفوذ، کیفیت آب و مهارت کارگران بوده است. با استفاده از این نتایج آبیاری قطره‌ای به عنوان بهترین روش انتخاب گردید (۷). در لبنان روشی در طی سه مرحله برای مکان‌یابی مخزن جمع‌آوری آب باران به کار گرفته شد. در مرحله اول از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)[2] برای تولید پوشش فضایی مربوطه استفاده گردید. در مرحله دوم از سیستم مدل‌سازی حوزه آبخیز (WMS)[3] برای شبیه‌سازی رواناب در حوزه آبخیز و در مرحله سوم از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای توسعه، تکمیل و دسته‌بندی پتانسیل‌های متعدد مکان‌های مخزن، مطابق با مناسب بودنشان استفاده شد. در نهایت مخزن جمع‌آوری آب باران در خروجی حوزه آبخیزی که بالاترین رتبه را داشت حفر گردید (۷). برای مشکل مدیریت زمین‌های آلوده که هنوز در وضعیت حداقل است و تحت شناسایی بوده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. نتیجه گرفته شد که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی دارای بیشترین کاربرد و جزء سریع‌ترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری است که تحت نظم و ترتیب برای مدیریت و برنامه‌ریزی منابع و محیط مناسب است (۳). با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در حوزه آبخیز افجه تهران کاهش فرسایش به عنوان مهمترین معیار و عملیات مکانیکی به عنوان بهترین طرح برای حوزه بر اساس معیارهای مورد نظر معرفی گردید (۹). احمدی و همکاران پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای را در حوزه آبخیز گرمی‌چای با استفاده از دو روش رگرسیون

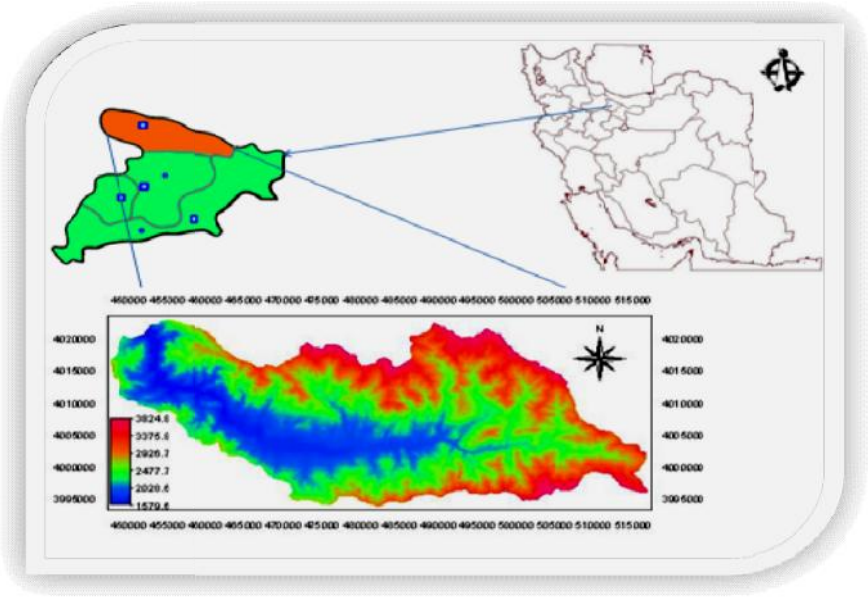
1- Analytical Hierrarchy Process
2- Geographic Information System
3- Watershed Modeling System

چند متغیره و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که می‌توان مدل AHP را در پهنه‌بندی حوزه آبخیز از نظر حساسیت به زمین لغزش ارزیابی کرد و روش AHP به دلیل برخورداری از متغیرهای بیشتر و کلاسه‌بندی اصولی نسبت به روش رگرسیون چند متغیره برتر بوده و از دقت بیشتری برخوردار است (۱). در یک رهیافت مشارکتی جامع به منظور رتبه‌بندی استراتژی‌های مدیریت و برنامه‌ریزی حوزه آبخیز، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در حوزه آبخیز کن در شمال تهران بکار گرفته شد. در این تحقیق توسعه منابع آب از بیشترین ارجحیت در بین استراتژی‌های بلند مدت مدیریت حوزه از نظر گروه‌های مختلف برخوردار بوده است (۱۱). استراتژی‌های توسعه کشاورزی و مرتعداری، حفاظت از محیط زیست و تنوع بیولوژیک، توسعه و ترویج فعالیت‌های تفرجی و در نهایت حفظ مدیریت با شرایط فعلی به ترتیب توسط کلیه گروههای مشارکت‌کننده رتبه‌بندی شدند (۱۱). میریعقوب زاده و قنبرپور (۸) رویکرد تجزیه روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را رهیافتی برای مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز دانستند. در این خصوص مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به عنوان امری برای برنامه‌ریزی‌های کل نگر مطرح شده و آن را به عنوان واحد اصلی برنامه‌ریزی اقتصادی، اکولوژیکی و سیاسی جهت توسعه پایدار تبدیل کرده است. رویکرد تجزیه و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، روشی برای مدیریت در حوزه‌های آبخیز بوده است و در فرآیند برنامه‌ریزی از معیار وزن‌دهی در سیستم‌های باز بهره می‌گیرد. این روش ساختار رده‌ای را به منظور ساده‌سازی یک فرآیند پیچیده تصمیم به صورت رده‌های اهداف، معیارها، زیر معیارها و استراتژی‌ها در نظر می‌گیرد. به عبارت دیگر AHP اهرم موثری در پیاده‌سازی اصول مدیریت جامع به شمار می‌رود. در حوزه آبخیز ریمله واقع در استان لرستان به کمک فرآیند روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) هزینه به عنوان مهم‌ترین معیار و عملیات بیولوژیک به عنوان بهترین طرح حوزه آبخیز بر اساس معیارهای مورد نظر معرفی گردید (۶). بنابراین یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است که اولین بار توسط توماس ال ساعتی در ۱۹۸۰ مطرح شد و بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده که امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد.

هدف اصلی این تحقیق ارائه سناریوهای مختلف حفاظت آب و خاک با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و اولویت‌بندی عوامل موثر بر مدیریت در حوزه آبخیز مورد مطالعه است. به طوری که بتوان تصویر روشنی از وضعیت موجود مدیریت در این حوزه ارائه داد و در نهایت ارائه الگوی مدیریتی که با اجرای آن بتوان شرایط پایداری را در حوزه آبخیز پدید آورد.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز طالقان یکی از سرشاخه‌های سفیدرود است که در منتهی الیه شمال تهران در فاصله ۱۴۰ کیلومتری در جهت شرقی و غربی گسترده شده است. شرقی‌ترین نقطه طالقان روستای گراب و گردنه عسلک (۳۶ درجه و ۵ دقیقه و ۲۰ ثانیه عرض جغرافیایی و ۵۱ درجه و ۱۱ دقیقه و ۲۲ ثانیه طول جغرافیایی و ارتفاع ۳۱۳۸ متر از سطح دریا) می‌باشد که به جاده چالوس منتهی می‌شود. غربی‌ترین نقطه طالقان روستای پرکه و گردنه انگه (۳۶ درجه و ۲۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض جغرافیایی و ۵۰ درجه و ۲۰ دقیقه و ۵۴ ثانیه طول جغرافیایی و ارتفاع ۲۱۶۰ متر از سطح دریا) است که به ناحیه الموت و استان قزوین ختم می‌گردد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت حوزه‌آبخیز مورد مطالعه

اطلاعات پایه و مورد نیاز در انجام این تحقیق بر اساس مطالعات تفصیلی- اجرایی حوزه آبخیز مورد مطالعه تهیه وجمع آوری شده است (۴). اطلاعات و داده‌های تکمیلی و مورد نیاز در مراحل مختلف تحقیق با تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود و بررسی‌های صحرایی و بحث و تبادل نظر با مردم ساکن حوزه آبخیز و تکمیل پرسشنامه توسط اساتید دانشگاهی و کارشناسان اداره کل آبخیزداری استان تهران و استفاده از دیدگاه‌های مختلف آنها به دست آمد. برای حفاظت خاک و آب معمولا از روش‌های مکانیکی و غیر مکانیکی (بیولوژیکی) استفاده می‌کنند. اقدامات مکانیکی، شامل عملیاتی مانند تراس‌بندی، ایجاد آبراهه‌های انحرافی، احداث بندها، گابیون چکدم و ... و روش غیرمکانیکی (بیولوژیکی) شامل عملیاتی مانند استفاده

صحیح از زمین، استقرار پوشش گیاهی مناسب، شخم مناسب، نهال‌کاری، بوته‌کاری، تناوب زراعی، دادن کود مناسب و ... می‌باشد. به عبارت دیگر حفاظت مکانیکی نوعی مبارزه مستقیم با فرسایش است و آن در حالتی است که خاک یارای مقاومت در مقابل فرسایش را ندارد و باید با انجام عملیاتی فرسایش را محدود ساخت. اقدامات غیر مکانیکی (بیولوژیکی) نوعی مبارزه غیرمستقیم با فرسایش خاک و پیشگیری از فرسایش با انجام یکسری عملیات مدیریت صحیح است.

اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسئله می‌باشد که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند. سطح یک در سلسله مراتبی هدف را نشان داده و سطوح میانی معیارهای موثر بر تصمیم‌گیری و سطح آخر گزینه‌های تصمیم‌گیری هستند. مهم‌ترین بخش در این مرحله انتخاب معیارها و عوامل موثر بر هدف تصمیم است. پس از استخراج گزینه‌ها و معیارهای مورد نیاز در این مطالعه و تهیه فرم‌های نظرخواهی (پرسشنامه)، بایستی نظرات کارشناسی مورد ارزیابی قرار گیرد تا نرخ ناسازگاری آن بدست آید که استفاده از فنون معمول تصمیم‌گیری گروهی می‌تواند کارساز باشد. توصیه‌های معمول در این زمینه آن است که یا تمام افراد پس از انجام یکسری جلسات توجیهی به یک جدول مقایسه‌ای زوجی مشترک برسند و یا این‌که هر یک از افراد نظر خود را اعلام نموده و سپس با انجام میانگین‌گیری هندسی، جدول مقایسات زوجی ایجاد شود.

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ابتدا عناصر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسه زوجی تشکیل می‌شود. سپس با استفاده از ماتریس مقایسه زوجی، وزن نسبی عناصر محاسبه می‌شود. قابل ذکر است که کلیه مقایسه‌ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد. بر اساس نظرات کارشناسان مختلف دانشگاهی و اجرایی اقدام به ارزیابی گزینه‌ها از طریق ماتریس مقایسه زوجی می‌گردد. ترکیب نظرات مختلف از طریق محاسبه میانگین هندسی صورت می‌گیرد. برای مقایسه زوجی عناصر از جدول ۱ استفاده می‌گردد که توسط مبتکر تکنیک AHP تعیین گردیده و قضاوتهای شفاهی به صورت کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده‌اند.

جدول ۱- جدول ترجیهات و قضاوتهای شفاهی که به صورت کمی درآمده‌اند

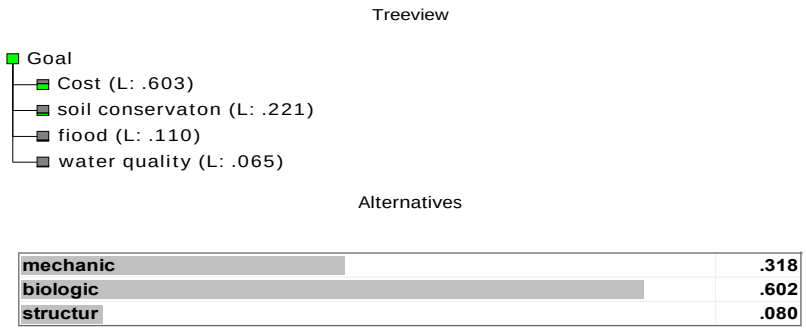
ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملا مرجح یا کاملا مهم تر یا کاملا مطلوب تر	Extremely preferred	۹
ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	Very strongly preferred	۷
ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی	Strongly preferred	۵
کمی مرجح یا کمی مهم تر یا کمی مطلوب تر	Moderately preferred	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	Equally preferred	۱
ترجیحات بین فواصل قوی		۸ ،۶ ،۴ ،۲

محاسبه وزن نهایی (مطلق)

از آنجا که وزن معیارها منعکس کننده اهمیت آنها در تعیین هدف است وزن هر گزینه نسبت به معیارها، سهم آن گزینه در معیارهای مربوطه می‌باشد. در نتیجه وزن نهایی هر گزینه از مجموع حاصلضرب وزن هر معیار در وزن گزینه مربوطه از آن معیار بدست می‌آید. بعد از محاسبه وزن هر یک از طرح‌ها نسبت به کلیه معیارها، وزن معیارها را نیز مشخص کرده به عبارت دیگر سهم هر یک از معیارها در تعیین بهترین طرح مشخص شد. برای این کار معیارها را نیز زوجی با هم مقایسه کرده و ترجیح زوجی این معیارها از تصمیم گیرنده سئوال شده و ماتریس مقایسه زوجی تشکیل و در مرحله پایانی وزن نهایی (مطلق) طرح‌ها محاسبه گردید. کنترل نرخ ناسازگاری قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان بر اساس روابط ریاضی و با استفاده از نرم‌افزار صورت گرفت. پس از وارد کردن گزینه‌ها و معیارها در این نرم‌افزار میزان نرخ ناسازگاری آنها تعیین گردید. با توجه به منابع مختلف نرخ ناسازگاری بایستی کمتر از ۰/۱ باشد و چنانچه این گونه نباشد باید برای رفع این مشکل، وزن‌دهی‌ها تصحیح گردند.

نتایج و بحث

ساخت مدل در روش AHP از سطح صفر یا هدف شروع شده و به سمت سطوح پایین‌تر سلسله مراتبی یعنی معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها توسعه می‌یابد. در سطح اول هدف مشاهده می‌شود که در اینجا انتخاب بهترین طرح برای مدیریت بهینه حوزه آبخیز می‌باشد. در سطح بعدی چهار معیار با عناوین هزینه، حفاظت خاک، کاهش سیلاب و کیفیت آب در نظر گرفته شده و در سطح سوم گزینه‌ها که شامل عملیات مکانیکی، عملیات بیولوژیکی و عملیات عمرانی است در نظر گرفته شدند (شکل ۲).



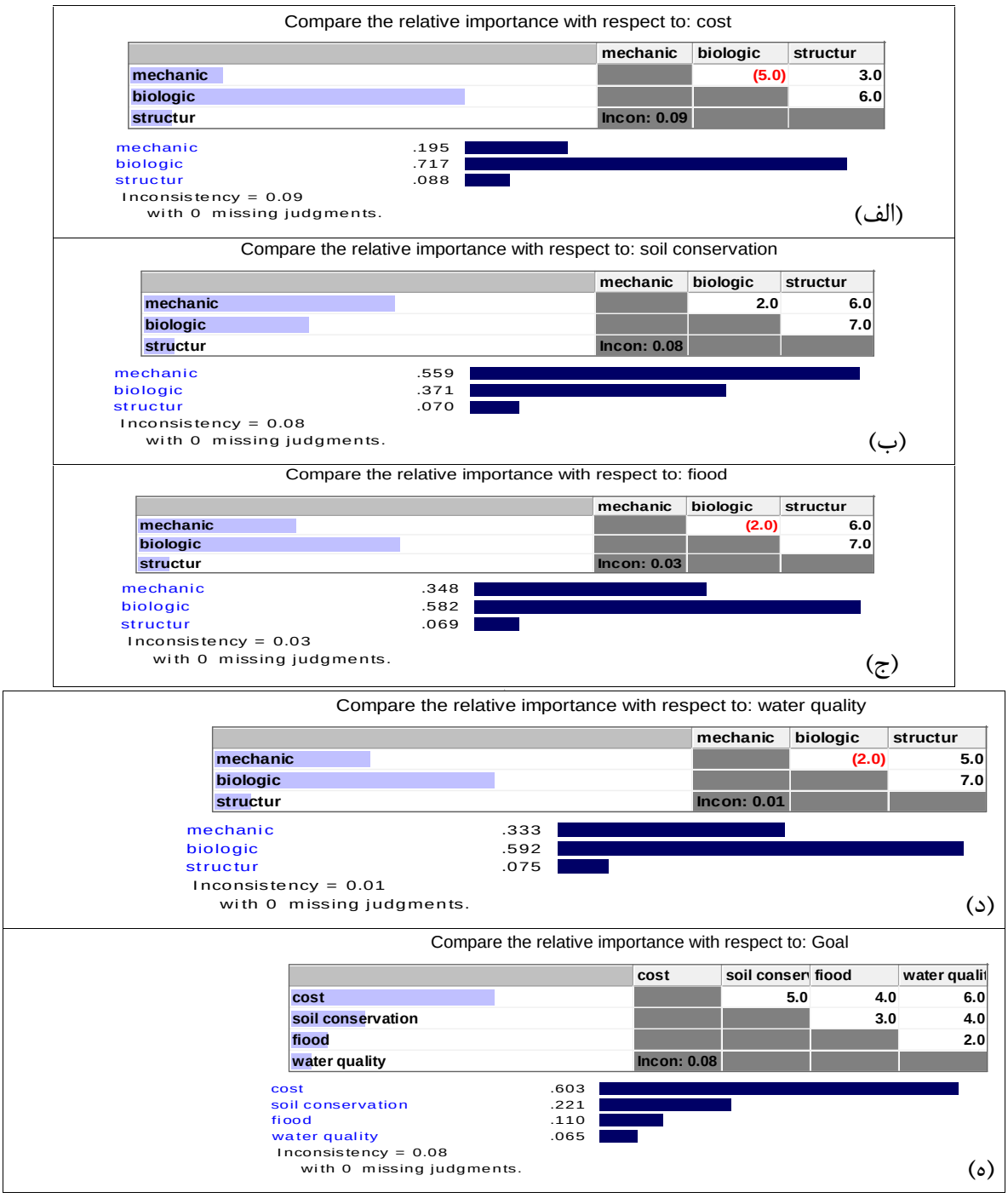
شکل ۲- درخت سلسله مراتبی

در تحلیل سلسله مراتبی همواره می‌توان سازگاری تصمیم را محاسبه نمود و نسبت به خوب و بد بودن و یا قبول و مردود بودن آن قضاوت کرد. بنابراین پس از ساخت سلسله مراتبی و وزن‌دهی بر اساس روش AHP، ضریب ناسازگاری کلیه معیارها و گزینه‌ها محاسبه گردید و در مواردی ضریب ناسازگاری توسط نرم افزار تعدیل گردید.

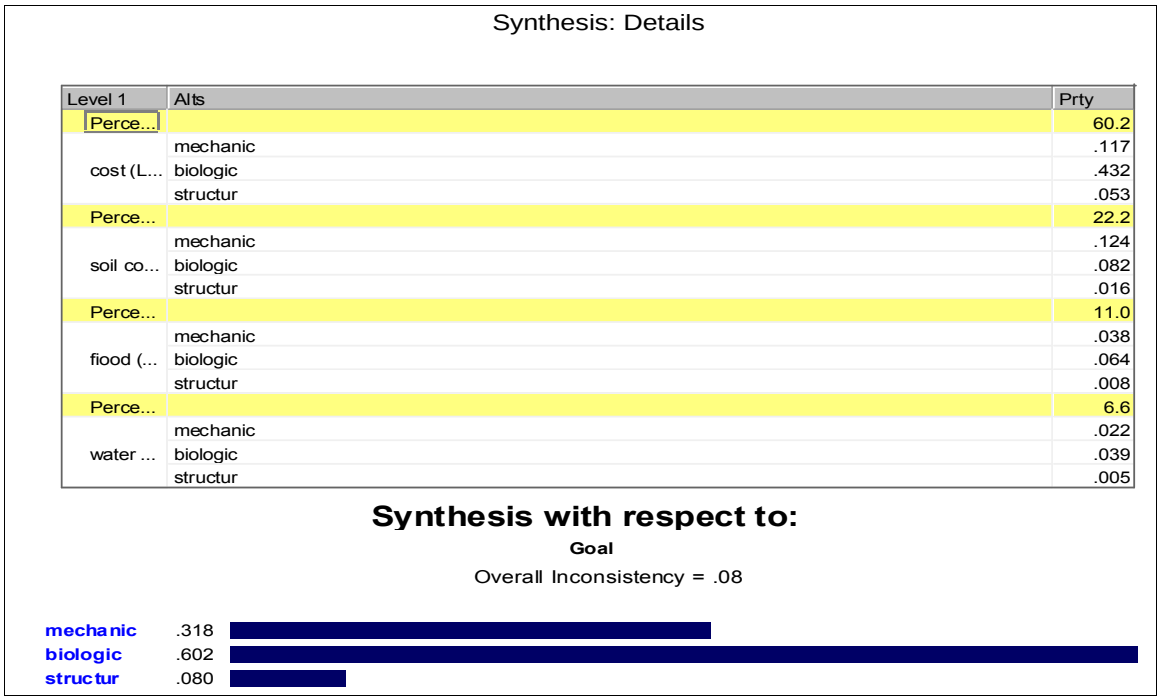
برای تعیین ارجحیت نسبی گزینه‌ها در ارتباط با معیارها، پرسشنامه‌ای تهیه شده و پاسخ کارشناسان متخصص به طور میانگین وارد نرم افزار Expert Choice گردید. مطابق شکل ۳ ، برای معیار هزینه بهترین گزینه عملیات بیولوژیکی با وزن نسبی ۷۱/۷٪ و نرخ ناسازگاری ۰/۰۹ است. برای معیار حفاظت خاک بهترین گزینه عملیات مکانیکی با وزن نسبی ۵۵/۹٪ و نرخ ناسازگاری ۰/۰۸ است. برای معیار کاهش سیلاب بهترین گزینه عملیات بیولوژیکی با وزن نسبی ۵۸/۲٪ و نرخ ناسازگاری ۰/۰۳ است. برای معیار کیفیت آب بهترین گزینه عملیات بیولوژیکی با وزن نسبی ۵۹/۲٪ و نرخ ناسازگاری ۰/۰۱ است. بعد از محاسبه وزن هر یک از طرح‌ها نسبت به کلیه معیارها، وزن معیارها را نیز مشخص کرده به عبارت دیگر سهم هر یک از معیارها در تعیین بهترین طرح مشخص می‌گردد. بنابراین مهم‌ترین معیار، هزینه با وزن نسبی ۶۰/۳٪ می‌باشد و نرخ ناسازگاری ۰/۰۸ است.

تلفیق (ترکیب وزن‌ها)

حال بعد از مقایسه زوجی و محاسبه وزن‌های نسبی گزینه‌ها و معیارها، لازم است تا وزن نهایی هر گزینه محاسبه گردد بدین منظور از عمل تلفیق در نرم افزار Expert Choice استفاده گردید. وزن نهایی بدین ترتیب به دست می‌آید که ابتدا برای هر معیار، وزن گزینه‌ها بر وزن بزرگترین آنها تقسیم می‌گردد سپس عدد حاصل در وزن معیار مربوطه ضرب می‌شود. با جمع مقادیر حاصل برای هر یک از گزینه‌ها، مقدار عددی به هر گزینه تخصیص می‌یابد. بعد از محاسبه وزن هریک از طرح‌ها نسبت به کلیه معیارها، وزن معیارها مشخص می‌شود به عبارت دیگر سهم هر یک از معیارها در تعیین بهترین طرح مشخص گردید که مهمترین معیار، هزینه با وزن نسبی ۶۰/۳٪ و بهترین طرح، عملیات بیولوژیکی با وزن نسبی ۶۰/۲٪ می‌باشد. جزییات محاسبات در شکل ۴ آمده است.



شکل ۳- تعیین ارجحیت نسبی گزینه‌ها و ماتریس مقایسه زوجی: (الف) معیار هزینه، (ب) معیار حفاظت خاک، (ج) معیار کاهش سیلاب، (د) معیار کیفیت آب و (ه) معیارها می‌باشد.



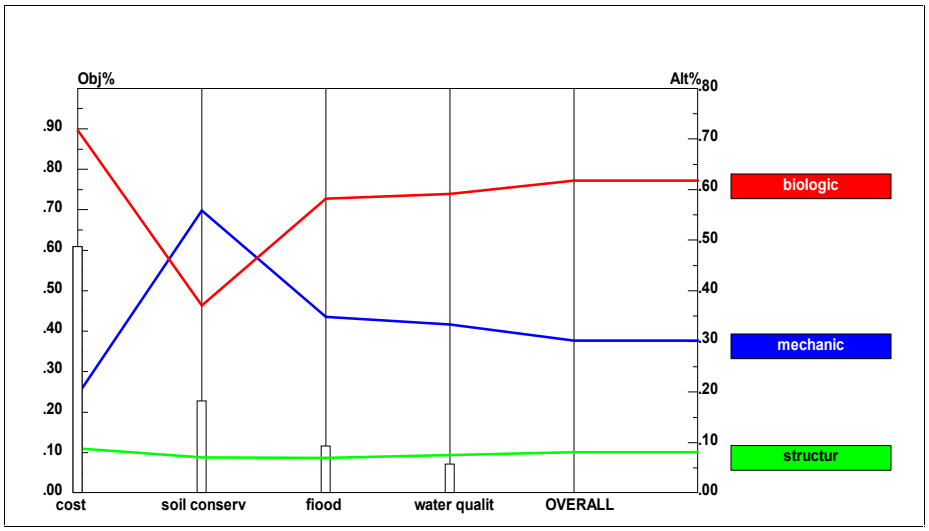
شکل ۴- ترکیب وزن‌ها و انتخاب بهترین طرح

تحلیل حساسیت

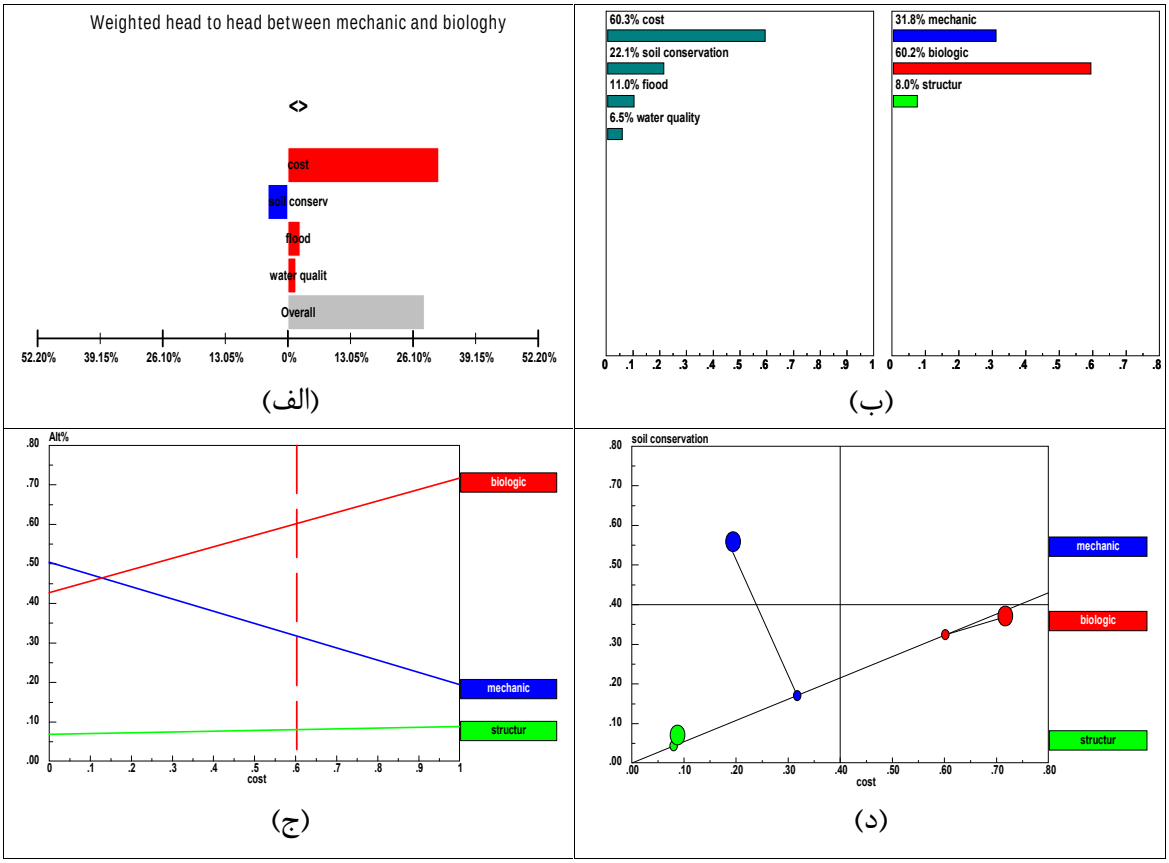
در این مرحله تحلیل حساسیت رتبه‌بندی گزینه‌ها نسبت به تغییرات وزن معیارها بررسی می‌شود. در حالتی که سلسله مراتبی سه سطح داشته باشد، تحلیل حساسیت از گره هدف، حساسیت گزینه‌ها را نسبت به معیارهای موجود در زیر هدف نشان خواهد داد. تحلیل حساسیت بر اساس روش‌هایی از جمله روش کارآیی[1]، دینامیک[2]، گرادیانی[3]، سر به سر[4] و روش دو بعدی[5] محاسبه شد که نتایج آن در اشکال ۵ و ۶ نشان داده شده است. در تحلیل حساسیت به روش کارآیی، معیارها روی محور افقی و گزینه‌ها روی محور عمودی نشان داده شده‌اند. تقاطع خطوط گزینه‌ها با خطوط عمودی مربوط به معیارها، وزن هر گزینه را در مورد آن معیار نشان می‌دهد. به طور مثال وزن عملیات بیولوژیک برای معیار هزینه ۷۲/۵٪، برای معیار حفاظت خاک ۳۷/۳٪، برای معیار کاهش سیلاب ۵۶/۹٪ و برای معیار کیفیت آب ۵۸٪ می‌باشد. اولویت معیارها با خطوط عمودی نشان داده شده است. وزن کلی هر گزینه روی محور عمودی سمت راست نمودار قابل مشاهده است. در تحلیل حساسیت دینامیک، نمودارهای میله‌ای افقی هستند که فرد را قادر می‌سازد تا با افزایش یا کاهش وزن معیارها (نمودارهای میله‌ای سمت چپ)، اثر آن را بر رتبه‌بندی گزینه‌ها (نمودارهای میله‌ای سمت راست) مشاهده نماید. در تحلیل حساسیت

1- Performance 2- Dynamic 3- Gradient 4- head to head
5-Tow-Dimensional

بر اساس گرادیانی، برای هر معیار یک تحلیل حساسیت وجود دارد که در این تحقیق معیار هزینه آنالیز حساسیت شد که در آن وزن معیار هزینه توسط یک خط عمودی پر رنگ نشان داده می‌شود. اولویت گزینه‌ها در محل تلاقی با خط عمودی پر رنگ وزن معیار و از روی محور عمودی سمت چپ خوانده می‌شود. تحلیل حساسیت دو بعدی نشان می‌دهد که چگونه گزینه‌ها بر اساس دو معیار تغییر می‌نماید. در این روش معیارها به صورت دو به دو آنالیز حساسیت می‌شوند که در این تحقیق معیار هزینه و حفاظت خاک به‌صورت دو بعدی آنالیز حساسیت شدند. در این روش صفحه نمودار دو بعدی به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌شود. مطلوب‌ترین گزینه با توجه به معیارهای موجود روی دو محور در قسمت بالا و سمت راست این گراف نشان داده خواهد شد و بدترین گزینه نسبت به این دو معیار در مربع سمت چپ پایین نشان داده شد. وزن یا اولویت هر معیار را می‌توان از روی هر یک از محورهایی که به آن تخصیص داده، خواند. نقاط بزرگ نشانگر گزینه‌ها هستند. در روش سر به سر گزینه‌ها به صورت دو به دو با هم مقایسه می‌شوند. بدین صورت که اگر در تصمیم‌گیری ما گزینه سمت چپ نسبت به معیار موجود از گزینه سمت راست ارجح‌تر باشد نواری به سمت چپ روی آن معیار دیده می‌شود که میزان این ارجحیت را نشان می‌دهد و برعکس. اگر هر دو گزینه دارای اهمیت یکسان در مورد معیار مورد نظر باشند نواری روی آن معیار و جود نخواهد داشت.



شکل ۵- نتایج آنالیز حساسیت مدل نسبت به روش کارآیی



شکل ۶- نتایج آنالیز حساسیت مدل نسبت به روش‌های مختلف. روش سر به سر (الف)، روش دینامیک (ب)، روش شیب (ج)، روش دو بعدی (د).

در برنامه‌ریزی مدیریت و احیای حوزه آبخیز، طرح‌های خاصی برای حفاظت و احیای اراضی مختلف حوزه آبخیز مورد نیاز است که نیازهای واقعی به شرایط حوزه بستگی دارد و باید این برنامه‌ریزی به شکلی انجام شود که تطابق کامل با نیازها و شرایط منطقه داشته باشد. همچنین در نظر گرفتن وضعیت اقتصادی و اجتماعی منطقه، تطابق برنامه‌ها با وضعیت اکولوژیکی و فیزیکی منطقه و توجه به کاربری‌های فعلی منطقه از اصولی است که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. ما همواره در طبیعت با پدیده‌هایی روبرو هستیم که عوامل متعددی در رویداد آنها موثر هستند. اگر تنها یک عامل باعث رویداد پدیده‌ای در طبیعت می‌شد تصمیم‌گیری درباره آن و پیش‌بینی وقوع آن بسیار ساده بود. ولی عموماً پدیده‌هایی که در طبیعت با آن روبرو هستیم دارای عوامل موثر کیفی و کمی بسیاری می‌باشند. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است که با نظرات میریعقوب زاده و قنبرپور (۸) و اوژن و همکاران (۶) که رویکرد تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را رهیافتی برای مدیریت جامع

حوزه‌های آبخیز دانستند و به عبارتی دیگر AHP را اهرم موثری در پیاده‌سازی اصول مدیریت جامع در نظر گرفته‌اند تطابق دارد. همچنین با نتایج به دست آمده از تحقیقات دستگیگر و همکاران (۵) که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را به دلیل این‌که معیارهای برنامه‌ریزی و وزن‌دهی معیارها را در یک روش باز و واضح مورد بررسی قرار داده و به عنوان یک روش تصمیم‌گیری برای کمک به مدیریت جامع حوزه آبخیز دانسته‌اند تطابق دارد. از مزایای مهم روش AHP، استفاده از آن در تصمیم‌گیری گروهی است، به طوری که به گونه‌ای تصمیم‌گیری‌های تمام اعضای گروه را با همدیگر ترکیب می‌کند که تصمیم بهینه، در برگیرنده آراء همه اعضا باشد. که با نتایج آرنت و همکاران (۲) که نشان دادند روش AHP برای دسته‌بندی اهداف ذینفعان حوزه آبخیز می‌تواند به تصمیم‌گیری بهتر و قوی‌تر به وسیله ذینفع آن حوزه آبخیز منجر شود تطابق دارد. بعد از محاسبه وزن هر یک از طرح‌ها نسبت به کلیه معیارها، وزن معیارها مشخص شد. به عبارت دیگر سهم هر یک از معیارها در تعیین بهترین طرح مشخص گردید. بنابراین برای معیار هزینه بهترین گزینه عملیات بیولوژیکی با وزن نسبی ۷۱/۷٪، برای معیار حفاظت خاک بهترین گزینه عملیات مکانیکی با وزن نسبی ۵۵/۹٪، برای معیار کاهش سیلاب بهترین گزینه عملیات بیولوژیکی با وزن نسبی ۵۸/۲٪ و برای معیار کیفیت آب بهترین گزینه عملیات بیولوژیکی با وزن نسبی ۵۹/۲٪ تعیین شد. بعد از محاسبه وزن هر یک از طرح‌ها نسبت به کلیه معیارها، سهم هر یک از معیارها در تعیین بهترین طرح مشخص گردید که مهمترین معیار، هزینه با وزن نسبی ۶۰/۳٪، و بهترین طرح، عملیات بیولوژیکی با وزن نسبی ۶۰/۲٪ می‌باشد که با نتایج اوژن و همکاران (۶) مشابه بوده و با نتایج نادری (۹) تطابقی ندارد. در مرحله آنالیز حساسیت وزن عملیات بیولوژیک برای معیار هزینه ۷۲/۵٪، برای معیارحفاظت خاک ۳۷/۳٪، برای معیارکاهش سیلاب ۵۶/۹٪ و برای معیار کیفیت آب ۵۸٪ می‌باشد. در واقع چون عملیات بیولوژیک نسبت به طرح‌های دیگر هزینه کمتری دارد بنابراین نسبت به این معیار بیشترین وزن را خواهد داشت که با نتایج اوژن و همکاران (۶) و نادری (۹) تطابق دارد. در حوزه مورد مطالعه به دلیل عدم ایجاد فرهنگ‌سازی قبل از عملیات بیولوژیکی و هم‌چنین تخریب منابع طبیعی توسط ویلاسازان (به گفته ساکنین منطقه) کارشناسان بر این باور هستند که بهترین راهکار در حال حاضر برای حوزه آبخیز مورد مطالعه به دلیل کوهستانی بودن، عملیات بیولوژیکی است.

منابع

1. Ahmadi, H., A. Ismailia, S. Feyznia and M. Shariat Jafari. 2004. Zonation of hazard mass movement using multivariate regression (MR) and Analytical Hierarchy Process (AHP) in Germi Chai watershed, Iranian Journal of Natural Resources. 56(4): 323-336. (In persian)
2. Arnett, A., C. Sable, D. Bosch, J. Pease and T. Metcalf. 2010. Stakeholder ranking of watershed goals with the vector Analytical Hierarchy Process: Effects of participant grouping scenarios. Environmental Modelling & Software. 25(11): 1459-1469.
3. Dambatta, A., B.A. Farmani, A. Javadi and B.M. Evans. 2009. The Analytical Heirarchy Procceass (AHP) for contaminental land management. Advanced Engineering Informatics. 23(4): 433-441.
4. Department of Natural Resources and Watershed Management in Tehran. Watershed Studies Comprehensive Plan Afjeh watershed, 1379-1375.
5. Destegigure, J.E., J. Duberstein and V. Lopes. 2003. Proceedings of the 1st Interagency Conference on Research on the Watersheds, US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Benson, Arizona. 227 pp.
6. Eugene, M., H. Jalilian and Gh. Rostamizad. 2008. AHP approach to watershed management, Gorgan province. University of Gorgan, Proceedings of the Third International Conference on Water Resources Management. 375 pp.
7. El-Awar, F.A., M.K. Makke, R.A. Zurayk and R.H. Mohtar. 2008. A hydro-spatial hierarchical method for siting water harvesting in reservior of dry area. Applied Engineering in Agriculture. 16(4): 395-404.
8. Miryqob Zadeh, M.H. and M. Qanbar Pour. 2008. The Hierarchical Approach Process (AHP) approach for community watershed management. Proceedings of the Third International Conference on Water Resources Management. 187 pp.
9. Naderi, N. 2008. Model for watershed management to reduce the risk of soil erosion using the Analytical Hierarchy Process (study area: Afjeh watershed). MSc Thesis, Azad University Research Unit. 120 pp.
10. Nykmardan, A. 2007. Introduced a software expert choice 11. 1st Edition, Jahad unit of Amirkabir University. First Printing. 170 pp.
11. Qanbarpur, M. and K. Abbaspour. 2006. Prioritizing watershed management strategies for long-term analysis of group decisions. International Journal of Water Resources Development, 21(2): 297- 309.
12. Qodsipour, H. 2008. Analytical Hierarchy Process (AHP), 1st. Edition Amirkabir University Press. 236 pp.

Application of Analytical Hierarchy Process in the Present Scenario of Soil and Water Conservation in Taleghan Watershed

Ghobad Rostamizad[1], Mohsen Mohseni Saravi[2], Ali Akbar Nazari Samani[3] and Zahra Khanbabaei[4]

1- PhD Student, University of Tehran (Corresponding author: gh_rostamizad@ut.ac.ir)
2, 3 and 4- Professor, Associate Professor and Ph.D. Student, University of Tehran
Received: September 14, 2011 Accepted: February 20, 2012

Abstract

In Watershed management after of design planning stages, the most important step, select the best plan is among the watershed. In such circumstances faced with a decision we are affected by several criteria. Analytical Hierarchy Process (AHP) is one of the most comprehensive systems designed to make decisions with multiple criteria. Based on AHP technique to solve the problem or problems in the basin studied the first became selected number of options including: 1- Plan A- includes mechanical operations, 2- Plan B includes the biological operations and 3- Plan C- construction projects and services. Then in order to choose the best plan were considered four criteria including costs, soil conservation, flood reduction and water quality. Then Based on opinions of university professors and experts was attempted to evaluate options by couple comparison matrix by Expert choice software. The results showed that for cost criteria, biological operation were ranked as the best alternative plan with the relative weight 71.7% and the rate of inconsistency 0.09, for soil conservation criteria, mechanical operation were ranked as the best alternative plan with a relative weight 55.9% and the rate of inconsistency 0.08, for reducing flood criteria, biological operation were ranked as the best alternative plan with relative weight 58.2% and rate of inconsistency 0.03 and to water quality criteria, biological operation were ranked as the best alternative plan with the relative weight 59.2% and rate of incompatibility 0.01. After calculating the weight of each project respect to all of criteria, became specified contribution each of criteria in determining best plan. That most important criteria, is cost with relative Weighing 60.3% And best plan, Biological operation with relative weight 60.2% respectively.

Keywords: AHP technique, Mechanical operation, Couple comparison matrix, Inconsistency rate, Relative weight