

انتخاب مناسب‌ترین گزینه پیشنهادی احداث سازه ذخیره‌سازی آب با استفاده از روش‌های
ANP و AHP (مطالعه موردی: طرقلبه و شانديز)

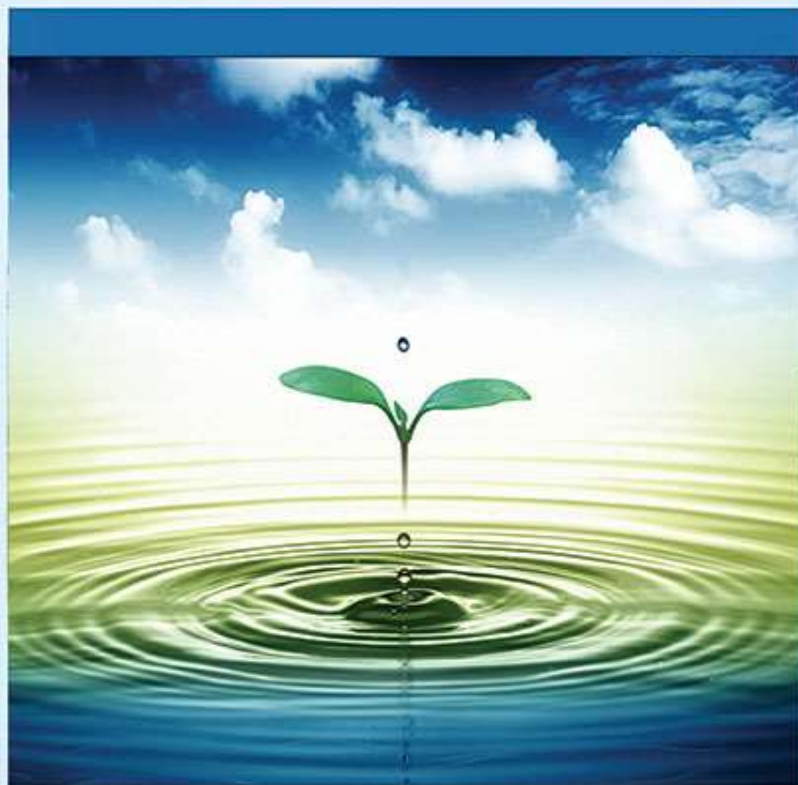
افسانه فرپور و عباس خاشعی سیوکی

دوره ۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، صفحات ۱۶ - ۲۹

Vol. 3(1), Spring 2017, 16 - 29

Selecting the Best Option Proposed to Construct
Water Reservoir using ANP and AHP Methods
(Case Study: Torghabeh and Shandiz)

Farpour A. and Khasheisioki A.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

نحوه ارجاع به این مقاله: فرپور ا. و خاشعی سیوکی ع. (۱۳۹۶). انتخاب مناسب‌ترین گزینه پیشنهادی احداث سازه ذخیره‌سازی آب با استفاده از روش‌های ANP و AHP (مطالعه موردی: طرقلبه و شانديز). محیط‌زیست و مهندسی آب، جلد ۳، شماره ۱، صفحات: ۱۶ - ۲۹

How to cite this paper: Farpour A. and Khasheisioki A. (2017). Selecting the best option proposed to construct water reservoir using ANP and AHP methods (Case study: Torghabeh and Shandiz). J. Environ. Water Eng., 3(1), 16 - 29

انتخاب مناسب‌ترین گزینه پیشنهادی احداث سازه ذخیره‌سازی آب با استفاده از روش‌های ANP و AHP (مطالعه موردی: طرقله و شانديز)

افسانه فرپور*^۱ و عباس خاشعی‌سیوکی^۲

۱- کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- استادیار گروه علوم مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

*نویسنده مسئول: afsane.farpoor@gmail.com

تاریخ دریافت: [۱۳۹۵/۰۱/۱۷]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۵/۰۵/۳۰]

چکیده

با توجه به کمبود منابع آب شرب و اهمیت آن در اقتصاد هر منطقه، لزوم توجه به مکان‌های مناسب جهت ذخیره‌سازی و استحصال آب دارای اهمیت است. بدین منظور مطالعه‌ای در خصوص استفاده از روش‌های تحلیلی مانند AHP و ANP در تعیین مکان مناسب احداث سد مخزنی در شهرهای طرقله و شانديز واقع در استان خراسان رضوی انجام شد. معیارهای انتخابی در این تحقیق ۵ پارامتر حجم مخزن، خسارت مخزن، رواناب، موقعیت مکانی و زمین‌شناسی است. ۸ نقطه در طرقله و ۴ نقطه در شانديز دارای پتانسیل مناسب به‌منظور احداث سازه ذخیره آب می‌باشند. بدین ترتیب در شهر طرقله مکانی که نسبت به سایر نقاط از میزان رواناب و حجم مخزن بالاتری برخوردار است و در شهر شانديز نقطه‌ای که دارای امتیاز زمین‌شناسی و موقعیت مکانی بالاتری است به‌عنوان مناسب‌ترین مکان برای احداث سد پیشنهاد شدند. نتایج نشان داد علیرغم این که روش ANP تو سعه بیش‌تری نسبت به روش AHP داده است، در این پژوهش نتایج هر دو روش تقریباً یکسان بود.

واژه‌های کلیدی: بند؛ ذخیره آب؛ تحلیل سلسه‌مراتبی؛ فرآیند تحلیل شبکه‌ای.

۱- مقدمه

آب عامل مهم تأمین سلامت انسان و منبع عمده تهیه مواد غذایی است و یکی از عوامل توسعه اقتصادی در هر منطقه به شمار می‌رود. افزایش بی‌رویه جمعیت و توسعه صنایع، انسان را ملزم به تأمین منابع آبی موردنیاز نموده است. از طرف دیگر تعیین مکان‌های مناسب استحصال و انتقال آب همواره یکی از مهم‌ترین چالش‌های موردبحث بوده است. بیش از پنج دهه از ارایه اولین روش‌های تعیین اولویت‌ها یا گزینه‌های برتر در طرح‌ها، برنامه‌ها و بخش‌های مختلف اقتصادی می‌گذرد. در طی این مدت روش‌های مورد استفاده روند تکاملی داشته و از محاسبه‌های صرف عوامل کمی به‌سوی محاسبه عوامل کیفی و از نظرات فردی به تصمیم‌گیری‌های گروهی ارتقاء یافته است (Maasoumzade and Torabzade 2005). از روش‌هایی که به‌منظور تصمیم‌گیری کیفی مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توان به فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی^۱ و تحلیل شبکه‌ای^۲ اشاره کرد. تحلیل سلسله‌مراتبی توسط Saaty (1980) پایه‌گذاری شد و دربرگیرنده مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری‌ها به شیوه‌ای منطقی است (Ghodsipoor 2007).

تاکنون مطالعات بسیاری با استفاده از این دو روش به‌منظور تصمیم‌گیری و انتخاب گزینه بهینه انجام شده است. از جمله می‌توان به مطالعات (Okada et al. 2008) در بررسی اثرات بهبود مدیریت و سخت‌افزار به‌منظور عملکرد مطلوب‌تر پروژه‌های آبیاری و تحقیقات (Montazar and Zadbagher 2010) در بررسی و ارزیابی شبکه‌های آبیاری اشاره کرد. (Ebrahimi et al. 2012) از AHP به‌منظور بررسی مکان مناسب برای تغذیه مصنوعی در شهر شاهرود استفاده کردند. (Srdjevic and Medeiros 2008) با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی طرح‌های مدیریت آب را در حوضه پاراگواسو در برزیل ارزیابی نمودند. (Cabackbeldachi et al. 2012) از این روش در مکان‌یابی پخش سیلاب در حوضه آبخیز عشق‌آباد طبس استفاده کردند. استفاده از روش ANP در تحقیقات کمتر از AHP است و از جمله مطالعات صورت گرفته با این روش (ANP) می‌توان به اولویت‌بندی گزینه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای کارون بزرگ (Razavi Toosi and Samani 2012) اشاره کرد. روش‌های مختلف تصمیم‌گیری در منابع آب استفاده شده است: تعیین سیستم‌های جمع‌آوری آب باران (Vervani et al. 2011)، تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی را در فسا (Farajisabokbar 2011) و تخصیص بهینه منابع آب سد بوستان (Saadodin et al. 2011) اشاره کرد. پیشنهاد رتبه‌بندی حوضه رودخانه (Raja and kumar 1998)، استفاده برای منابع آب پایدار در اسپانیا (Raju et al. 2000)، استفاده از رویکرد چند معیار فازی برای پروژه‌های منابع آب (Karnib 2004)، برنامه‌نویسی فازی برای ارزیابی مدیریت منابع آب (Bender and Simonovic 2000)، استفاده از تابع هدف چند معیاره برای سناریوهای مدیریت آب (Srdjevic et al. 2004)، استفاده از روش معیارهای تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) در مناطق شهری به‌منظور ذخیره آب (Abrishamchi et al. 2005)، استفاده از روش AHP فازی برای ارزیابی طرح مدیریت آب (Srdjevic and Medeiro 2008)، تصمیم‌گیری چند معیاره برای یکپارچه کردن مدیریت آب شهری (Zarghami et al. 2008)، روش MCDM فازی برای رتبه‌بندی پروژه‌های انتقال آب (RazaviToosi et al. 2009)، ارزیابی کلی بهره‌وری آب در شبکه آبیاری (Montazar and Zadbagher 2010)، ارزیابی برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب (Nicklow et al 2010)، ارزیابی سه پروژه سد (Morgan et al 2010)، کاربرد روش ANP برای ارزیابی پروژه‌های آب (RazaviToosi and Samani 2012) از جمله این پژوهش‌ها است. بررسی منابع نشان داد که تاکنون مطالعات اندکی در خصوص استفاده از این دو روش به‌منظور تصمیم‌گیری و انتخاب بهینه ذخیره‌سازی منابع آب انجام شده است. تحقیق حاضر باهدف تعیین بهترین مکان برای احداث سازه ذخیره آب برای ذخیره‌سازی منابع آب در مناطق طرقله و شان‌دیز انجام شد.

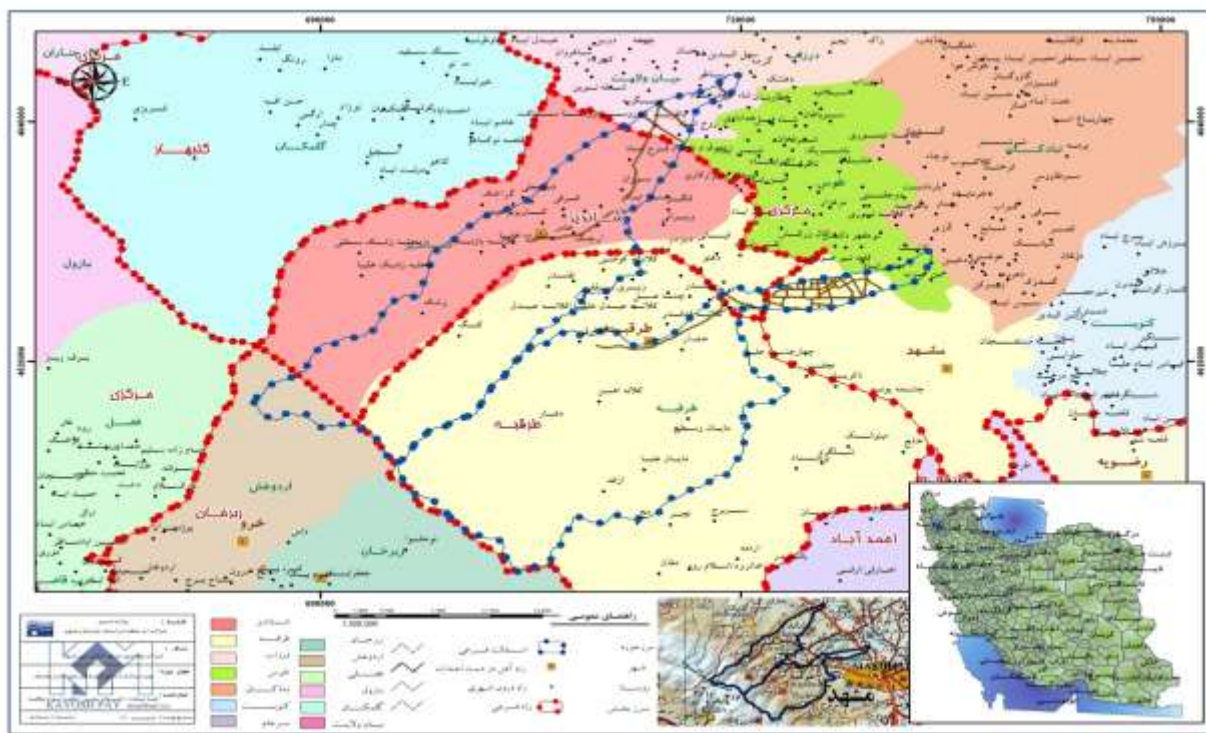
¹ Analytical Hierarchy Process, AHP

² Analytical Network Process, ANP

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در استان خراسان رضوی و شهرستان طرقبه و شاندیز است (شکل ۱). این شهرستان در شمال شرق ایران و مرکز استان خراسان رضوی و در شمال غربی مشهد مقدس به مساحت ۱۲۰۰ کیلومتر مربع واقع است. طول جغرافیایی حوزه آبخیز شاندیز ۵۹ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض جغرافیایی آن ۳۶ درجه و ۲۳ دقیقه است و ۱۴۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا دارد. عرض و طول جغرافیایی حوضه طرقبه نیز به ترتیب ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه و ۶۳ درجه و ۱۸ دقیقه است و ۱۳۳۴ متر ارتفاع از سطح دریا دارد. در حوضه شاندیز رودخانه شاندیز و در حوضه طرقبه رودخانه جاغرق جریان دارد. حوضه شاندیز بر روی رودخانه شاندیز و حوضه طرقبه بر روی رودخانه جاغرق بسته شده است. به لحاظ دسترسی، طرقبه در ۲۲ کیلومتری شمال غربی شهرستان مشهد و شاندیز در ۳۲ کیلومتری مشهد قرار دارد. طرقبه شاندیز بر اساس آخرین تقسیمات کشوری از ۲ بخش (طرقبه و شاندیز) و ۴ دهستان و در مجموع از ۶۳ روستا تشکیل شده است. در شکل (۱) موقعیت شهرستان طرقبه و شاندیز آورده شده است.

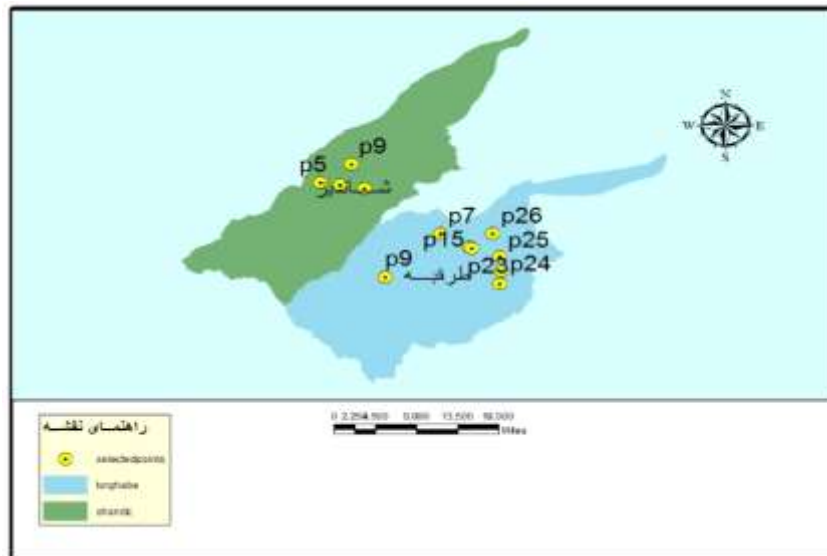


شکل ۱- موقعیت حوضه‌های طرقبه و شاندیز

۲-۲- نقاط مورد بررسی

پس از مطالعات اولیه شرکت مهندسی مشاور کاوش پی مشهد به منظور استفاده بهینه از رودخانه‌های طرقبه و شاندیز، مشخص شد که ۱۶ نقطه در شاندیز و ۲۶ نقطه در طرقبه دارای پتانسیل جانمایی سازه می‌باشند. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته و نیز بازدیدهای میدانی، احداث هرگونه سازه در مسیر اصلی رودخانه‌های موجود، به دلیل وجود باغات فراوان، ویلاها و خانه‌های مسکونی، راه ارتباطی اصلی و خطوط انتقال برق و تلفن امکان‌پذیر نبوده و برای احداث چنین سازه‌ای بهتر است که شاخه‌های فرعی را مدنظر قرارداد. با توجه به بازدیدهای صورت گرفته مشخص گردید که در همین سرشاخه‌ها نیز علاوه بر وجود شیب‌های تند، باغ‌های میوه و زمین‌های کشاورزی زیادی به همراه خانه‌های مسکونی وجود دارد که خسارت مخزن زیادی را به دنبال خواهد داشت که باعث می‌شود از ۱۶ نقطه در شاندیز فقط ۴ مکان مناسب بوده و همین‌طور از ۲۶ نقطه در طرقبه نیز ۸ نقطه دارای

تانسیل مناسب می‌باشند (شرکت مهندسی مشاور کاوش پی مشهد). نقاط مورد مطالعه در شکل (۲) برای طبقه و شان‌دیز نشان داده شده است. بدین منظور عوامل مؤثر بر ساخت سازه ذخیره آب شامل زمین شناسی، موقعیت مکانی، رواناب، حجم مخزن و خسارت مخزن برای انتخاب بهینه در نظر گرفته شد. نوع سازه پیشنهادی بند خاکی است و ارتفاع سازه از بستر رودخانه ۲۰ متر، همچنین عمق تقریبی دیوار آب‌بند ۶ متر است.



شکل ۲- موقعیت نقاط مورد مطالعه

مشخصات کلی هر یک از نقاط پیشنهادی پس از اندازه‌گیری در جدول‌های (۱) و (۲) نشان داده شده‌اند.

جدول ۱- مشخصات کلی بندهای پیشنهادی در شهرستان طرقبه

P26	P25	P24	P23	P15	P14	P9	P7	مشخصات
۷/۳	۸/۴	۷/۹	۱۵/۰۱	۸/۸	۸/۷	۰/۹۵	۰/۳۴	رواناب سالانه (میلیون مترمکعب)
۵۷۵	۴۳۹/۹	۵۵۳/۲۹۸۱	۱۰۵۱/۹۳۶	۴۶۹/۳	۱۸۳۸/۵	۲۰۱/۸۹۲	۷۲/۳۸۷۵۴	مساحت بالادست حوضه (کیلومتر مربع)
۰/۸	۰/۶	۰/۵	۱/۲	۰/۴۱	۰/۵	۰/۱	۰/۲۸	حجم تقریبی قابل استحصال (میلیون مترمکعب)

۳-۲- استفاده از AHP

۳-۲-۱- ساختن درخت سلسله‌مراتب تصمیم

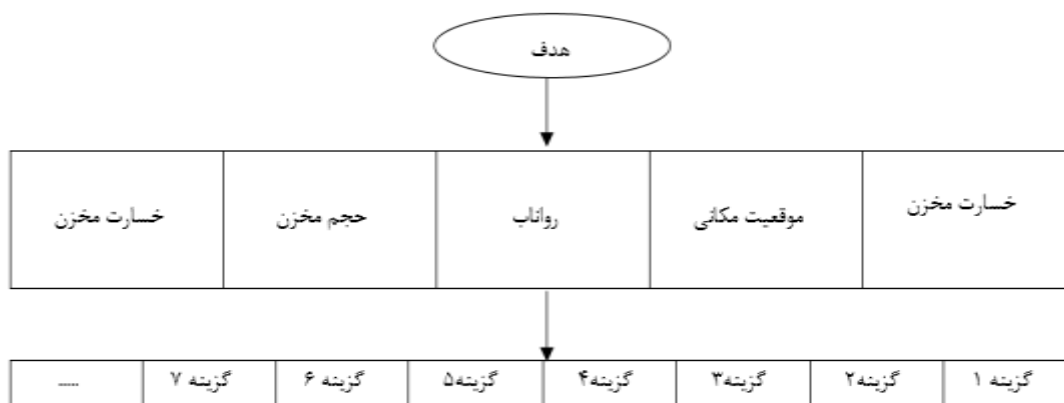
هرگاه از AHP به‌عنوان ابزار تصمیم‌گیری استفاده شود، در آغاز یک درخت سلسله‌مراتبی مناسب که بیان‌کننده مسئله مورد مطالعه هست تهیه می‌شود. سلسله‌مراتب تصمیم، درختی است که با توجه به مسئله تحت بررسی، سطوح متعددی دارد. سطح اول آن بیانگر هدف تصمیم و سطح آخر آن بیان‌کننده گزینه‌هایی است که با یکدیگر مقایسه و برای انتخاب، با یکدیگر در رقابت

هستند. سطح میانی این درخت را فاکتورهایی تشکیل می‌دهند که ملاک مقایسه گزینه‌ها به شمار می‌آیند. به‌عنوان مثال در این مطالعه به‌منظور انتخاب یک گزینه احداث سازه‌آبی از میان گزینه‌های مختلف، درخت سلسله‌مراتب تصمیم به صورت شکل (۳) است.

جدول ۲- مشخصات کلی بندهای پیشنهادی در شهرستان شان‌دیز

مشخصات	P5	P6	P9	P10
رواناب سالانه (میلیون مترمکعب)	۰/۲۴	۸/۸۵	۱۰/۱	۸/۸
مساحت بالادست حوضه (کیلومتر مربع)	۲۱۹/۸۸۸	۷۷۹۲/۱۸۲	۸۳۵۴/۴	۹۳۴۷/۲
حجم تقریبی قابل استحصال ^{الف} (میلیون مترمکعب)	۰/۲	۰/۱۵	۰/۲	۰/۳۵

^{الف} حجمی آبی که توسط مخزن برداشت می‌شود و از حاصل ضرب ارتفاع در مساحت به دست می‌آید



شکل ۳- سطح معیارها و سطح گزینه

در شکل (۳) سطح یک هدف است. تعیین گزینه برتر از میان گزینه‌های موجود، سطح دو معیارها یا فاکتورها مورد بررسی می‌باشند و سطح سه گزینه‌های رقیب یا آلترناتیوها هستند. در روش AHP فرد تصمیم‌گیرنده باید برای هر جفت از معیارهای دخیل در تصمیم‌گیری یک مقایسه انجام دهد که این قیاس در مرحله اول به شکل توصیفی و در مرحله بعد به شکل کمی از یک تا نه مطابق با جدول (۳) انجام شد. که در نهایت از این قیاس جفتی یک ماتریس به دست آمد.

جدول ۳- مقیاس انجام مقایسات زوجی (Saaty 1980)

مقیاسه نسبی شاخص‌ها (قضاوت شفاهی)	امتیاز عددی
اهمیت مطلق	۹
اهمیت خیلی قوی	۷
اهمیت قوی	۵
اهمیت ضعیف	۳
اهمیت یکسان	۱
ترجیحات بین فاصله‌های بالا	۸ و ۶، ۴، ۲

۲-۳-۲- مقایسات زوجی

در این مرحله معیارها یا فاکتورها به صورت دوجه دو با یکدیگر مقایسه شدند. به عنوان مثال در انتخاب یک مکان مناسب، ممکن است برای یک گزینه معیار حجم مخزن دو برابر معیار خسارت مخزن از ارجحیت برخوردار باشد. در آن صورت ماتریس مقایسه دوجه دو این دو معیار به صورت جدول (۴) است.

جدول ۴- ماتریس مقایسه دوجه دویی

	گزینه ۱	گزینه ۲
حجم مخزن	۱	۲
خسارت مخزن	۱/۲	۱

ارزش ۲ در سطر اول ستون دوم بیانگر این هدف است که هنگام انتخاب گزینه پیشنهادی، عامل حجم مخزن از نظر تصمیم‌گیرنده فرقی دو برابر عامل خسارت مخزن ارجحیت دارد. در ستون اول سطر دوم، معکوس عدد ۲ یعنی ۱/۲ درج شده و به معنای این است که هنگام انتخاب گزینه از سوی تصمیم‌گیرنده، عامل میزان خسارت مخزن نصفه عمل حجم مخزن ارجحیت دارد. قطر ماتریس عدد ۱ و به معنی ارجحیت مساوی یک عامل یا گزینه نسبت به خودش است. پس از تعیین وزن نسبی معیارها توسط کارشناسان خبره با استفاده از میانگین هندسی وزن هر معیار نسبت به معیار دیگر تعیین شد.

۲-۳-۳- انتخاب بهترین گزینه

در این مرحله با استخراج اولویت‌ها از جدول‌های مقایسه گروهی، وزن نسبی عوامل هر سطح از سطوح سلسله‌مراتب مدل محاسبه شد. بدین منظور از مفهوم نرمال‌سازی و میانگین موزون استفاده و پس از نرمال کردن، از مقادیر هر سطر میانگین موزون شد. مقادیر حاصل از میانگین موزون نشان‌دهنده اولویت (درجه اهمیت) گزینه رقیب است.

۲-۳-۴- محاسبه نرخ ناسازگاری CR

نرخ سازگاری مکانیسمی است که میزان اعتماد به اولویت‌های به دست آمده را نشان می‌دهد. به طوری که CR کمتر از ۰/۱ باشد می‌توان سازگاری مقایسه را پذیرفت، در غیر این صورت باید مقایسه دوباره انجام گردد. تمامی مراحل فوق در این مطالعه از طریق نرم‌افزار Expert Choice انجام گردیده است.

۲-۴- استفاده از ANP

فرآیند تحلیل شبکه‌ای چون حالت عمومی AHP و شکل گسترده آن است، بنابراین تمامی ویژگی‌های مثبت آن از جمله سادگی، انعطاف‌پذیری، به کارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور هم‌زمان، و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را دارا است. همچنین می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌های متقابل و بازخورد) بین و میان عناصر تصمیم را با به کارگیری ساختار شبکه‌ای بجای ساختار سلسله‌مراتبی در نظر بگیرد. فرآیند تحلیل شبکه‌ای هر موضوع و مسئله‌ای را به مثابه شبکه‌ای از معیارها، ریزمعیارها و گزینه‌ها (همه این‌ها عناصر نامیده می‌شوند) که با یکدیگر در خوشه‌هایی جمع شده‌اند، در نظر می‌گیرد. فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP ایجاد شده در این تحقیق را می‌توان در چهار مرحله خلاصه کرد.

۱-۴-۲- ساخت مدل و تبدیل موضوع به یک ساختار شبکه‌ای

موضوع به‌طور آشکار و روشن به یک سیستم منطقی، مثل یک شبکه تبدیل شد. این ساختار شبکه‌ای را می‌توان از طریق روش دلفی یا روش گروه اسمی به دست آورد. در این مرحله موضوع موردنظر به یک ساختار شبکه‌ای که در آن گره‌ها به‌عنوان خوشه‌ها مطرح هستند، تبدیل شدند. برای دستیابی به اولویت‌های کلی در یک سیستم با تأثیرات متقابل، بردارهای اولویت‌های داخلی (یعنی W های محاسبه‌شده) در ستون‌های مناسب یک ماتریس وارد شدند. در نتیجه یک سوپر ماتریس (درواقع یک ماتریس تقسیم‌بندی شده) که هر بخش از این ماتریس ارتباط بین دو خوشه در یک سیستم را نشان می‌دهد، به دست آمد. در مرحله بعد سوپر ماتریس موزون از طریق ضرب مقادیر سوپر ماتریس ناموزون در ماتریس خوشه‌ای محاسبه شد. سپس از طریق نرمالیزه کردن سوپر ماتریس موزون، سوپر ماتریس از نظر ستونی به حالت تصادفی تبدیل شد.

۲-۴-۲- انتخاب گزینه برتر

سوپر ماتریس تشکیل شده در مرحله سوم کل شبکه را در نظر گرفت، یعنی گزینه‌ها نیز در سوپر ماتریس لحاظ شد، سپس اولویت کلی گزینه‌ها از ستون مربوط به گزینه‌ها در سوپر ماتریس حد نرمالیزه شده حاصل گردید. اگر سوپر ماتریس، فقط بخشی از شبکه که وابستگی متقابل دارند را شامل شود و گزینه‌ها در سوپر ماتریس در نظر گرفته نشوند، محاسبات بعدی لازم است صورت بگیرد تا اولویت کلی گزینه‌ها به دست آید. گزینه‌ای که بیشترین اولویت کلی را داشته باشد، به‌عنوان برترین گزینه برای موضوع موردنظر انتخاب می‌شود. تمامی مراحل فوق در این مطالعه از طریق نرم‌افزار Super Decision انجام شد.

۳- یافته‌ها و بحث

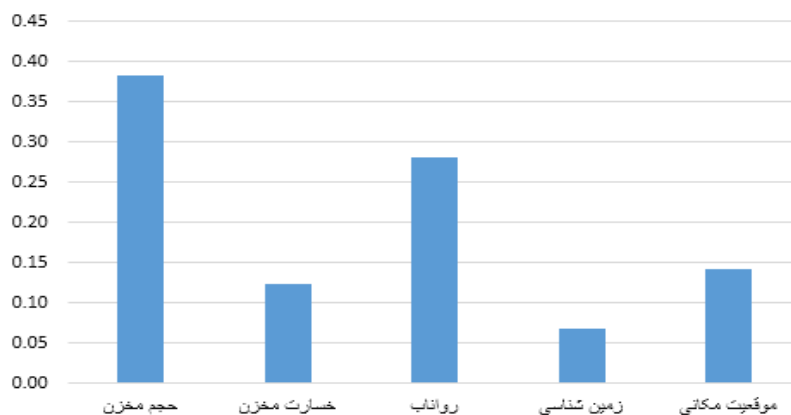
۱-۳- معیارهای تصمیم‌گیری

نتایج مقایسه زوجی معیارها در جدول (۵) نشان داده شده است. همچنین نرخ ناسازگاری برای طبقه و شان‌دیز به ترتیب $0/04$ و $0/07$ به دست آمد که اعدادی کوچک‌تر از $0/1$ می‌باشند بنابراین می‌توان به نتایج به‌دست‌آمده اعتماد نمود (Saaty, 2001).

جدول ۵- نتایج ماتریس مقایسه زوجی معیارها

حجم مخزن	خسارت مخزن	رواناب	موقعیتمکانی	زمین‌شناسی
۱	۲	۱	۴	۴
۱/۲	۱	۱/۲	۱/۲	۲
۱	۲	۱	۴	۳
۱/۴	۲	۱/۴	۱	۳
۱/۴	۱/۲	۱/۳	۱/۳	۱

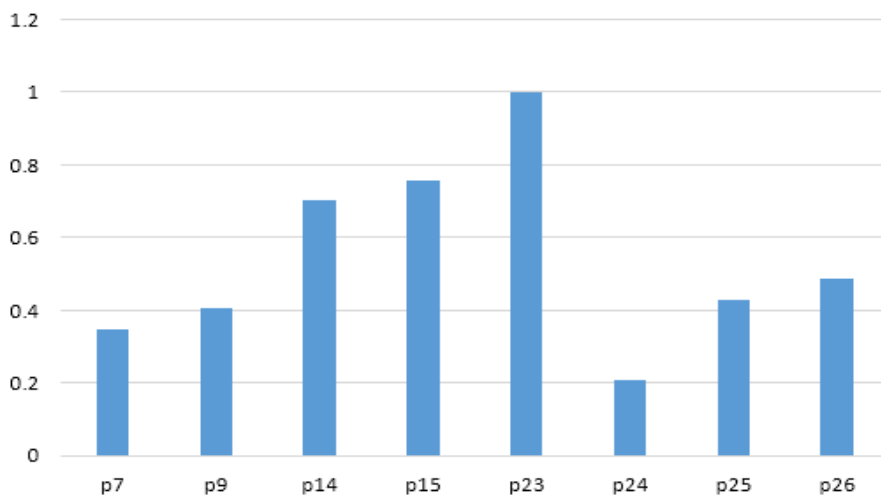
با بررسی اهمیت نسبی شاخص‌ها مشاهده شد که حجم مخزن با مقدار $0/382$ بیشترین و زمین‌شناسی با مقدار $0/068$ کمترین اهمیت را برای تعیین سازه جمع‌آوری آب دارد (شکل ۴). علت بالاتر بودن وزن حجم مخزن سد به دلیل اهمیت آن است. مخزن سدها نقش مهمی در مدیریت رواناب و ذخیره آب دارند به طوری که در فصل مرطوب که رواناب افزایش می‌یابد و حجم آب مخزن به حداکثر می‌رسد. همچنین در فصول کم‌آبی که با کاهش رواناب، حجم آب مخزن کاهش می‌یابد، نقش این معیار برجسته می‌شود (López-Moreno et al. 2002). کم‌اهمیت بودن معیار زمین‌شناسی نیز احتمالاً به علت ساختار زمین‌شناسی تقریباً یکسانی است که در منطقه حاکم است.



شکل ۴- اهمیت نسبی شاخص‌ها

۳-۲- طبقه

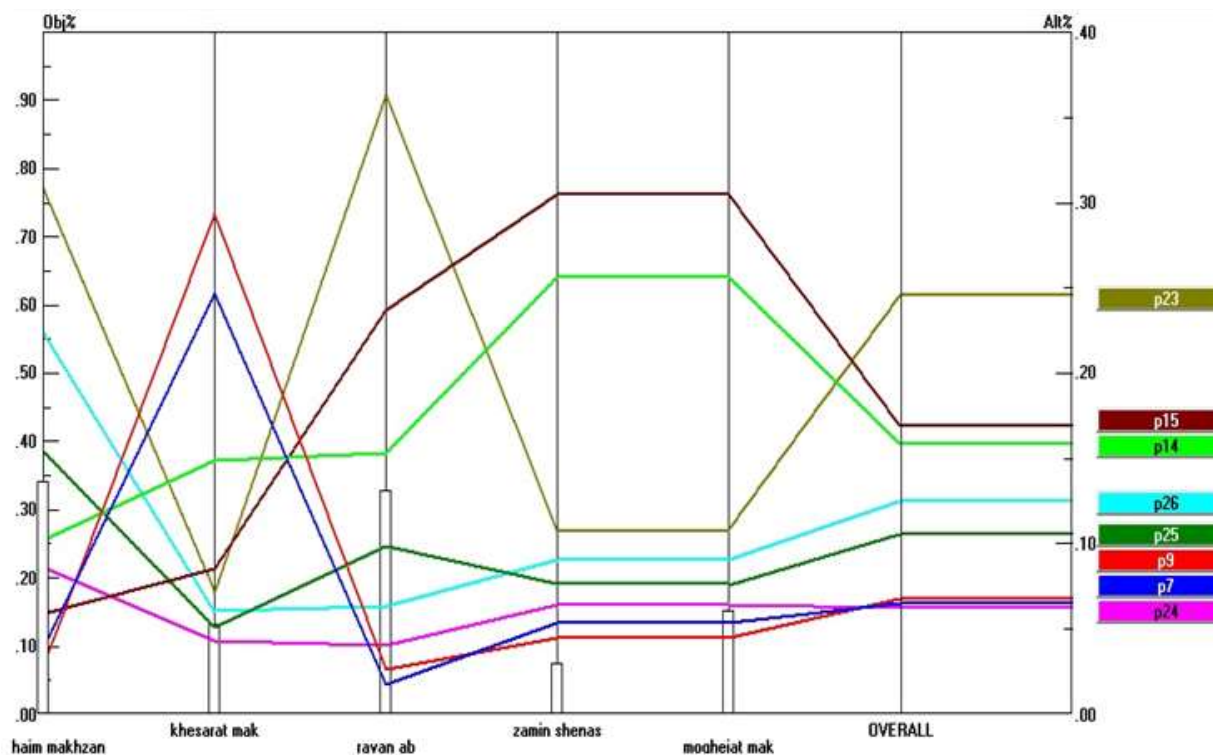
تحلیل نتایج بر اساس روش ANP در شکل (۵) نشان داد که نقطه P23 مناسب‌ترین مکان برای ایجاد سد در شهر طبقه است. با توجه به جدول (۱)، مساحت بالادست در این نقطه از مقدار بالایی برخوردار بوده و به همین دلیل وزن بالای این عامل اثر مثبتی در انتخاب آن داشته است. گرچه مساحت بالادست در P23 از نقطه P14 کمتر است ولی میزان رواناب، به‌عنوان دومین عامل مهم در انتخاب مناسب‌ترین گزینه پیشنهادی، در نقطه P23 از سایر نقاط پیشنهادی بیشتر است. با در نظر گرفتن تمامی عوامل مؤثر، مشاهده شد که به ترتیب نقاط P15، P14 و P26 در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. به‌طوری‌که بر اساس حجم مخزن نقاط P14، P26 و P15 بیشترین امتیاز را دارند و برای معیار رواناب نقاط P15، P14 و P26 به ترتیب در اولویت قرار می‌گیرند.



شکل ۵- اهمیت نقاط پیشنهادی نسبت به هم برای طبقه

نتایج حاصل از روش AHP در شکل (۶) نشان داده شده است. در این شکل معیارهای مؤثر بر تعیین سازه موردنظر در محور افقی، وزن معیارها بر محور عمودی سمت چپ و وزن نهایی گزینه‌ها بر محور عمودی سمت راست آمده است. روش AHP نیز نتایج مشابه را برای طبقه نشان داد. در این روش به ترتیب نقاط P23، P15، P14 و P26 در اولویت‌های نخست تا چهارم

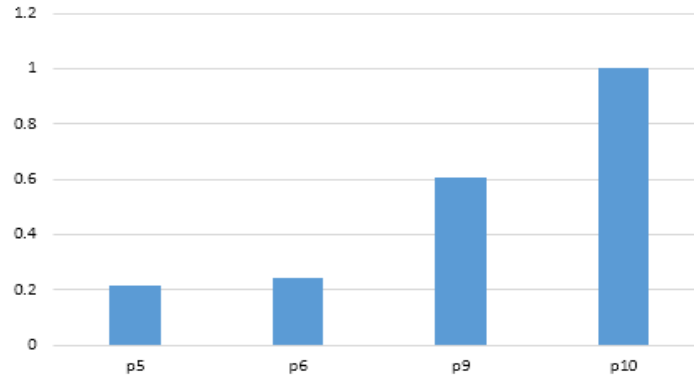
به منظور ذخیره آب قرار گرفتند. حجم مخزن و میزان رواناب برای P23 از سایر نقاط بیشتر نشان داده شد و به دلیل وزن بالای این دو عامل در انتخاب نقطه بهینه، با استفاده از این روش نیز P23 به عنوان نقطه بهینه انتخاب شد. سایر نقاط نیز همانند روش ANP در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. بر اساس نتایج به دست آمده از هر دو روش، نقطه P24 به عنوان بدترین نقطه پیشنهادی است. به عنوان مثال اگر این نقطه با نقاط P7 و P9 مقایسه شود مشاهده می‌شود که گرچه در اکثر معیارها P24 بالاتر است ولی به علت وزن پایینی که برای خسارت به خود اختصاص داده است به عنوان بدترین نقطه پیشنهادی انتخاب شده است. البته نقاط P7 و P9 نیز با وجود اینکه از لحاظ معیار خسارت، سازه‌های امن‌تری هستند ولی به دلیل پایین بودن وزن سایر معیارها به خصوص حجم مخزن، نقاط مناسبی تشخیص داده نشدند.



شکل ۶- آنالیز حساسیت معیارها (نرم‌افزار Expert Choice)

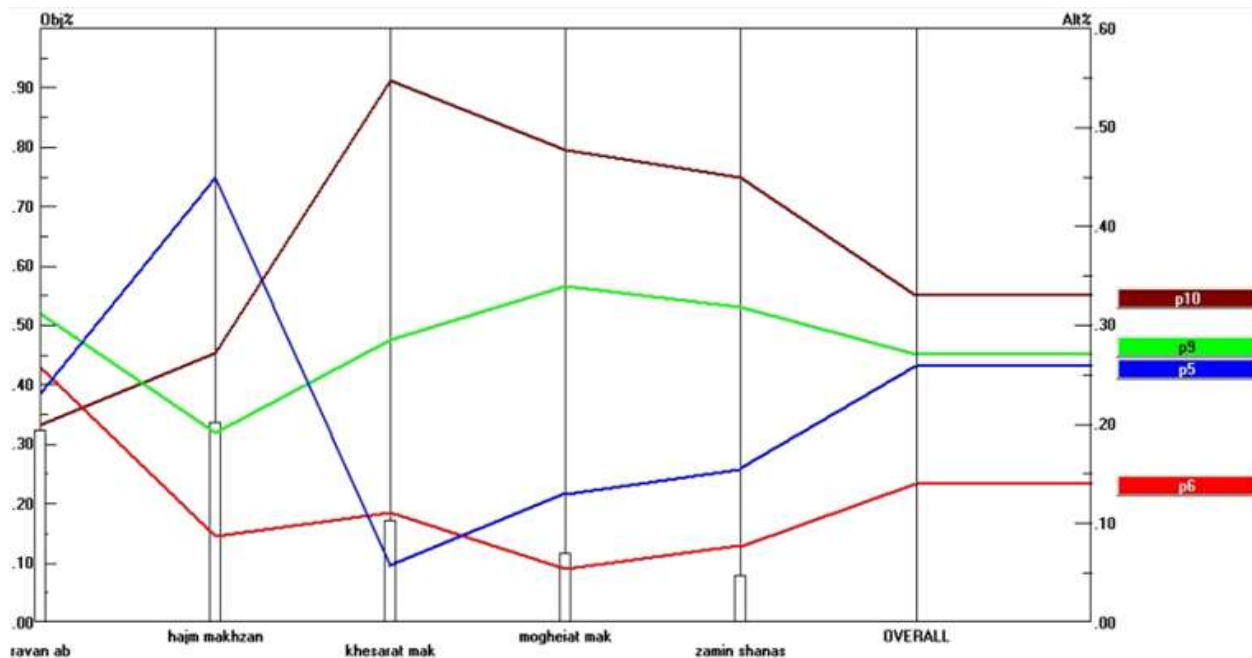
۳-۳- شاندیز

نتایج مقایسه نقاط پیشنهادی بر اساس ANP برای شهر شاندیز نشان داد که نقاط P5، P6، P9، P10 به ترتیب در اولویت قرار می‌گیرند (شکل ۷). با توجه به جدول (۲) حجم مخزن در نقطه P10 کمترین مقدار است و میزان رواناب در P9 از سایر نقاط بیشتر است. با توجه به اهمیت نسبی این عامل‌ها مشاهده شد که نسبت حجم مخازن در این نقاط برابر ۱/۱۲ و نسبت رواناب برابر ۰/۸۷ است. با در نظر گرفتن اهمیت وزنی این عامل‌ها بر اساس شکل (۴)، نسبت حجم مخازن برابر ۰/۴۲۷ و نسبت رواناب برابر ۰/۲۴۴ است.



شکل ۷- اهمیت نقاط پیشنهادی در شاندیز

بنابراین میزان اختلاف وزنی این دونقطه بر اساس رواناب کمتر از اختلاف آن‌ها بر اساس حجم مخزن می‌باشد. با توجه به وزن بیشتر حجم مخزن در نقطه P10 این گزینه از سایر نقاط مناسب‌تر تشخیص داده شد. البته P10 در سایر معیارها موقعیت بهتری نسبت به نقاط دیگر دارد. به‌خصوص در معیار خسارت مخزن که اختلاف بالایی را نسبت به دیگر نقاط نشان می‌دهد. گرچه در این بخش رواناب و حجم مخزن برای نقطه پیشنهادی در حد بالا نبود ولی از معیارهایی مانند خسارت مخزن و موقعیت مکانی بهتری نسبت به سایر نقاط پیشنهادی برخوردار بود. نقطه P5 نیز گرچه از معیارهایی مانند حجم مناسب برای مخزن و رواناب مناسبی برخوردار بود ولی از لحاظ خسارت مخزن و موقعیت مکانی اختلاف بالایی با P9 و P10 داشت به همین دلیل مکان مناسبی برای احداث مخزن نیست. شکل (۸) نتایج روش AHP را در بخش شاندیز نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در نامناسب‌ترین مکان احداث سد با ANP تفاوت دارد. که به دلیل روش کار متفاوت این نتیجه است. اما بهترین گزینه همان P10 و P9 تشخیص داده شد.



شکل ۸- آنالیز حساسیت معیارها (نرم‌افزار Expert choice)

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور تعیین نقاط مناسب برای احداث بند خاکی در دو شهر طرقله و شاندیز از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شد. پس از وزن‌دهی به معیارها و گزینه‌های موردنظر اعداد وارد دو نرم‌افزار Expert Choice و Super Decision شد.

۱- حجم مخزن و رواناب مهم‌ترین معیارها برای احداث بند می‌باشند. اولین شرایط انتخاب مکان مناسب همین دو معیار است.

۲- موقعیت مکانی و خسارتی که از احداث بند حاصل می‌شود و زمین‌شناسی منطقه

در مرحله بعد به‌عنوان معیارهای موردنظر می‌باشند که هر چه مکان موردنظر بهتر و خسارت مخزن کمتر باشد دارای امتیاز بیشتری برای احداث بند خواهد بود.

۱- در آخر مورد اهمیت است. کم‌اهمیت بودن معیار زمین‌شناسی به علت ساختار زمین‌شناسی تقریباً یکسانی است که در منطقه حاکم است. در بخش طرقله نقطه P10 دارای زمین‌شناسی و موقعیت مکانی بهتر، مناسب‌ترین مکان برای احداث بند خاکی پیشنهاد شد.

۲- نقطه P24 در بخش طرقله به دلیل بالا بودن عدد خسارت مخزن، نقطه مناسبی نیست و در پایین‌ترین اولویت قرار گرفت.

۳- همچنین در بخش شاندیز نقطه P6 به دلیل پایین بودن وزن تمام معیارها و P5 نیز به دلیل وزن خسارت مخزن بسیار پایین در هر دو روش به‌عنوان نامناسب‌ترین نقاط هستند.

۴- آنچه اساس AHP را تشکیل می‌دهد ساختار سلسله مراتبی بین شاخص‌ها است در صورتی که ANP متشکل از شبکه‌هایی از خوشه‌ها است که خود حاوی عناصر هستند. اما نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اختلافی در نتایج به‌دست‌آمده توسط این دو روش وجود ندارد.

۵- سپاسگزاری

در پایان از شرکت مهندسی مشاور کاوش پی مشهد به دلیل در اختیار گذاشتن داده‌های موردنیاز این تحقیق صمیمانه تقدیر و تشکر می‌شود.

References

- Abrishamchi A., Ebrahimian A., Tajrishi M. and Marino M. A. (2005). Case study: Application of multicriteria decision making to urban water supply. *J. Water Res PI-ASCE* 131 (4), 326- 335. [In Persian]
- Anonymous. (2014). Kavosh Pey Company Mashhad. Report on optimal use of the Torghabe and Shandiz Rivers. [In Persian]
- Bender M. J. and Simonovic S. P. (2000). A fuzzy compromise approach to water resource systems planning under uncertainty. *Fuzzy Set. Syst.*, 115, 35- 44 [In Persian].

- ChabakBeldachi M., Hasanzade Taghavi M. and Ebrahimi khosfi Z. (2011). Positioning flood spreading area using Analytical Hierarchy Process (AHP) (Case study: Esghabad Tabas basin). *Econom. Model. Res.*, 2(6), 31-38 [In Persian].
- Ebrahim F., Karami Gh. and Hafezi Moghadas N. (2011). Application of the analytic hierarchy process (AHP) in Artificial feeding location in Shahrood. 7th Conference on Engineering Geology and the Iran Environment. Shahrood University of Technology. [In Persian].
- Faraji Sabokbar H., Nasri H., Hamze M., Talebi S. and Rafyie Y. (2012). Determine suitable areas for artificial recharge based on the integration of ANP and paired comparison methods in GIS (Case study: Garbayegan Fasa basin). *Daneshvar.*, 19(96), 143-166 [In Persian].
- Ghodsipour S. M. (2007). Analytic Hierarchy Process (AHP). 5th Edition. Amirkabir University of Technology. [In Persian].
- Karnib A. (2004). An approach to elaborate priority preorders of water resources projects based on multi-criteria evaluation and fuzzy sets analysis. *Water Res. Manag.*, 18, 13-33.
- López-Moreno J. I., Begueria S. and Garcia-Ruiz J. M. (2002). Influence of the Yesa Reservoir on floods of the Aragon River, Central Spanish Pyrenees. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 6(4), 753-762.
- Maasoumzade S. M. and Torabzade A. (2005). Ranking the nation's industrial production in the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Research Dictionary Business*.30, 69-84 [In Persian].
- Montazar A. and Zadbagher E. (2010). An analytical hierarchy model for assessing global water productivity of irrigation networks in Iran, *Water Res. Manag.* 24(11), 2817-2832.
- Morgan T. K. K. B., Sardelic D. N. and Waretini A. F. (2012). The three gorges project: how sustainable?. *J. Hydrol.*, 1- 12, 460- 46.
- Nicklow J. W., Reed P., Savic D., Dessalegne T., Harrell L., Chan-Hilton A., Karamouz M., Minsker B., Ostfeld A., Singh A. and Zechman E. (2010). State of the art for genetic algorithms and beyond in water resources planning and management. *J. Water Res. Plan. Manag.*, ASCE 136(4), 412- 432.
- Okada H., Styles S. W. and Grismer M. E. (2008). Application of the analytic hierarchy process to irrigation project improvement, Part II, How professionals evaluate an irrigation project for its improvement. *Agri. water manag.*, 95(3), 205–210.
- Raj A. P. and Kumar N. D. (1998). Ranking multi-criterion river basin planning alternatives using fuzzy numbers. *J. Fuzzy Set. Syst.*, 100, 89- 99.
- Raju S. K., Duckstien L. and Arondel C. (2000). Multicriteria analysis for sustainable water resources planning: a Case study in Spain. *Water Res. Manag.*, 14, 435- 456.
- Razavi Toosi S. L. and Samani J. M. V. (2012). Evaluating water transfer projects using analytic network process (ANP). *Water Res. Manag.*, 26, 1999- 2014.
- RazaviToosi S. L., Samani J. M. V. and KoorehpazanDezfuli A. (2009). Ranking water transfer projects using fuzzy methods. *Civil Eng. Water Manag.*, 163, 189-197 [In Persian].
- Saadodin A., Hili M. Gh. and Mosaedi A. (2011). Management of reservoir operation using multi-criteria decision-making in Reservoir Dam-Golestan Park., *Iran Watershed Manag. Sci. Eng.*, 4(11), 25-34 [In Persian].
- Saaty T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York.

- Saaty T. L. (2001). The allocation of intangible resource, The analytic hierarchy process and linear programming. *Socio-Econom. Plan. Sci.*, 37(3), 169-184.
- Srdjevic B. and Medeiros Y. D. P. (2008). Fuzzy AHP assessment of water management plans. *Water Res. Manag.*, 22, 877-894.
- Srdjevic B., Medeiros Y. D. P. and Faria A. S. (2004). An objective multi-criteria evaluation of water management scenarios. *Water Res. Manag.*, 18, 35- 54.
- Vervani jJ., vervani Vervani H. V. and Moradian M. (2013). Urban flood runoff harvesting systems applications in Arak urban Basin. *Water and Wastewater J.*, 23(3), 85-94 [In Persian].
- Zarghami M., Abrishamchi A. and Ardakanian R. (2008). Multi-criteria decision making for integrated urban water management. *Water Res. Manag.*, 22, 1017-1029 [In Persian].

Selecting the best option proposed to construct water reservoir structures using ANP and AHP methods (Case study: Torghabeh and Shandiz)

Afsane Farpoor^{1*} and Abas Khashei Siuki²

¹M.Sc., Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

²Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

*Corresponding Author: afsane.farpoor@gmail.com

Received: April 5, 2016

Accepted: August 20, 2016

Abstract

Due to the lack of drinking water resources and their importance in the economy of any region, it is vital to locate most suitable place for water storage and water harvesting. Hence, this study was conducted to determine the appropriate places of conservation dams through applying heuristic methods of optimum like AHP and ANP methods in Torghabeh and Shandiz located in Khorasan Razavi Province. Selection criteria in this research were five parameters including reservoir volume, reservoir damage, runoff, location, and geology. The research found that eight points in Torghabeh and four points in Shandiz have good potential for constructing water reservoir structures. Thus, in Torghabeh, a point having higher runoff and reservoir volume compared with the other points was considered as the best place for dam construction. In Shandiz, a point having the highest rating location and geology was proposed as appropriate location for construction. The results showed although ANP method is more advanced than AHP method, both methods have equal value in selecting the best option for constructing the water reservoir.

Keywords: Dike; Water reservoir; Analytical Hierarchy; Network Analysis