Archive of SID

در
منابع طبیعی شماره ۷۹، تابستان ۱۳۸۷
پژوهش و سازندگی

استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در اولویت‌بندی مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی مطالعه موردی: دامنه شمالی کوه‌های کرکس–نطنز

• **میرمسعود خیرخواه زرکش**
عضو هیات علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور
• **حمید رضا ناصری**
عضو هیات علمی دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
• **محمدهادی داوودی**
عضو هیات علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور
• **همت سلامی**
دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه شهید بهشتی
تاریخ دریافت: دی ماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: مردادماه ۱۳۸۶
Email: kheirkhah@itc.nl

چکیده

تصمیم‌گیری در انتخاب مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی با در نظر گرفتن اینکه معیارهای متعددی در این انتخاب باید در نظر گرفته شوند، کار دشواری است. این معیارها شامل معیارهای فنی، زیست محیطی و اقتصادی – اجتماعی می باشد. در سرتاسر دامنه‌های شمالی کوه‌های کرکس، آبراهه‌های متعددی وجود دارد که به علت اقلیم خاص و بارش کم، آبدهی قابل توجهی ندارند و اکثر آن‌ها سیلابی می‌باشند. احداث سدهای زیرزمینی در خشکه رودهای این منطقه می‌تواند یکی از راهکارهای بسیار مناسب برای جبران کم آبی در ماه‌های خشک سال باشد. در این تحقیق به منظور مکان یابی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی در منطقه مورد نظر از سیستم پشتیبان تصمیم گیری استفاده شده است. این سیستم پشتیبانی در سه مرحله مورد استفاده قرار گرفته است. در مرحله اول با استفاده از معیارهای حذفی مناطق نامناسب برای احداث سد زیرزمینی شناسایی شده و تعداد ۲۷ محدوده مناسب به منظور احداث سد زیرزمینی مشخص شده است. در مرحله دوم تصمیم گیری در هر محدوده، مناسب ترین تنگه برای احداث سد زیرزمینی مشخص گردیده است. در مرحله سوم تصمیم گیری ۲۷ محور مشخص شده در مرحله دوم با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و با در نظر گرفتن معیارهای ارزیابی با یکدیگر مقایسه شده و در نهایت مناسب ترین محورها جهت بررسی های دقیق‌تر شناسایی شده‌اند.

کلمات کلیدی: اولویت‌بندی، اهمیت نسبی، روش تحلیل سلسله مراتبی، سد زیرزمینی، سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری، معیارهای تصمیم‌گیری

www.SID.ir

Archive of SID

Pajouhesh & Sazandegi No 79 pp: 93-101

Using analytical hierarchy process for ranking suitable location of groundwater dams construction, case study: Northern slopes of Karkas mountains in Natanz

By: M.M. Kheirkhah Zarkesh, Member of Scientific Board of the Soil Conservation and Watershed Management Research Institute; H.R Naseri, Member of Scientific Board of, Earth Science Department, Shahid Beheshti University, M.H. Davodi, Member of Scientific Board of Soil Conservation and Watershed Management Hemat Salami MSc Student, Shahid Beheshti University

Decision making is a complex process with respect to different factors that should be considered in site selection of groundwater dams. These criteria include technical, environmental and socio-economic criteria. The study area is located in the northern slopes of the Karkas mountains. Construction of groundwater dams in dry rivers is one of the suitable ways for providing and development of water reservoir. In this research, we introduce a three step decision support system for groundwater dam's site selection. In the first step, screening is done with using exclusionary criteria and 27 suitable areas are recognized. In the second step, the best gorge is recognized in each potential area. Then evaluation criteria for evaluating different groundwater dam sites are defined and with the assistance of analytical hierarchy process, as a powerful tool for decision making in multi-criteria evaluations, the most suitable sites for more detail research have been determined.

Keywords: Analytical hierarchy process, Decision criteria, Decision support systems, Groundwater dam, Ranking, Relative importance

مقدمه

راهکارهای مقابله با کم آبی در دو استراتژی مدیریت صحیح منابع آب و استحصال از منابع جدید آب خلاصه می‌شود. در کشور ما به دلایل جغرافیایی و اقلیمی، بهبود مدیریت بر منابع آبی موجود، نتایج بهتر و سریع‌تری را خواهد داشت. در اغلب نقاط ایران، به علت بارندگی کم و توزیع زمانی نامناسب آن، منابع آب زیرزمینی و مدیریت آن از اولویت خاصی برخوردار است. سدهای زیرزمینی به دلیل تنوع، مکانیزم و عملکرد، در حفظ و بهره‌برداری بهینه از منابع آب زیرزمینی نقش قابل توجهی را می‌توانند ایفا نمایند (۲).

منطقه مورد مطالعه در دامنه های شمالی کوه های کرکس در غرب شهر نطنز با وسعت ۱۷۰۰ کیلومترمربع قرار گرفته است و عمدتاً از سنگ‌های آندزیتی متعلق به ائوسن فوقانی با نفوذپذیری پائین شکل گرفته است. در سرتاسر این دامنه‌ها آبراهه‌های متعددی وجود دارد که به علت اقلیم خاص و بارش کم، آبدهی قابل توجهی ندارند و اکثر آن‌ها سیلابی می‌باشند. احداث سدهای زیرزمینی به منظور جمع آوری و ذخیره نمودن جریانات زیرسطحی می‌تواند یکی از راهکارهای بسیار مناسب برای جبران کم آبی در هنگام ماه‌های خشک سال در منطقه باشد.

در سدهای زیرزمینی آب در زیر زمین ذخیره می‌شود. بنابراین استفاده از منابع آب قابل تجدید (استفاده از آب‌های زیرزمینی کم عمق)، میزان بسیار کم تبخیر، کاهش خطر آلودگی، نبود خسارت مخزن، پایداری بسیار بالا سازه‌ای، عدم وجود تهدید برای ساکنین و ابنیه پایین دست سد و هزینه پایین ساخت از فواید عمده این نوع تاسیسات می‌باشد. احداث سدهای زیرزمینی نیاز به ذخیره سطحی ندارد و سبب تغییر کاربری اراضی و اکوسیستم موجود نمی‌شود، لذا می‌توان نتیجه گرفت که از نظر زیست محیطی بی‌خطر می‌باشند (۱۵).

مهمترین مشکل در توسعه و ایجاد سدهای زیرزمینی، تعیین مناطق مناسب می‌باشد. این مشکل از آنجا ناشی می‌شود که معیارهای فنی، زیست محیطی و اقتصادی-اجتماعی بسیاری در تصمیم‌گیری در انتخاب محل مناسب دخیل می‌باشند(۳). در این زمینه هاشمی در سال ۱۳۸۱ مکان‌یابی جهت احداث سد زیرزمینی در حوضه آبریز حاج علیقلی واقع در استان سمنان را مورد بررسی قرار داده است (۵). در این بررسی پارامترهای مساحت حوضه، فرسایش‌پذیری حوضه، میزان رواناب، شیب حوضه، عرض مقطع رودخانه، ضخامت آبرفت و بافت رسوبات از طریق بررسی نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، بررسی‌های بصری تصاویر ماهواره‌ای و بررسی‌های صحرایی تعیین شده است و نهایتاً با توجه به معیارهای فوق مکان‌های پیشنهادی اولویت بندی شده است. طباطبائی یزدی نیز در سال ۱۳۸۱ مکان‌یابی سد زیرزمینی را در بخش‌هایی از استان تهران و سمنان با استفاده از بازدیدهای میدانی، انجام آزمایشات صحرایی و آزمایشگاهی و بر اساس معیارهای فنی انجام داده است (۴). همچنین پری اردکانی و دانائیان به روش فوق و با تشکیل لایه های اطلاعاتی لازم بر اساس تحلیل‌های کارشناسی مکان‌های مناسب برای احداث سد زیرزمینی در منطقهٔ خرانق یزد را مشخص نموده‌اند (۱). Foster و Tuinhof در گزارش ارزیابی سدهای زیرزمینی احداث شده در برزیل، عوامل حجم مخزن، عمق سنگ بستر نسبت به سطح زمین، نفوذپذیری خاک مخزن و کیفیت شیمیایی خاک مخزن به عنوان عوامل تاثیرگذار در میزان موفقیت سدهای زیرزمینی ذکر نموده‌اند (۶).

با توجه به موارد ذکر شده، مشاهده می‌شود که تعیین محل‌های مناسب احداث سد زیرزمینی عمدتاً بر مبنای بازدیدهای صحرایی و با در نظر گرفتن تعداد محدودی لایه‌های اطلاعاتی انجام پذیرفته است، اما با توجه به خصوصیت معیارهای تصمیم‌گیری در مکانیابی مناطق مناسب احداث سدهای زیرزمینی و قدرت و توانایی‌های منحصر به فرد تکنیک‌های سنجش از دور (RS) و GIS در جمع آوری، ذخیره سازی، مدیریت و تلفیق این معیارها و سایر داده‌های مربوط به آن که موجب سهولت کار، کاهش قابل ملاحظه هزینه‌ها و صرف وقت می‌شود و همچنین توانایی آن‌ها در ارزیابی چند معیاره

www.SID.ir

Archive of SID

مکانی[1] ضرورت توسعه یک روش مناسب به منظور تعیین معیارها و ارزیابی آن‌ها نسبت به یکدیگر بر مبنای تکنیک‌های RS و GIS نمایان می‌گردد.

روش تحلیل سلسله مراتبی[2] از جمله روش‌های بسیار مناسب در تحلیل و ارزیابی‌های چند معیاره مکانی است که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. Saaty این روش را بر اساس تحلیل فکری انسان برای مسائل پیچیده، ارائه نموده است (۱۴). در یک مسئله AHP، در بالاترین سطح هدف قرار دارد. در سطوح میانی معیارهای اصلی و فرعی به ترتیب در سطوح جداگانه قرار می گیرند. با استفاده از این روش در این تحقیق ابتدا معیارهای اصلی ارزیابی شامل معیارهای زیست-محیطی، اقتصادی-اجتماعی و فنی مشخص شده است. سپس معیارهای فرعی زیرگروه برای هر یک از معیارهای اصلی، با استفاده از نظرات کارشناسی تعیین گردیده و در نهایت با وزن دهی به معیارهای مذکور، مناسب‌ترین محورها برای احداث سد زیرزمینی مشخص شده است. لازم به ذکر است که بررسی‌های انجام شده، نشان‌دهنده عدم استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی است، اما از موارد مشابه استفاده از روش AHP به منظور مکان‌یابی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

Jabr و El-Awar (۸) با استفاده از تکنیک‌های GIS، روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم مدل‌کننده حوضه آبریز[3]، روش مناسبی را برای مکان‌یابی نقاط مناسب ذخیره آب خارج شده از حوضه‌های آبریز در مقیاس کوچک پیشنهاد کردند. خیرخواه‌زرکش (۹) یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری بر اساس تکنیکهای RS، GIS و مدلهای ارزیابی چند معیاره مکانی به منظور تعیین مناطق مناسب احداث سیستم‌های پخش سیلاب درکشور ایران را ارائه نموده است. در این تحقیق بعد از بحث و بررسی درمورد معیارهای مختلف، متد ارزیابی چند معیاره مکانی انتخاب و یک زیر روش به نام تحلیل سلسله مراتبی مکانی که تلفیقی از متد ارزیابی چند معیاره مکانی و پروسه تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد، توسعه داده شده است.

مواد و روش‌ها

طبق تعریف Gorry و Morton، سیتم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری (DSs)، به عنوان یک سیستم دارای قابلیت تبادل داده با سیستمهای کامپیوتری می‌باشد که میتوان از آن برای حل مشکلات با ساختار مشخص و تا حدودی ناشناخته استفاده کرد (۷). DSs مدلهایی هستند که ورودی آن‌ها انواع مختلفی از اطلاعات و خروجی آن‌ها راه‌حلهای متعدد برای حل مسئله موجود می‌باشد (۱۰).

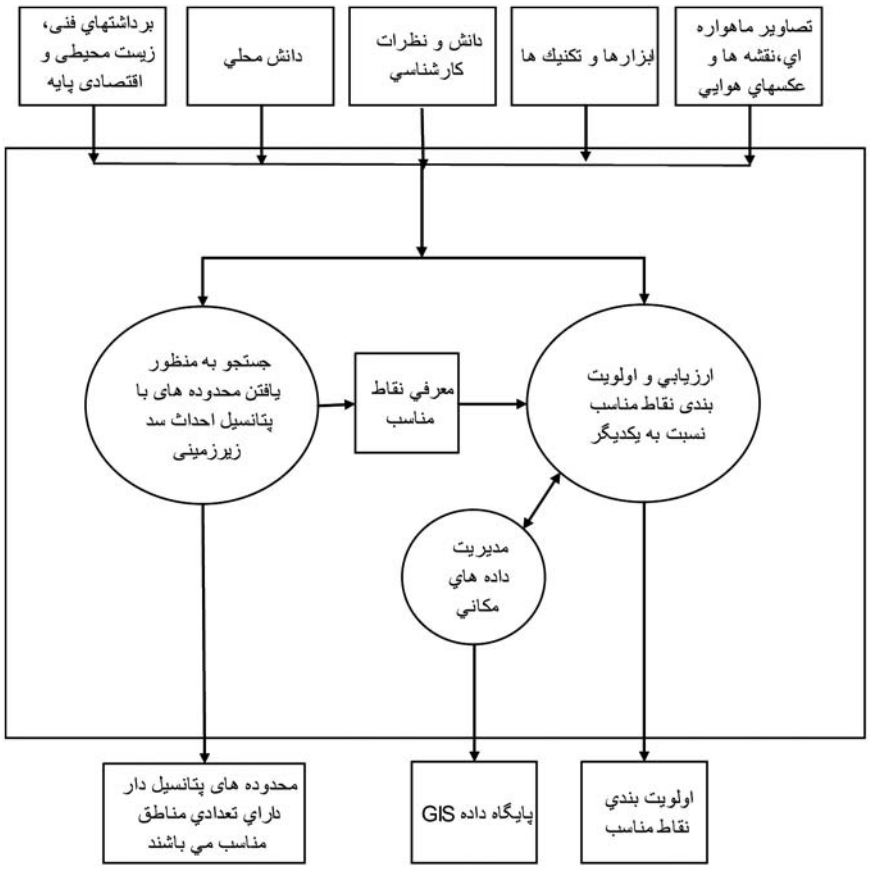
سیستم DSs مورد استفاده جهت شناسائی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی دارای حالت سلسله مراتبی می‌باشد و در سه مرحله مورد استفاده قرار گرفته است (شکل ۱).

• مرحله اول: شناسائی محدوده‌های دارای پتانسیل احداث سد زیرزمینی و حذف مناطق نامناسب.

• مرحله دوم: شناسائی محورهای مناسب در محدوده‌های دارای پتانسیل به منظور احداث سد زیرزمینی

• مرحله سوم: ارزیابی محورها نسبت به یکدیگر و اولویت‌بندی آن‌ها جهت احداث سد زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی.

در این مرحله با استفاده از معیارهای حذفی[4]، محدوده‌های دارای پتانسیل به منظور احداث سد زیرزمینی مشخص شده است. با در نظر گرفتن این معیارها از تعداد بی‌نهایت مناطقی که ممکن است وجود داشته باشد، مناطق نامناسب حذف شده و مناطق دارای پتانسیل مشخص شده‌اند. معیارهای حذفی مورد نظر در تعیین مناطق مناسب جهت احداث سد زیرزمینی شامل بسترهای آبرفتی با شیب بیش از پنج درصد (۱۲)، قنوات، گسل‌ها، مناطق دارای کاربری و لیتولوژی تکیه‌گاه‌ها می‌باشد. معیارهای مذکور به شکل لایه‌های اطلاعاتی جداگانه تهیه و به محیط رستری منتقل شده‌اند. پیکسل‌ها در تمامی لایه‌ها دارای اندازه برابر و از ارزش عددی صفر یا یک برخوردار می‌باشند. پس از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از منطق بولین(Boolean)، پیکسل‌های با ارزش عددی صفر منطبق بر مناطق نامناسب و پیکسل‌های با ارزش عددی یک منطبق بر مناطق دارای پتانسیل به منظور احداث سد زیرزمینی می‌باشند. پس از تلفیق لایه‌ها مشخص گردید که مناطق



شکل (۱)- دیاگرام DSS به منظور شناسایی محل‌های مناسب احداث سد زیرزمینی (۳)

www.SID.ir

Archive of SID

نامناسب در بستر آبرفتی رودخانه‌های منطقه با شیب بیش از پنج درصد، زمین‌های دارای کاربری مسکونی-صنعتی و زراعی، کوره قنوات، پادگانه های آبرفتی مرتفع در سواحل رودخانه‌ها و زونهای گسلی قرار دارند (شکل ۲).

در مرحله دوم تصمیم‌گیری، مناسب‌ترین تنگه در هر محدوده به منظور احداث سد زیرزمینی مشخص شده است (شکل ۳). تنگه‌های مورد نظر در هر محدوده به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که علاوه بر عرض کم، از مخزن مناسب نیز برخوردار باشند.

در مرحله سوم با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی محل‌های مناسب احداث سد زیرزمینی مشخص شده از مرحله دوم، با توجه به معیارهای ارزیابی[۵] نسبت به یکدیگر مقایسه شده و بر مبنای شاخص تناسب[۶]، اولویت‌بندی گردیده‌اند.

نتایج

روش AHP بر مبنای سه اصل تجزیه، مقایسه دودوئی یا جفتی[۷]، جمع‌بندی و اولویت‌بندی گزینه‌ها استوار می‌باشد (۱۳). بر مبنای اصل تجزیه یک مشکل پیچیده با در نظر گرفتن معیارهای مورد نظر به منظور حل مسئله به طور متوالی به زیر شاخه‌هایی تقسیم شده و به این ترتیب ساختار درخت تصمیم‌گیری[۸] شکل می‌گیرد. در این روش معیارهایی که دارای اهمیت بیشتری می‌باشند، در ردیف‌های بالاتر این ساختار شاخه‌ای قرار می‌گیرند که خود این معیارهای اصلی به معیارهای فرعی دیگری تقسیم می‌شوند. در نهایت این معیارهای فرعی به وسیله شاخصها[۹] که در پائین‌ترین قسمت ساختار شاخه‌ای تصمیم‌گیری قرار دارند، نسبت به یکدیگر سنجیده می‌شوند (شکل ۴).

بر مبنای اصل دوم، معیارها با استفاده از جدول وزن دهی Saaty[۱۰] (۱۴)، دو به دو با هم مقایسه می‌شوند و وزن آن‌ها مشخص می‌گردد (جدول ۱). در مرحله نهایی، اولویت‌بندی گزینه‌ها بر مبنای معیارها و وزن آن‌ها انجام می‌گردد. در مکان‌یابی مناطق مناسب به منظور احداث سد زیرزمینی، معیارهای اصلی که در بالاترین قسمت درخت تصمیم‌گیری قرار دارند، شامل وضعیت آب (جریان زیر سطحی)، محور، مخزن و معیارهای اقتصادی-اجتماعی است. معیارهای فرعی مورد بررسی به تفکیک هر یک از معیارهای اصلی در شکل ۵ نشان داده شده است.

مراحل شناسایی و انتخاب مناسب‌ترین محورها به منظور احداث سد زیرزمینی در مرحله سوم DSs و با توجه به روش تحلیل سلسله مراتبی به شرح زیر می‌باشد:

مرحله اول

برای هر یک از شاخص‌ها که در پائین‌ترین قسمت درخت تصمیم‌گیری قرار دارند، لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از نقشه‌های موجود، تکنیک‌های سنجش از دور، GIS و بازدیدهای صحرایی تهیه شده است. به عنوان نمونه، به منظور تهیه نقشه فاصله از منابع قرضه ریز دانه ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده ETM^+ منابع قرضه ریزدانه شناسائی گردید و سپس با استفاده از نرم افزار ILWIS3.3 و در محیط GIS نقشه فاصله از منابع قرضه تهیه گردیده است. مصالح ریز دانه موجود در مناطق کم شیب از جمله مصالح غیر قابل نفوذی است که به دلیل سهولت بهره برداری و استفاده در صورت نزدیک بودن به ساختگاه سد می‌توان از آن‌ها استفاده نمود. وجود این مصالح دانه ریز در تصاویر ماهواره ای منطقه با توجه به عدد رقومی[۱۱] (DN) بالای پیکسل‌ها در این مناطق در تمامی باندها قابل شناسایی است. نقشه منابع قرضه ریزدانه با استفاده از طبقه بندی نظارت شده[۱۲] تهیه گردید. در شکل (۶) منابع قرضه ریزدانه با رنگ روشن (مناطق با DN بالا) در گوشه تصویر قابل شناسایی می‌باشد. در ادامه نقشه فاصله از منابع قرضه ریزدانه تهیه گردید (شکل ۷).

مرحله دوم

در این مرحله نقشه‌های تهیه شده بر مبنای دانش کارشناسی[۱۳]، نظرات افراد تصمیم‌گیرنده[۱۴] و افراد ذی‌النفع[۱۵] رده‌بندی گردیده و وزن رده‌های موجود در شاخص‌ها مشخص شده است. رده‌های متفاوت با استفاده از جدول تعیین ارزش نظری به صورت دودوئی و در قالب یک ماتریکس نسبت به یکدیگر سنجیده می‌شوند (جدول ۱).

در این روش برای هر جفت از معیارهای دخیل در تصمیم‌گیری موجود در هر یک از شاخه‌های درخت تصمیم‌گیری یک مقایسه انجام می‌گیرد که این قیاس در مرحله اول به شکل توصیفی و در مرحله بعد به شکل عددی و در یک مقیاس از یک تا نه انجام می‌شود (۸).

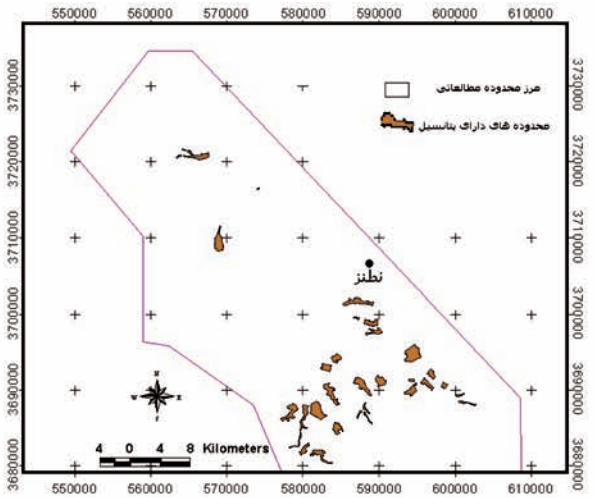
در ماتریکس مقایسه دودوئی شرط مقابل بین اجزاء باید برقرار باشد (۱۱):

جدول (۱) - تعیین ارزش معیارها نسبت به یکدیگر با استفاده از نظرات شفاهی افراد (۱۴)

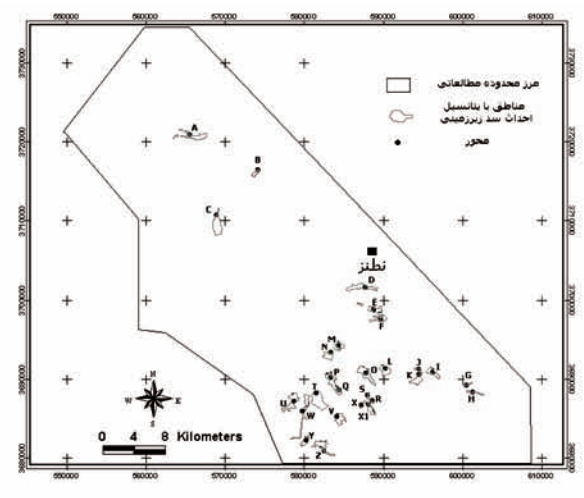
ارزش نظری بر مبنای مقایسه بین دو معیار		ارزش عددی معادل ارزش نظری
دارای ارزش یکسان و برابر	Equal preference	۱
ارزش یکی نسبت به دیگری کمی بیشتر است	Weak preference	۳
ارزش یکی نسبت به دیگری بیشتر است	Strong preference	۵
ارزش یکی نسبت به دیگری مسلما بیشتر است	Demonstrated preference	۷
ارزش یکی نسبت به دیگری مطلقا بیشتر است	Absolute preference	۹
ارزشهای بینابینی	Intermediate values	۲، ۴، ۶، ۸

www.SID.ir

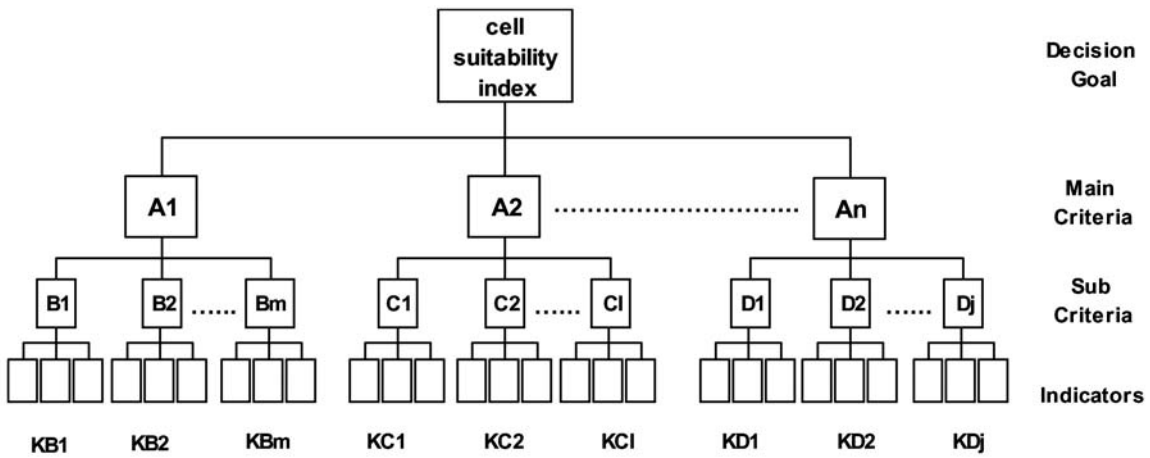
Archive of SID



شکل (۲) – مناطق مناسب به منظور استفاده
در مرحله دوم DSS در دامنه شمالی کوه‌های کرکس



شکل (۳) – محورهای مناسب در هر محدوده به منظور
احداث سد زیرزمینی در دامنه شمالی کوههای کرکس



شکل (۴) – ساختار معیارهای تصمیم‌گیری در چهار سطح (۹)

$a_{i,j} = 1/a_{j,i}$, $a_{i,i} = 1$

به منظور تعیین ارزش نسبی[16] معیارها از میانگین هندسی هر ردیف که نزدیکترین مقدار به بردار بارگذاری[17] است، استفاده شده است(۱۴). مقدار میانگین هندسی به دست آمده نرمال شده و به این طریق ارزش نسبی معیار مورد نظر استخراج می‌شود. برای نمونه روش تعیین اهمیت و وزن رده‌های مختلف معیارهای شیب و فاصله از منبع قرضه در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

مرحله سوم

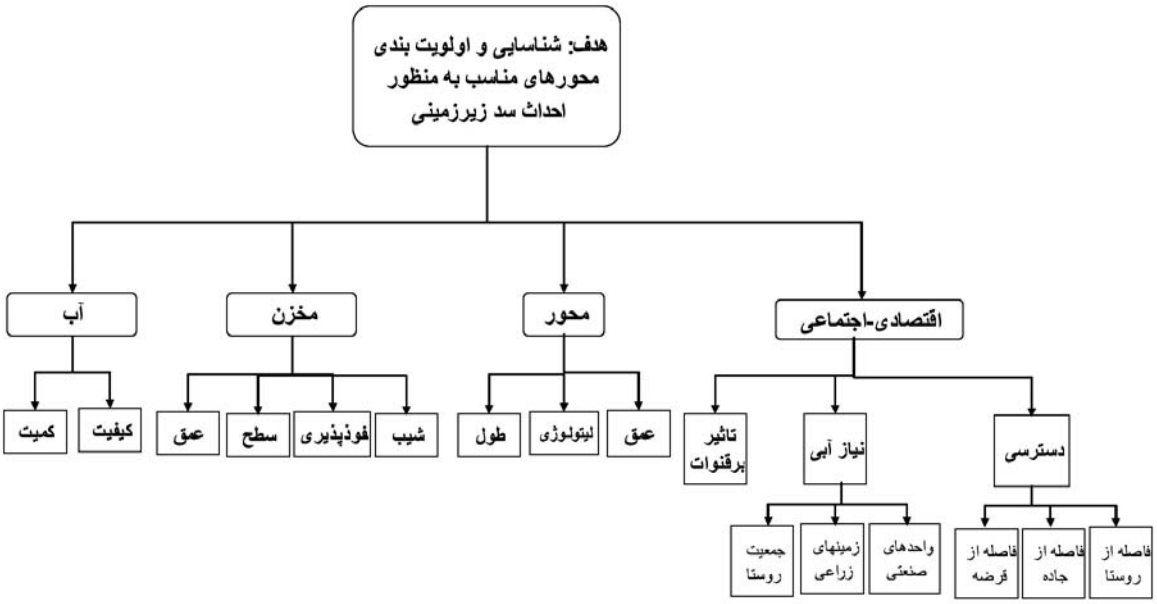
در این مرحله، با توجه به شکل ۵، ارزش نسبی معیارهای فرعی[18] موجود در هر یک از شاخه‌های درخت تصمیم‌گیری مشخص شده است. برای مثال آب از معیارهای اصلی در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی می‌باشد که از دو دیدگاه (معیار فرعی) کمیت جریان زیرسطحی و کیفیت شیمیایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. از نظر معیار فرعی کیفیت چنانچه در منطقه مورد بررسی منابع آلوده کننده آب مانند گنبدهای نمکی، رسوبات تبخیری، کارخانجات بزرگ صنعتی وجود داشته باشد، باید در مرحله اول مکان‌یابی این منابع به عنوان مکان‌های نامناسب در نظر گرفته شده و حذف گردند. با توجه به مباحث و نظرات کارشناسی کمیت آب در مقایسه با کیفیت آب از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد که اهمیت و وزن این دو معیار نسبت به یکدیگر در جدول ۴ ذکر گردیده است.

مرحله چهارم

این مرحله شامل در نظر گرفتن گزینه‌های[19] مختلف در اولویت‌بندی محورها می‌باشد. در واقع با توجه به تاثیر زیاد وزن و اهمیت نسبی معیارهای اصلی (آب، محور، مخزن و معیارهای اقتصادی-اجتماعی) در مقدار نهائی شاخص تناسب محاسبه شده برای هر محور و همچنین تفاوت دیدگاههای

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۵) - ساختار درخت تصمیم‌گیری AHP مورد استفاده در اولویت‌بندی محورهای سد زیرز مینی (۳)

موجود در ارتباط با وزن و ارزش هر کدام از معیارهای اصلی، میتوان گزینه‌های متفاوتی جهت اولویت‌بندی محورها در نظر گرفت. در نظر گرفتن ارزش و وزن برابـر برای معیارهای اصلی از جمله گزینه‌هایی اسـت کـه تصمیم‌گیرندگان می‌توانند در اولویت‌بندی محورها از آن استفاده نمایند (جدول۵).

مرحله پنجم

برای هر یک از گزینه‌ها، شـاخص تناسب با اسـتفاده از رابطه۱ محاسبه می‌گردد. شـاخص تناسب برای هر یک از محورها پس از تلفیق و جمع بندی اهمیت نسبی معیارها به صورت یک عدد نهائی نشان داده می‌شود که هر چه از مقدار بیشتری برخوردار باشـد محور مورد نظر دارای ارزش بیشتری جهت احداث سد زیرزمینی می‌باشد.

رابطه (۹):

$$SI = RI.A_1 \times \sum_{i=1}^{m} RI.Bi \times RI.KBi + RI.A_2 \times \sum_{y=1}^{l} RI.Cy \times RI.KCy$$

$$+ \ldots\ldots + RI.A_n \times \sum_{z=1}^{j} RI.Dz \times RI.KDz$$

که در این رابطه:

SI= شاخص تناسب،

N= تعداد معیارهای اصلی A،

RI.A۱ ،RI.A۲= اهمیت نسبی معیارهای اصلی A_1، A_2، ..... و A_n،

l, m و j = تعـداد معیارهـای فرعی مرتبط با معیارهای اصلی A_1، A_2 ... و A_n،

RI.D ،RI.C ،RI.B= اهمیـت نسـبی معیارهای فرعـی C, B و D که در ارتباط با معیارهای اصلی A_1 ،A_2 و A_n می‌باشند.

RI.KC ،RI.KB و RI.KD= اهمیت نسبی شاخص‌های مرتبط با معیارهای فرعـی C, B و D که در ارتباط با معیارهای اصلی A_1 ،A_2..... و A_n می‌باشـند. اگر شـاخه‌های تصمیم‌گیری دارای سـطوح کمتر یا بیشتر باشد، فرمول فوق باید تصحیح گردد.

در ادامه با در نظر گرفتن گزینه مورد نظر، شـاخص تناسب برای هر یک از محورها محاسـبه شـده و اولویت‌بندی محورها جهت احداث سد زیرزمینی مطابق با جدول۶ و شکل ۸ انجام می‌پذیرد.

نتیجه‌گیری

همانطور که ذکر گردید تعیین مکان‌های مناسـب احداث سد زیرزمینی با استفاده از روش‌های سنتی کاری پیچیده، زمان‌بر و پر هزینه می‌باشد. در مرحله اول DSs ارائه شده در این تحقیق با در نظر گرفتن معیارهای حذفی در منطقه‌ای به وسـعت ۱۷۰۰ کیلومترمربع، تعداد ۲۷ محدوده دارای پتانسـیل احداث سد زیرزمینی مشـخص گردیده اسـت و به شـکل قابـل قبولی در زمـان و هزینه صرفه‌جوئی شـده است. همچنین روش تحلیل سلسـله مراتبی به عنوان ابزاری توانمند و دارای انعطاف‌پذیری برای کاستن از پیچیدگی‌های موجود در شناسائی محورهای مناسب و نظم بخشیدن به معیارهای ارزیابی بر مبنای میزان اهمیت آن‌ها در ساختار درخت تصمیم‌گیری شناخته شد و از ۲۷ محور شناسائی شده، با اسـتفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، ۵ محور به منظور انجام بررسی‌های ژئوفیزیکی و تصمیم‌گیری نهائی برای احداث سد زیرزمینی پیشنهاد شده است. روش AHP ارائه شـده برای مناطق آذرین قابل اسـتفاده می‌باشد اما با توجه به انعطاف‌پذیـری آن در صورت نیاز در دیگر مناطق نیز می‌توان با اعمال تغییراتی اندک در معیارهای حذفی و ارزیابی از آن استفاده نمود.

سپاسگزاری و تشکر

بدینوسـیله از اعضـاء هیات علمی بخش مدیریت و بهره‌وری از سـیلاب، معاونت محترم پژوهشـی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور و همچنین آقای دکتر تلوری به دلیل راهنمایی و لطف بی‌شائبه‌شـان در تکمیل

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۲) - تعیین اهمیت و وزن شیبهای مختلف با استفاده از LMP

اهمیت نسبی	میانگین هندسی	۵-۴	۴-۳	۳-۲	۲-۱	۱-۰	شیب (درصد)
۰/۵۱	۳/۹۴	۹	۷	۵	۳	۱	۱-۰
۰/۲۶	۲/۰۴	۷	۵	۳	۱	۱/۳	۲-۱
۰/۱۳	۱/۰۰	۵	۳	۱	۱/۳	۱/۵	۳-۲
۰/۰۶	۰/۴۹	۳	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۴-۳
۰/۰۳	۰/۲۵	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۱/۹	۵-۴

جدول (۳) - تعیین اهمیت و وزن فواصل مختلف از منبع قرضه ریزدانه با استفاده از LMP

اهمیت نسبی	میانگین هندسی	>20	15-20	10-15	5-10	0-5	فاصله از منبع قرضه(کیلومتر)
۰.۵۱	۳.۹۴	۹	۷	۵	۳	۱	۰-۵
۰.۲۶	۲.۰۴	۷	۵	۳	۱	۱/۳	۵-۱۰
۰.۱۳	۱.۰۰	۵	۳	۱	۱/۳	۱/۵	۱۰-۱۵
۰.۰۶	۰.۴۹	۳	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۱۵-۲۰
۰.۰۳	۰.۲۵	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۱/۹	>۲۰

جدول(۴) - تعیین اهمیت و وزن کمیت و کیفیت جریان نسبت به یکدیگر با استفاده از LMP

اهمیت نسبی	میانگین هندسی	کیفیت	کمیت	معیار اصلی آب
۰/۸۳	۲/۲۴	۵	۱	کمیت
۰/۱۷	۰/۴۵	۱	۱/۵	کیفیت

جدول (۵) - اهمیت نسبی معیارهای اصلی در گزینه مورد نظر تصمیم‌گیرندگان

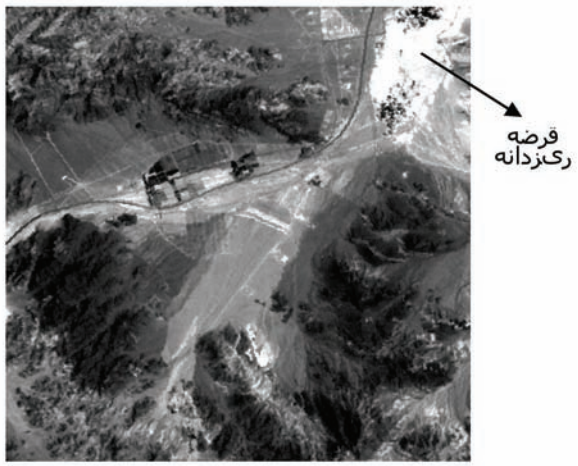
اهمیت نسبی	میانگین هندسی	اقتصادی-اجتماعی	مخزن	محور	آب	معیارهای اصلی
۰/۲۵	۱	۱	۱	۱	۱	آب
۰/۲۵	۱	۱	۱	۱	۱	محور
۰/۲۵	۱	۱	۱	۱	۱	مخزن
۰/۲۵	۱	۱	۱	۱	۱	اقتصادی-اجتماعی

www.SID.ir

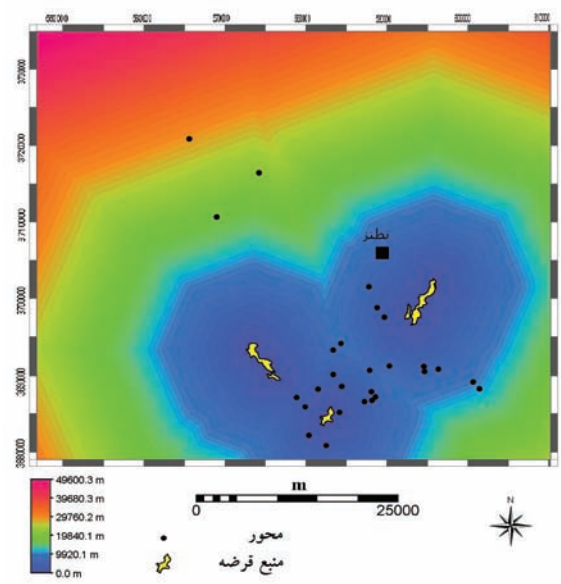
Archive of SID

جدول (۶)- اولویت‌بندی محورها بر مبنای شاخص تناسب محاسبه شده در گزینه مورد نظر

محور	اولویت	کلاس تناسب	شاخص تناسب
B,C,Q,R,S	۵	نا مناسب	<0.044
N,P	۴	تناسب پائین	0.044-0.068
G,H,I,K,O	۳	تناسب متوسط	0.068-0.092
A,D,E,F,J,L,M,T,U,V	۲	مناسب	0.092-0.116
W,Y, Z, X, X1	۱	بسیار مناسب	>0.116



شکل (۶)- باند پانکروماتیک سنجنده ETM+



شکل(۷)- نقشه فاصله از منابع قرضه ریزدانه

نمودن و ارائه هرچه بهتر موضوع کمال تشکر و امتنان را داریم.

پاورقی‌ها

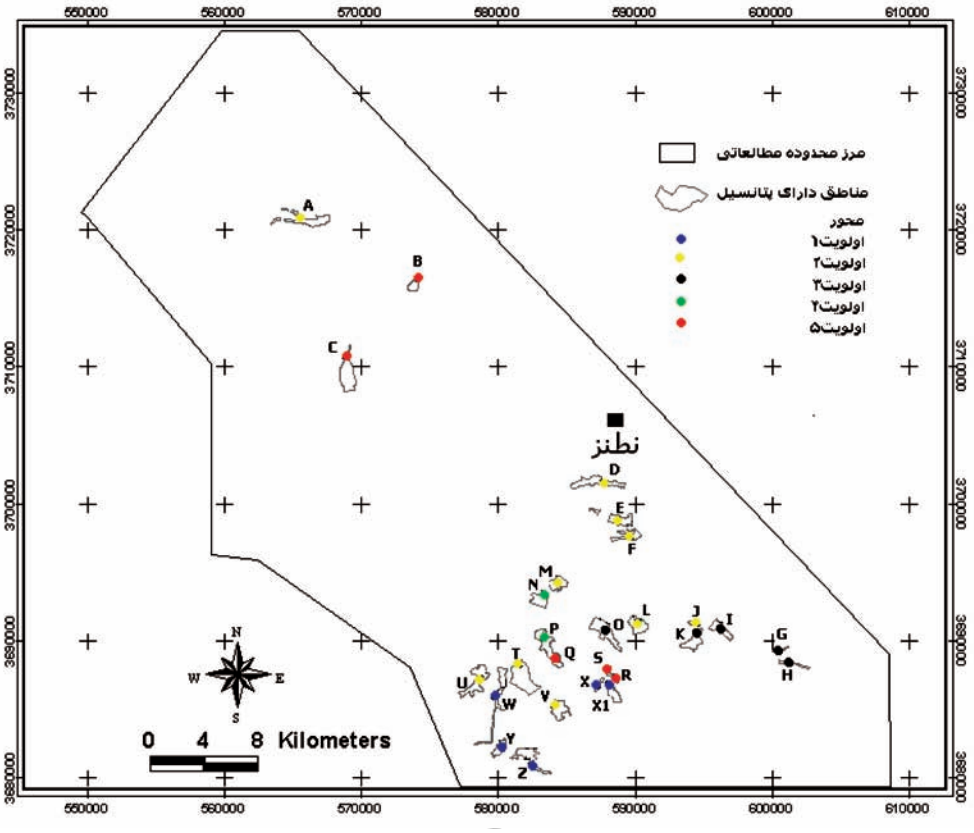
1- Spatial Multi-Criteria Evaluation, SMCE
2- Analytical Hierarchy Process, AHP
3- Watershed Modelling System, WMS
4- Exclusionary Criteria
5- Evaluation Criteria
6- Suitability Index
7- Pair wise Comparison
8- Decision Tree
9- Indicators
10- linguistic Measures of Preference, LMP
11- Digital Number
12- Supervised Classification
13- Expert Knowledge
14- Decision Makers
15- Stakeholders
16- Relative Importance
17- Eigen Vector
18- Sub Criteria
19- Scenarios

منابع مورد استفاده

۱ - پری اردکانی، م. و دانائیان، م.ر. ۱۳۸۱؛ مکان یابی سدهای زیرزمینی در منطقه خرانق یزد، گزارش فنی، معاونت عمرانی ستاد حوادث غیر مترقبه، وزارت کشور،

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۸) - اولویت‌بندی محورها جهت احداث سد زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی

استانداری یزد.

۲ - داودی، م.ه. ۱۳۸۳؛ سدهای زیرزمینی راهکاری اقتصادی و موثر برای مدیریت و توسعه منابع آب، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

۳ - سلامی، ه. ۱۳۸۵؛ تعیین مناطق مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در مناطق آذرین با استفاده از دورسنجی، مطالعه موردی: دامنه شمالی کوه‌های کرکس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی.

۴ - طباطبائی یزدی، ج. ۱۳۸۱؛ بهره برداری از جریانات زیر سطحی در آبراهه های فصلی با استفاده از سدهای زیرزمینی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک وآبخیزداری، گزارش تحقیقاتی.

۵ - هاشمی، ز. ۱۳۸۱؛ بررسی نهشته‌های کواترنری شمال حوضه آبریز کویر حاج علیقلی به منظور تعیین مکان‌های مناسب جهت احداث سد زیر زمینی، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شمال.

6- Foster, S., and Tuinhof, A., 2004; Subsurface dams to augment groundwater storage in basement terrain for human subsistence-Brazilian and Kenyan experience, World Bank, Groundwater Management Advisory Team, No.5.

7- Gorry, G. A., and Morton, M.S., 1971; A framework for management information systems Sloan Manage. Rev. pp.55-70.

8- Jabr, W.M., and El-Awar, F.A., 2004; GIS and analytic hierarchy process for sitting water harvesting reservoirs, The department of land and water resources at the faculty of agriculture and food sciences of the American University of Beirut-Lebanon.

9- Kheirkhah Zarkesh, M., 2005;DSS for floodwater site selection in Iran, phD thesis, Wageningen University.

10- Klosterman, R.E., 1997; Planning support system: A new perspective on computer-aided planning, Journal of planning education and research 17: 45-54.

11- Kontos, Th.D., Kolimis, D.P., and Halvadakis, C.P., 2005; Sitting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology, Waste Management 25 (2005) 818–832.

12- Mesfin, S., 1999; Design of subsurface dam for Bori Village, Addis Ababa, Ethiopia.

13- Saaty, T.L., 1994; How to make a decision: The analytical hierarchy process, Interfaces 24 (6, S): 19-43.

14- Saaty, T., 1980; The analytic hierarchy process McGraw Hill.

15- Telmer, K., and Best, M., 2004; Underground dams: A practical solution for the water needs of small communities in semi-arid regions, School of Earth and Oceans Sciences, University of Victoria.

www.SID.ir