Archive of SID

تعیین مناطق مناسب جهت احداث سد زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله مراتبی، مطالعه موردی : دشت ملایر در استان همدان

رضا پیرمرادی
دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
محمد نخعی*
دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه تربیت معلم تهران
فریده اسدیان
دکتری جغرافیای طبیعی(ژئومورفولوژی)

چکیده
یکی از راه های مفید در تأمین آب مورد نیاز بخش های مختلف، بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک و مقابله با بحران خشک سالی، کمک به افزایش ذخایر آب زیرزمینی است. احداث سدهای زیرزمینی و استفاده از آب‌های سطحی هدر رونده به منظور تغذیه مصنوعی از جمله راهکارهای مناسب جهت تأمین و توسعه منابع آبی می‌باشد. اولین و مهمترین مرحله در احداث یک سد زیرزمینی شناسایی مکان های مناسب برای احداث سد می باشد. این مرحله به دلیل این که سود یا زیان پروژه را در بطن خود دارد باید به طور دقیق انجام شود. در این تحقیق پس از بررسی پیشینه تحقیق و اصلاح برخی اطلاعات پایه همگام با پیمایش های صحرایی متعدد و با استفاده از تکنیک های GIS محل های مناسب برای این سازه مشخص شد. اما به علت این که عوامل بسیار زیادی در مکان یابی این سازه نقش دارند و همچنین میزان اهمیت آن ها با هم متفاوت است، لذا به منظور تصمیم گیری بهتر در مورد اولویت بندی مکان های مشخص شده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1] استفاده شد. در نهایت از ۲۷ مکان مناسب مشخص شده در منطقه مورد مطالعه(دشت ملایر) در مرحله اولیه تنها ۹ منطقه برای اولویت بندی معرفی شدند که در قالب یک نقشه به ترتیب اولویت ارایه شده است.

واژگان کلیدی: سدهای زیرزمینی، مکان یابی، GIS، دشت ملایر، روش تحلیل سلسله مراتبی

مقدمه

با توجه به عدم توزیع یکنواخت بارندگی از نظر زمانی و مکانی در سطح کره زمین و اوضاع جوی و زمین ساختی مناطق خشک و نیمه خشک ساکنان این مناطق را به بهره برداری بیشتر از آب های زیرزمینی وا داشته و پایه های بسیاری از اجتماعات بشری بر آن استوار گشته است(Telmer & Best, 2004).

*نویسنده مسئول : ۰۹۱۲۸۰۳۱۸۴۲
E-mail: Farideh_asadian@yahoo.com

[1] Analytical Hierarchy process

www.SID.ir

Archive of SID

قسمت عمده ای از کشور ایران از جمله مناطقی مانند دشت ملایر نیز با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی خود دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می باشد، به طوری که ۷۵ ٪ از سطح کشور دارای بارندگی سالانه کمتر از ۲۵۰ میلی متر می باشد. به دلیل کمبود نزولات جوی(متوسط سالانه ۲۷۳ میلی متر یعنی حدود یک سوم متوسط جهانی)، عدم پراکنش متعادل آن از نظر زمانی و مکانی و همچنین نبود رودخانه های دائمی که به تواند نیاز آبی را در مناطق خشک و نیمه خشک تأمین نماید، بهره برداری از منابع آب زیرزمینی که در واقع مطمئن ترین منبع تامین آب در این مناطق می باشد، در سطح وسیع و گسترده صورت می گیرد.

یکی از راه های مفید در تأمین آب مورد نیاز بخش های مختلف، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک و مقابله با بحران خشک سالی، کمک به افزایش ذخائر آب زیرزمینی است (طباطبایی یزدی و نبی پی لشکریان، ۱۳۸۲).

احداث سدهای زیرزمینی و استفاده از آب های سطحی هدر رونده به منظور تغذیه مصنوعی از جمله راهکارهای مناسب جهت تأمین و توسعه منابع آبی می‌باشد. سد زیرزمینی در یک تعریف کلی به هر سازه ای گفته می شود که در مسیر جریان آب زیر زمینی و به منظور مسدود کردن جریان زیر سطحی در یک لایه آبدار طبیعی یا مصنوعی قرار داده شده است و ارتباط جریان را با پایین دست تقریباً قطع می نماید. سد زیرزمینی مشابه با سدهای معمولی دارای یک دیواره ناتراوا است که آب در پشت آن جمع می شود، جنس این دیواره می تواند رس متراکم، سفال، آجر و سنگ با ملات سیمان، PVC و پلی اتیلن باشد. سدهای زیرزمینی به دو دسته کلی سدهای زیرسطحی و سدهای ماسه ای تقسیم می شوند. روش استحصال آب از آن ها به وسیله حفر یک چاه در پشت دیواره سد و پمپاژ آب به طرق مختلف صورت می گیرد.

اولین و مهمترین مرحله در احداث یک سد زیرزمینی شناسایی مکان های مناسب برای احداث سد می باشد. این مرحله به دلیل این که سود یا زیان پروژه را در بطن خود دارد باید به طور دقیق انجام شود. استفاده از تکنیک های GIS در این راستا می تواند بسیار مؤثر باشد.

فوستر و همکاران در ارزیابی سدهای زیرزمینی احداث شده در برزیل نشان دادند که عوامل حجم مخزن، عمق سنگ بستر نسبت به سطح زمین، نفوذپذیری خاک مخزن و کیفیت شیمیایی خاک مخزن نقش مؤثری در موفقیت سدهای زیرزمینی دارند (Foster et al. 2002).

ونرومپای (Vanrompay, 2003) در گزارش ارزیابی پنج سد زیرزمینی در بلژیک نتیجه گیری کرد که سدهای زیرزمینی دارای مزایای زیر می باشند: افزایش ظرفیت چاه های موجود، سادگی و هزینهٔ کم اجرایی، قابلیت تکرار و سهولت بهره برداری توسط اهالی محل، خطر آلودگی پایین.

www.SID.ir

Archive of SID

- خیرخواه زرکش(۱۳۷٦)، توانایی تکنیک RS و تصاویر ماهواره ای در تعیین خصوصیات فیزیکی[۲] و هیدرولوژیکی حوضه های کوهستانی استان تهران را که به عنوان داده های ورودی مدل مفهومی ریاضی هیدرولوژیکی مورد استفاده قرار می گرفتند را بررسی نمود و نتیجه مطلوبی در مورد این روش گرفت.

- ناصری و خدایی(۱۳۸۰)، در زمینهٔ کارایی داده های سنجش از دور در تعیین خطواره ها و پوشش گیاهی نتایج قابل قبولی بدست آورده اند.

- جلالی(۱۳۸۳) طی تحقیقات خود در استان تهران نشان داد که داده های سنجش از دور برای تعیین بافت خاک قابل استفاده بوده و می توان به کمک این تکنیک تغییرات بافت خاک و نوع آن را در نواحی که با نهشته های کواترنر پوشیده شده اند تشخیص داد.

- در زمینهٔ استفاده از لایه های اطلاعاتی در فضای سیستم اطلاعات جغرافیایی به همراه استفاده از داده های سنجش از دور محققین متعددی کار کرده اند. از میان آن‌ها (Saraf and Choudhury, 1998), (Gustafson,1993)، (Kamaraju et al. 1996)، (Karanth, 2001)، (Kodituwakka, 1996) در زمینهٔ چگونگی تشکیل و تلفیق لایه ها کار کرده اند.

- یک روش تلفیق در زمینهٔ منابع آب زیرزمینی و شناخت پتانسیل های آن که تشابه‌هاتی با بحث مکان یابی سدهای زیرزمینی دارد توسط (Krishnamurthy et al. 1996) ارایه شد.

- جابر و ال اوار(Jabr and El-Awar ,2000) با استفاده از تکنیک های GIS، پروسه سلسله مراتبی تحلیلی AHP[۳] و سیستم مدل‌کننده حوضه آبریز (WMS)[٤] روش مناسبی را برای مکان‌یابی نقاط مناسب ذخیره آب خارج شده از حوضه‌های آبریز در مقیاس کوچک پیشنهاد کردند. در این تحقیق علاوه بر مکان یابی سدهای زیرزمینی در دشت ملایر به منظور تصمیم گیری بهینه در اولویت اجرای مکان های مناسب مشخص شده، از روش تحلیل سلسله مراتبی به عنوان روشی مؤثر در این زمینه استفاده شد. لازم به ذکر است که تکنیک های سنتی تصمیم گیری های چند معیار[٥] به طور گسترده ای غیر مکانی بوده و متوسط یا تأثیر کلی یک معیار را که متناسب با داده های موجود می باشد، برای تلفیق لایه های اطلاعاتی در نظر می گیرند (Tkach and Simonovic, 1997). اما تکنیک های جدید از جمله تکنیک SMCE[٦] که یکی از تکنیک های GIS می باشد، تکنیک تصمیم گیری چند معیاره مکانی است و لایه ها را بر اساس موقعیت مکانی اشان تلفیق می کند.

موقعیت و مشخصات عمومی محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز ملایر با وسعت ۲۹٦۵ کیلومترمربع، از دیدگاه مدیریت منابع آب یکی از محدوده های مطالعاتی حوضه علیای رودخانه کرخه محسوب می شود. که از لحاظ جغرافیایی بین طول های ´۱۵-°۴۸ تا ´۱۵-°۴۹ و

2 Train Mapping Unit 3. Analytical Hierarchy Process 4. Watershed Modelling System
5. Multi criteria decision making(MCDM) 6. Spatial Multi criteria Evaluation

www.SID.ir

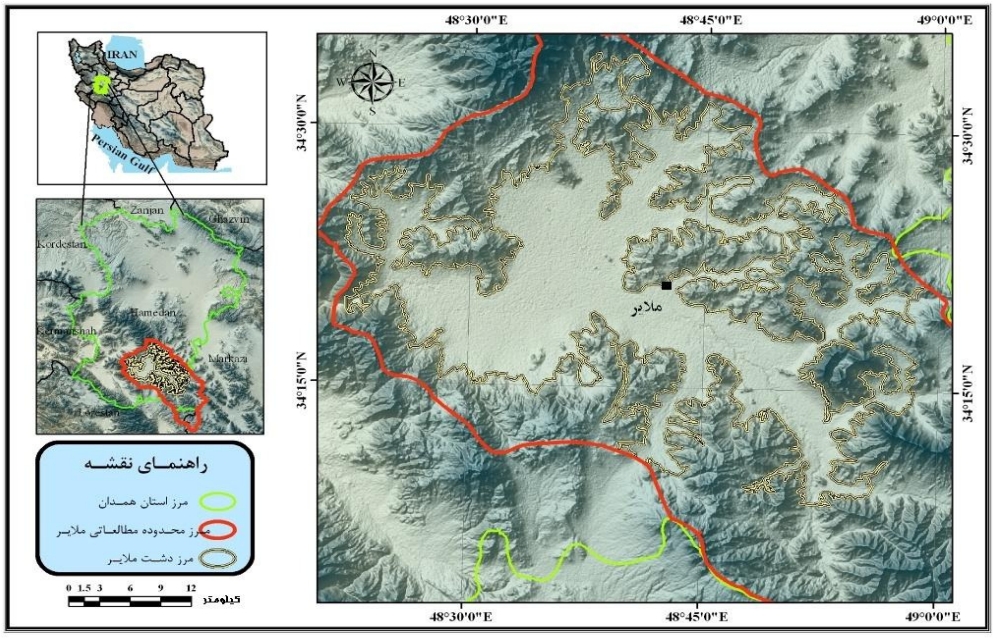
Archive of SID

عرض های ´٠٠-°٣٤ تا ´٤٥-°٣٤ واقع شده است. موقعیت این محدوده مطالعاتی در شکل ١ نشان داده شده است. از ٢٩٦٥ کیلومترمربع مساحت حوضه حدود٨٠٠ کیلومترمربع آن را دشت و بقیه شامل ارتفاعات حاشیه می باشد. متوسط سالیانه نزولات جوی براساس آمار ایستگاه های اندازه گیری به طور میانگین برای دشت ملایر ٣١٦ میلی متر محاسبه شده است. همچنین تبخیر سالیانه از طشتک تبخیر در ایستگاه خیرآباد در طول این دوره آماری (١٤ سال) برابر ٢٦٩٥ میلی متر محاسبه شده است.میانگین سالیانه دما ١١/٣ درجه سانتی گراد و بنابراین دشت ملایر از لحاظ اقلیمی جزو مناطق نیمه خشک می باشد. و بر اساس محاسبات انجام گرفته توسط سازمان آب منطقه ای همدان و جدول (١) میزان کسری حجم مخزن در سال آبی٨٤-٨٥ برابر ٢٥/٠٠- میلیون مترمکعب است.

جدول ١ : ارقام بیلان آب زیرزمینی دشت ملایر در سال آبی ٨٤-٨٥

تغذیه بر حسب میلیون مترمکعب							تخلیه بر حسب میلیون مترمکعب			
نفوذ مستقیم بارندگی	نفوذ از جریانات سطحی	آب برگشتی زراعی	نفوذ از تغذیه مصنوعی	آب برگشتی شرب و صنعت	جریان ورودی زیرزمینی	جمع	برداشت از سفره (چاهها)	جریان خروجی زیرزمینی	جمع	**تغییرات حجم مخزن**
٢٩,٢٦	٣٥,٤	٣٣,٠٨	٠,٠٠	١٥,٠٠	٥٠,٠٨	١٦٢,٨٦	١٦٢,٣٠	٢٥,٥٦	١٨٧,٨٦	-٢٥,٠٠

منبع : (سازمان آب منطقه ای همدان)



شکل ١ : مدل رقومی ارتفاعی(DEM) محدوده مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

روش انجام تحقیق

به عنوان اولین گام در مکان یابی سدهای زیرزمینی بایستی یک بانک اطلاعاتی در اختیار باشد. این بانک اطلاعاتی شامل نقشه ها، عکس های هوایی و ماهواره ای، آمارهای هیدروکلیما تولوژی، اطلاعات بافت خاک،اطلاعات ژئوفیزیکی منطقه، چاه های پیزومتریک و مشاهده ای، اطلاعات اقتصادی- اجتماعی و اطلاعات جمع آوری شده از پیمایش های صحرائی می باشند. بعد از تشکیل بانک جامع اطلاعاتی، صحت سنجی اطلاعات موجود و تطبیق آن ها با یکدیگر انجام می گردد، که این مرحله شامل اصلاح اطلاعات و نقشه های پایه با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در مرحله میدانی می باشد. همچنین با استفاده از نقشه های توپوگرافی و تصاویر سه بعدی مربوطه، حوضه آبریز مورد نظر مشخص گردیده و برای مشخص کردن محدوده آبرفت از عکس های هوایی و ماهواره ای استفاده شده است. محدوده های خارج از آبرفت به عنوان مناطق نا مناسب حذف شده و در قدم بعد با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی دره های باریک و مناسب جهت احداث سد زیرزمینی تعیین شده اند (شکل ۲).

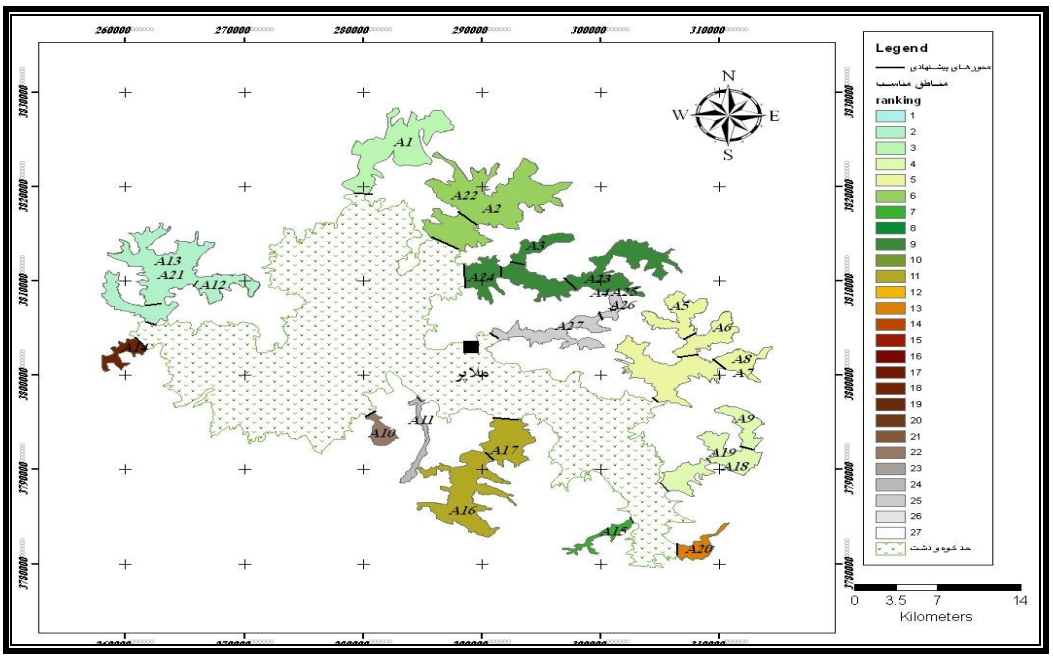
با در نظر گرفتن عوامل و شرایط اثرگذاری که در مکان یابی سد زیرزمینی به صورت مطلق نقش دارند، همانند عواملی چون وجود بستر نفوذ ناپذیر، گسل ها، قنوات و غیره چند محدوده به عنوان مناطق مناسب از هر لحاظ برای احداث سد زیرزمینی مشخص شد. به این صورت مناطقی که تمامی شرایط مطلق در آن ها برای احداث سد زیرزمینی مناسب بود طبق فرمول زیر ارزش عددی ۱ و سایر مناطق ارزش عددی ۰ تعلق گرفت و حذف شد. مناطق مناسب در مرحله بعدی بر اساس معیارهای اثر گذار نسبی مورد قرار گرفت.

region=IF f((qanat=1)and(slope=1)and(fault=1)and(lithology=1)and(landuse=1),1,0)

(سلامی، ۱۳۸۳)

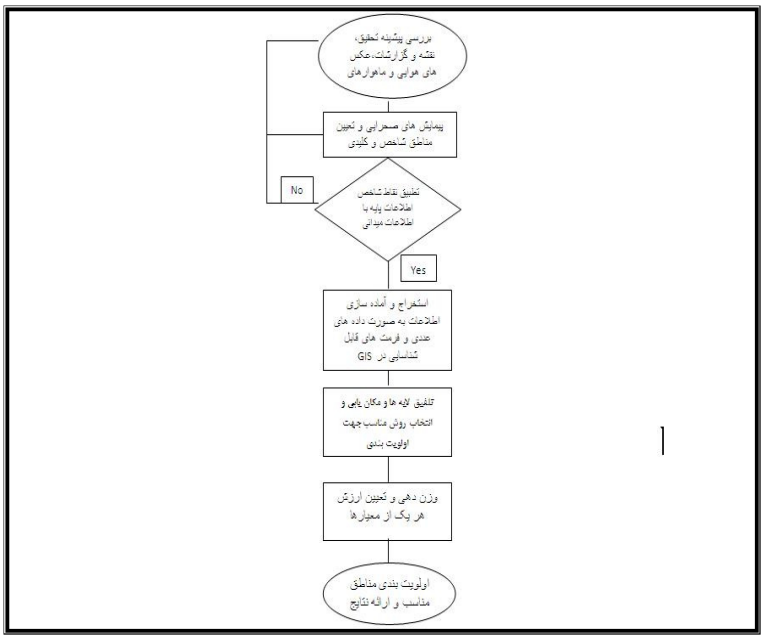
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ : مناطق مناسب پیشنهاد شده برای احداث سد زیرزمینی

در پایان با استفاده از ماتریس AHP مناطق مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی اولویت بندی و در قالب یک نقشه ارایه شدند. مراحل انجام تحقیق در شکل ۳ ارایه شده است.



شکل ۳ : روش و مراحل انجام تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

- معیارهای موثر در مکانیابی سدهای زیرزمینی

در طی بررسی سوابق تحقیق مشخص گردید که شرایط و عوامل اثر گذار در مکان یابی سدهای زیرزمینی به طور عمده به دو دسته اصلی مطلق و نسبی تقسیم بندی می شوند که در ادامه بررسی می شوند (پیر مرادی، ۱۳۸۸).

۱- عوامل مطلق: عواملی هستند که وجود و یا نبود آن ها به طور مطلق در مکان یابی سدهای زیرزمینی تاثیر می گذارد. از جمله این عوامل می توان به عوامل زیر اشاره کرد:

۲- محدوده آبرفت: برای احداث سد زیرزمینی وجود یک آبرفت ضخیم لایه با نفوذ پذیری خوب بسیار مناسب می باشد این عامل را میتوان اصلی ترین شرط احداث سد زیرزمینی نام برد(شکل ٤، نقشه هم ضخامت رسوب منطقه می باشد). ضخامت مسبل ها در خارج از محدوده ی آبخوان توسط بررسی میله قنوات موجود در حاشیه دشت بررسی شده است.

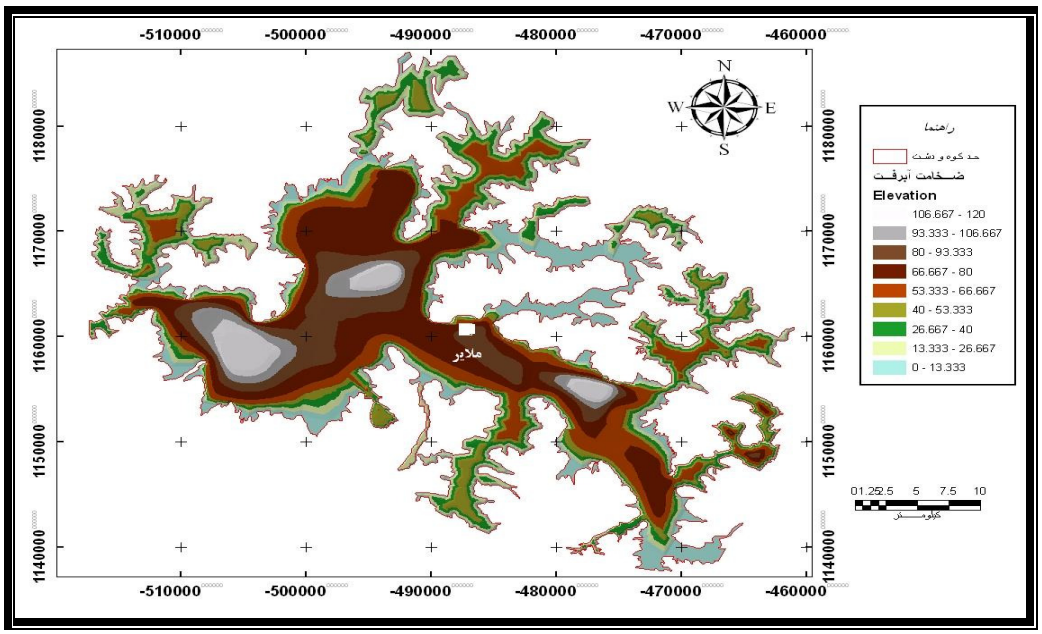
۳- وجود سنگ بستر نفوذ ناپذیر: این عامل نیز یکی از عوامل مطلق می باشد چرا که به منظور ذخیره آب های زیرزمینی بایستی مشکل نشت از زیر سد وجود نداشته باشد. چون این سازه در زیر زمین بنا می شود، آب بندی آن کاری بسیار وقت گیر و پرهزینه می باشد. بنابراین بایستی مناطقی را به عنوان مکان مناسب انتخاب نمود که بستر آن به طور طبیعی نفوذ ناپذیر باشد.

٤- گسل ها: رودخانه‌های گسلی یا بخش هایی از رودخانه که گسلی می‌باشند به دلیل این که معبرهای مناسبی جهت زهکشی آب و خروج آن به مناطق خارج از دسترس می‌باشند و همچنین امکان وجود پتانسیل لرزه‌زایی در مواردی که با گسل های بزرگ و فعال وجود دارند، جزء مناطق نامناسب احداث سدهای زیرزمینی می‌باشند. این عامل نیز یکی از عوامل مطلق می باشد(سلامی، ۱۳۸۳).

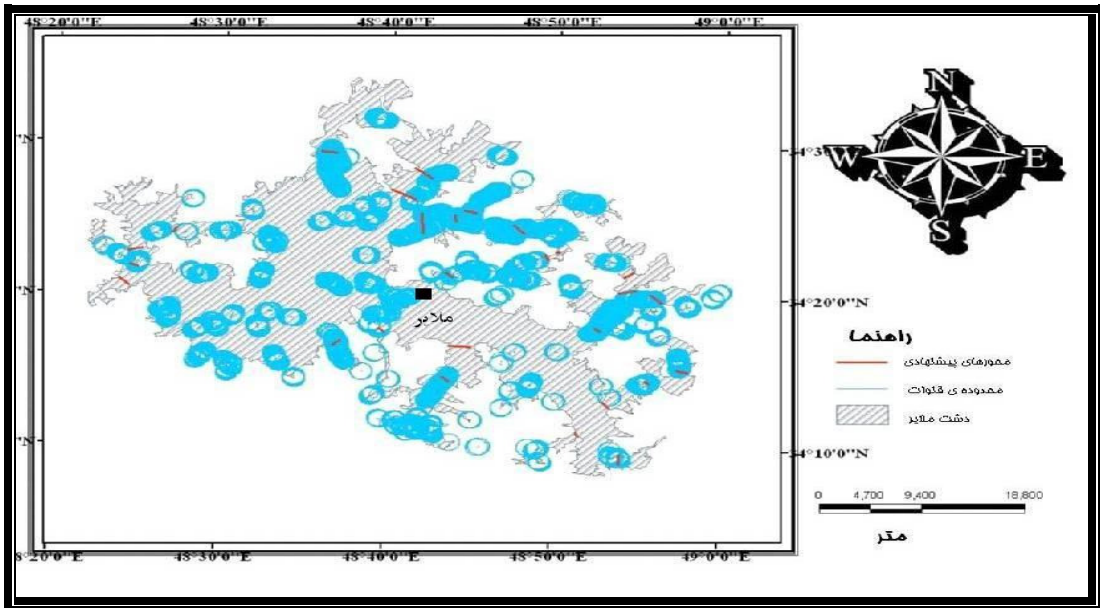
۵- تاثیر بر قنوات : قنوات از جمله مهمترین منابع تأمین آب در مناطق کویری و کوهپایه‌ای می‌باشند که برای ساکنین موجود در آن مناطق دارای اهمیت شایانی می‌باشند و تخریب این منابع آبی با ارزش به هر دلیلی با چالشهای محلی شدیدی همراه خواهد بود. هدف اصلی از احداث سد زیرزمینی در این مناطق نیز کمک به بهبود وضعیت منابع آبی موجود در منطقه و استفاده بهینه از جریآن های زیر سطحی موجود در بستر رودخانه می‌باشد منتهی با این فرض که ایجاد یک منبع آبی جدید نباید با تخریب منبع آبی قدیمی منطقه همراه باشد. لذا با این پیش فرض که هیچ قناتی نباید به واسطه احداث سد زیرزمینی در معرض تخریب یا کاهش شدید دبی قرار بگیرد، مناطقی که در آن ها کوره قنات وجود دارد در این مرحله از پتانسیل یابی جزء مناطق نامناسب احداث سد زیرزمینی می‌باشند. بنا براین قنواتی که در پایین دست و یا محور سد زیرزمینی قرار می گیرند جزو مناطق نامناسب و اگر قنات در بالا دست سد زیرزمینی قرار داشته باشد نه تنها مشکلی را ایجاد نمی کند بلکه یک مزیت برای قنات محسوب می شود(شکل ۵، نقشه میله قنوات موجود در منطقه می باشد).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤ : نشان دهنده نقشه ضخامت رسوب منطقه می باشد.



شکل ۵ : موقعیت میله قنوات موجود در منطقه به همراه بافر ۵۰۰ متری از هر میله

- عوامل نسبی

در تصمیم گیری برای انتخاب یک موضوع عواملی وجود دارند که تاثیر آن ها بر روی موضوع یک مقدار ثابت نیست. و تاثیر آن ها برای تصمیم گیری یک مقدار نسبی می باشد. از جمله این عوامل می توان به موارد زیر اشاره کرد :

www.SID.ir

Archive of SID

۱- آب: این معیار دارای دو معیار فرعی دیگر می‌باشد که یکی شامل مقدار آب یا به عبارتی حجم جریانات زیرسطحی در حوضه آبریز محور مورد نظر و دیگری شامل کیفیت شیمیایی آب می‌باشد.

۲- شیب بستر رودخانه: مناطقی از رودخانه که شیب بستر در آن جا زیاد است معمولا مناطق مناسبی جهت احداث سد زیرزمینی نمی‌باشند (Nilsson, 1988).

این موضوع به دو دلیل می‌باشد. با فرض این که شیب سنگ کف رودخانه از شیب بستر رودخانه تبعیت می‌نماید یک دلیل می‌تواند عدم تشکیل مخزن مناسب جهت انباشته کردن آب زیرزمینی در مناطق با شیب زیاد باشد. دلیل دیگر نیز سرعت بالای جریان آب در این مناطق و پیشی‌گرفتن فرسایش نسبت به رسوبگذاری و نفوذ آب در بستر رودخانه می‌باشد، با توجه به بررسی های انجام شده حداکثر شیب جهت احداث سد زیرزمینی بین ۵ تا ٦ درصد می‌باشد (سلامی، ۱۳۸۳) (شکل ٦، بیانگر شیب عمومی منطقه می باشد).

۳- حجم مخزن: از دیگر معیارهای اصلی است که در اولویت‌بندی محورهای مشخص شده از مرحله دوم دارای نقش موثری می‌باشد. حجم مخزن در ارتباط با عواملی همچون شیب سنگ بستر، ضخامت آبرفت، گسترش سطحی مخزن و میزان نفوذپذیری و تخلخل مواد آبرفتی موجود در بستر رودخانه می باشد(Foster & Tuinhof, 2004).

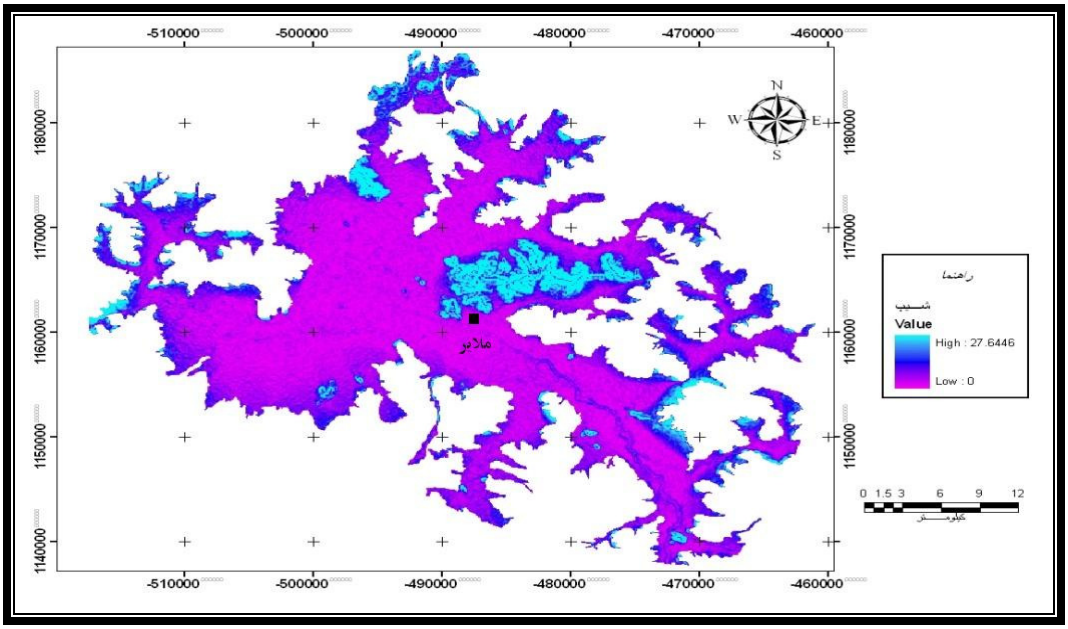
از آن جایی که در این مرحله از مکان‌یابی برآورد حجم دقیق مخزن امکان‌پذیر نمی باشد لذا هرکدام به شکل لایه های اطلاعاتی جداگانه تهیه شده و وزن و اهمیت‌شان بررسی شده است. حجم مخزن با شیب سنگ بستر رابطه معکوس و با گسترش سطحی آبرفت، ضخامت سفره و نفوذ پذیری مواد آبرفتی رابطه مستقیم دارد.

٤- محور: لیتولوژی تکیه گاه های محور، عرض رودخانه(طول محور) و ضخامت آبرفت در محل محور از جمله معیارهایی است که در اولویت بندی و پیشنهاد محورهای مناسب باید به آن توجه کرد. سنگ های نفوذ ناپذیر شیلی و آتشفشانی موجود در منطقه مورد بررسی جهت تکیه گاه بسیار مناسب می باشند. از طرفی تنگه های باریک منطبق بر بسترهای آبرفتی با ضخامت کم، محورهای مناسبی به دلیل حجم کار سازه ای کم می باشند.

۵- معیارهای اقتصادی- اجتماعی: این معیار شامل معیارهای فرعی نیاز آبی، دسترسی و میزان تاثیر بر قنوات پائین دست می باشد. محور سد زیرزمینی باید تا حد امکان تاثیر منفی کمی بر روی منابع آبی پائین‌دست داشته باشد. از طرفی باید نیاز آبی در محدوده سد زیرزمینی وجود داشته باشد که این نیاز مرتبط با میزان مصرف آب شرب، مصرف بخش کشاورزی و بخش صنعت در منطقه مورد بررسی می باشد. فاصله از روستا، فاصله از منبع قرضه مورد نیاز دیواره سد زیرزمینی و فاصله از جاده دسترسی در درجه سوم اهمیت نسبت به دو معیار فرعی فوق قرار دارد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦ : شیب عمومی منطقه مورد مطالعه

روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP)

روش AHP بر مبنای معیارهایی است که این معیارها به صورت دودوئی و در قالب یک ماتریکس نسبت به یکدیگر سنجیده می شوند[3]. در روش AHP فرد تصمیم گیرنده 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 کمیتی در یک مقیاس از یک تا نه مطابق با جدول(١) انجام می شود. که در نهایت از این قیاس جفتی یک ماتریکس بدست می آید.

جدول ١ : تعیین ارزش معیارها نسبت به یکدیگر با استفاده از نظرات شفاهی افراد(Saaty,1980)

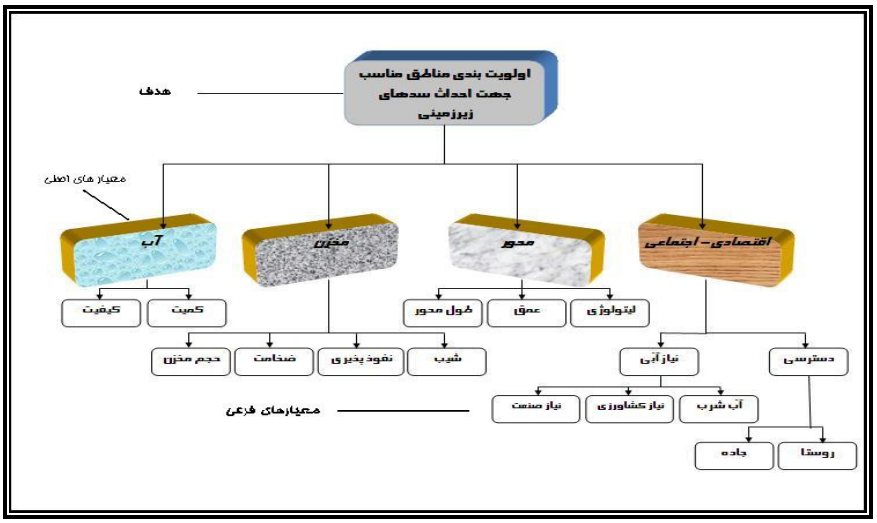
ارزش عددی معادل ارزش نظری	ارزش نظری بر مبنای مقایسه بین دو معیار	
١	Equal preference	دارای ارزش یکسان و برابر
٣	Weak preference	ارزش یکی نسبت به دیگری کمی بیشتر است
٥	Strong preference	ارزش یکی نسبت به دیگری بیشتر است
٧	Demonstrated preference	ارزش یکی نسبت به دیگری مسلما بیشتر است
٩	Absolute preference	ارزش یکی نسبت به دیگری مطلقا بیشتر است
٨،٦،٤،٢	Intermediate values	ارزش های بینابین

[3] Pair Wise Comparison

www.SID.ir

Archive of SID

بر مبنای اصل تجزیه یک مشکل پیچیده با در نظر گرفتن معیارهای مورد نظر جهت حل مسئله به طور متوالی به زیر شاخه هایی تقسیم می‌شود. بر مبنای اصل دوم تمامی شاخه‌ها دو به دو با هم مقایسه می‌شوند که در نتیجه اولویت و وزن معیارها نسبت به هم به دست می‌آید. در مرحله نهایی اولویت گزینه‌ها بر مبنای معیارها و وزن آن ها مشخص می‌شود. در نتیجه یک ساختار درختی حاصل می شود که از بالا به پایین، از میزان وزن و اهمیت معیارها کاسته می شود. در واقع می توان معیارهای بالای ساختار را معیارهای اصلی و معیارهای پایین تر را معیارهای فرعی نام برد. در این تحقیق بعد از اعمال نظرات کارشناسی و بررسی پروژه های مشابه انجام شده در نهایت ساختار AHP ساخته و پردازش می شود.(شکل ٦).



شکل ٦ : ساختار AHP در مورد مکان یابی سد زیرزمینی

پس از تشکیل ماتریس AHP و مقایسه دودویی معیارهای اصلی و فرعی، وزن دهی بر اساس نظرات کارشناسی و همچنین بررسی سوابق تحقیق های مشابه انجام می گیرد. در آخر بعد از انجام تشکیل ماتریس و وزن دهی با استفاده از فرمول زیر شاخص تناسب برای هرکدام از معیارهای اصلی بدست آمد(سلامی، ۱۳۸۳).

$$SI = RI.A1 * \sum_{i=1}^{m} RI.Bi * RI.KBi + RI.A2 * \sum_{y=1}^{L} RICy * RIKCy + ...RIAN * \sum_{z=1}^{j} RIDz * RIKDz$$

که در آن

SI = شاخص تناسب

N= تعداد معیارهای اصلی A

RIAN…RIA1,RIA2 = اهمیت نسبی معیارهای A1،A2،.... و AN

M, L و j= تعداد معیارهای فرعی مرتبط با معیارهای اصلی A1, A2 و AN

RIB, RIC, RID= اهمیت نسبی معیارهای B, C و D که در ارتباط با معیارهای اصلی A1, A2 و AN می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

RIKB, RIKC و RIKD= اهمیت نسبی شاخص های مربوط به معیارهای فرعی B, C و D، در این جا منطقی ترین سناریو ارایه شد که بر طبق این سناریو با بررسی و مقایسه وزن معیارهای اصلی بر طبق جدول (۳) و معیارهای فرعی و اوزان آن ها طبق جدول (٤) ارایه شده است. در این حالت معیار اصلی مخزن دارای بیشترین اهمیت می باشد. دیدگاه مورد نظر در این ارتباط توجه بیشتر به حجم آب ذخیره شده است و برای مخازن بزرگتر ارزش و اهمیت بیشتری قائل می باشد. معیار اصلی دوم آب می باشد و این معیار نسبت به دو عامل دیگر دارای اهمیت بالاتری می باشد به دلیل این که اولویت با مسدود کردن جریانات زیر سطحی و ذخیره کردن آن ها می باشد. در واقع در این سناریو معیارهای فرعی مانند محور(عمق، عرض، لیتولوژی) و عوامل اقتصادی –اجتماعی دارای اهمیت کمتری نسبت به بقیه عوامل می باشند و پس از این که موقعیت محورها در مرحله دوم انتخاب شد، در مرحله اولویت‌بندی، محورهایی دارای ارزش و امتیاز بیشتری می باشند که علاوه بر دارا بودن از مخزن مناسب نیز دارای حجم جریانات زیر سطحی بیشتر و کیفیت شیمیایی آب مناسب تر باشند.

جدول ٤ : هدف، معیارهای اصلی، معیارهای فرعی، زیرمعیارها و وزن آن ها

هدف	معیارهای اصلی	معیارهای فرعی	وزن (w)	زیر معیارها	وزن
مکان یابی سد زیرزمینی	آب	کمیت	۰,۲۵		
		کیفیت	۰,۷۵		
	مخزن	حجم	۰,۵٦		
		نفوذپذیری	۰,۲٦		
		ضخامت	۰,۱۳		
		شیب	۰,۰۵		
	محور	عمق	۰,۵۳۸۹		
		طول	۰,۳		
		تکیه گاه	۰,۱٦		
	اقتصادی-اجتماعی			آب شرب	۰,٦
		نیاز آبی	۰,۸۳	نیاز کشاورزی	۰,۲
				نیاز صنعتی	۰,۲
		میزان دسترسی	۰,۱۷	فاصله از روستا	۰,۷۵
				فاصله از جاده	۰,۲۵

www.SID.ir

Archive of SID

عامل مهم بعدی محور می باشد که شاخص ها در تعیین محور مناسب شامل طول محور، عمق محور و لیتولوژی تکیه‌گاه های محور می باشد. در نهایت در این سناریو عوامل اقتصادی – اجتماعی دارای اهمیت می باشند. این سناریو در واقع به اولویت بندی محدوده های مشخص شده ای می پردازد که در مرحله مکان یابی مشخص شدند که از ۲۷ محدوده ی مناسب تنها ۹ محدوده به عنوان مکان های کاملاً مناسب مشخص شدند.

جدول ۳ : تعیین اهمیت و وزن معیارهای اصلی تصمیم گیری نسبت به هم با استفاده از LMP[4]

معیارهای اصلی	آب	مخزن	محور	اقتصادی	میانگین هندسی	وزن(W)
آب	۱	۱/۲	۲	۳	۱,۳۱	۰,۲۷۷۱
مخزن	۲	۱	۳	٤	۲,۲۱	۰,٤٦
محور	۱/۲	۱/۳	۱	۲	۰,۷۵	۰,۱٦
اقتصادی-اجتماعی	۱/۳	۱/٤	۱/۲	۱	۰,٤٥	۰,۰۹

محاسبه شاخص ناسازگاری (Cr) در واقع آخرین گام می باشد. در تمام مراحل تحلیل برای این که نظرات ارایه شده دارای کمترین تورش باشد شاخص ناسازگاری برای تمامی ماتریس ها محاسبه می شود. میزان این شاخص می بایست کمتر از ۰,۱ باشد تا نتایج بدست آمده معتبر باشند در غیر این صورت می بایست نظرات مجدداً اصلاح شدند. به این ترتیب که ابتدا ماتریس را تشکیل داده و پس از مشخص کردن هر یک از وزن ها حداکثر مقادیر ویژه ماتریس ها(λMax) بدست می آید. سپس از مقادیر ویژه ماتریس ها میانگین گرفته می شود. مقدار شاخص ناسازگاری(I.I) و نرخ ناسازگاری (Cr) از فرمول زیر محاسبه می شود. نرخ سازگاری محاسبه شده برای سناریو ذکر شده برابر(۰,۰۱۱٤۹) می باشد. که صحت مقادیر نظرات ارایه شده را تایید می کند.

$$\sum \lambda max1 + \lambda max2 + \cdots /n$$

$$I.I = \frac{\lambda Max - n}{n-1}$$

$$Cr = \frac{I.I}{I.I.R}$$

که میزان I.I.R از جدول زیر محاسبه می شود.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I.I.R.	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.45

[4] Linguistic Measures of Preference, Saaty1980

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

– از ۲۷ محدوده مناسب مشخص شده در مرحله بازدید صحرایی ۱۸ محدوده توسط شرایط مطلق حذف شدند. که از این ۱۸ محدوده ۲ محدوده توسط گسل ها و ١٦ محدوده توسط قنوات حذف شدند.

– نرخ سازگاری محاسبه شده برای سناریو ذکر شده برابر(۰,۰۱۱٤۹) می باشد.که نشان دهنده صحت و دقت اوزان نسبت داده شده به معیارها بود.

– روش AHP جهت اولویت بندی مناطق مناسب مشخص شده به علت این که معیارهای زیادی در تصمیم گیری آن ها نقش دارند بسیار مؤثر می باشند.

– بر طبق سناریو ارایه شده مکان های مناسب برای احداث سد زیرزمینی در جدول ۵، مشخص و اولویت بندی شدند.

جدول ۵ : اولویت بندی مناطق مناسب پیشنهادی

	دسترسی		نیاز آبی			محور			مخزن				آب	
اولویت	فاصله از روستا	دسترسی به جاده	نیاز صنعتی	نیاز کشاورزی	نیاز آبی شرب	لیتولوژی	طول	عمق	نفوذ پذیری	حجم	شیب	ضخامت	کیفیت	کمیت	محورهای پیشنهادی
۱	۰,۰۱٦٥	۰,۰۲۱٦۸	۰,۰۱٦٦	۰,۰۰۹۹	۰,۱۲۹٤	۰,۰۲۰٦۱	۰,۰۱۸	۰,۲۷٤۸	۰,۱۳۲٦	۰,۲۸٥٦	۰,۰۰۱٥	۰,۰٦٦۳	۰,٤۲	۰,۰۱۲٥	A9
۲	۰,۰۱٦٥	۰,۰۲۱٦۸	۰,۰۱٦٦	۰,۰٤۳۱٦	۰,۲٥۳۹	۰,۰۲۰٦۱	۰,۰۳۹	۰,۰۱٦۱۷	۰,۰۳۳۸	۰,۲۸٥٦	۰,۰۰۱٥	۰,۰٦٦۳	۰,٤۲	۰,۰۳۲٥	A19
۳	۰,۰۰۳۸	۰,۰۲۱٦۸	۰,۰۱٦٦	۰,۰۰٤۹۸	۰,۰۲۹۸۸	۰,۰۲۰٦۱	۰,۰۷۸	۰,۲۷٤۸	۰,۱۳۲٦	۰,۱٤٥٦	۰,۰۰۱٥	۰,۰۱٦۹	۰,٤۲	۰,۰۱۲٥	A15
٤	۰,۰۱٦٥	۰,۰۲۱٦۸	۰,۰۱٦٦	۰,۰۰٤۹۸	۰,۰۱٤۹٤	۰,۰۲۰٦۱	۰,۰۱۸	۰,۲۷٤۸	۰,۱۳۲٦	۰,۲۸٥٦	۰,۰۰۱٥	۰,۰۱٦۹	۰,۱۹٥	۰,۰۱۲٥	A5
٥	۰,۰۳۳۱٥	۰,۰۲۱٦۸	۰,۱٤۹٤	۰,۰۰٤۹۸	۰,٦٤۷٤	۰,۰۲۰٦۱	۰,۰۰۹	۰,۰۱٦۱۷	۰,۰۱٥٦	۰,۲۸٥٦	۰,۰۰۳	۰,۰۳۳۸	۰,۱۹٥	۰,۰٦٥	A17
٦	۰,۰۳۳۱٥	۰,۰۲۱٦۸	۰,۰۱٦٦	۰,۰۰٤۹۸	۰,۰۱٤۹٤	۰,۰۰۸۹	۰,۰۳۹	۰,۱٤۰۱۱	۰,۰٦۷٦	۰,۰۱٦۸	۰,۰۰۱٥	۰,۰۰۳۹	۰,٤۲	۰,۰۱۲٥	A12
۷	۰,۰۰۷٦	۰,۰۲۱٦۸	۰,۱٤۹٤	۰,۰۰٤۹۸	۰,٦٤۷٤	۰,۰۰۸۹	۰,۰۱۸	۰,۰۱٦۱۷	۰,۰۳۳۸	۰,۱٤٥٦	۰,۰۰۱٥	۰,۰۰۳۹	۰,۱۹٥	۰,۰٦٥	A13
۸	۰,۰۰۷٦	۰,۰۲۱٦۸	۰,۰۱٦٦	۰,۰۰٤۹۸	۰,۰۱٤۹٤	۰,۰۰۸۹	۰,۰۰۹	۰,۰۱٦۱۷	۰,۰۱٥٦	۰,۰۷۲۸	۰,۰۰۱٥	۰,۰۰۳۹	۰,۱۹٥	۰,۰۳۲٥	A6
۹	۰,۰۰۳۸	۰,۰۲۱٦۸	۰,۰۱٦٦	۰,۰۰٤۹۸	۰,۰۱٤۹٤	۰,۰۲۰٦۱	۰,۰۳۹	۰,۰۷۰۰٦	۰,۰۰۷۸	۰,۰۱٦۸	۰,۰۰۱٥	۰,۰۰۷۸	۰,۱۹٥	۰,۰۱۲٥	A26

www.SID.ir

Archive of SID

پیشنهادات

۱- بهتر است که محل محورهای سد زیرزمینی تا حد امکان در بالا دست مناطق مسکونی انتخاب شود تا هم از آلودگی آب مخزن سد زیرزمینی جلوگیری شود و همچنین به توان آب را به روش ثقلی و با هزینه کمتر به مناطق پائین دست هدایت کرد.

۲- ارزیابی اثرات احداث سد زیرزمینی در این منطقه و بررسی تاثیر همزمان احداث سدهای زیرزمینی و تغذیه مصنوعی در دشت ملایر.

۳- در صورت تصمیم گیری در مورد اجرائی شدن سدهای زیرزمینی در مناطق مناسب پیشنهادی این تحقیق نیاز به تحقیقات دقیق تر و بررسی های جرئی تر از جمله مطالعات ژئوفیزیکی منطقه و سایر مطالعات پایه می باشد.

٤- در صورتی که ساختن سد زیرزمینی از نوع ماسه ای مد نظر باشد، به دلیل هزینه زیاد این نوع از سدها بهتر است که ابتدا یک سد زیرزمینی از نوع زیر سطحی ساخته شود و پس از آن که از آب بند بودن و دیگر موارد اطمینان حاصل شد، سد زیرزمینی ماسه ای مورد نظر بر روی سد زیر سطحی احداث شود.

a. استفاده از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک بالا در ارتباط با تشخیص بافت آبرفت و برآورد میزان نفوذ پذیری در طول مسیر رودخانه می تواند سودمند باشد.

b. به دلیل این که شیب یکی از فاکتورهای حذفی در مرحله اول تصمیم گیری می باشد در صورتی که نقشه های توپوگرافی منطقه مورد بررسی فاقد بعد ارتفاعی باشند بهتر است که از نهایت دقت در هنگام مشخص کردن ارتفاع منحنی های توپوگرافی استفاده کرد.

منابع

۱- پیر مرادی، رضا (۱۳۸۸): مکان یابی سدهای زیرزمینی در دشت ملایر، پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی دکتر محمد نخعی و مشاوره دکتر فریده اسدیان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

۲- ناصری، ح.م، سلامی، خیرخواه، م و داوودی، م.ه، (۱۳۸٦): معیارهای زمین شناسی در مکان یابی سدهای زیرزمینی در محدوده ی کوه های کرکس، مجموعه مقالات یازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، مشهد.

۳- علیزاده، ا.، (۱۳۷۸): اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد.

۳- سلامی، همت (۱۳۸۳): تعیین مکان های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در مناطق آذرین با استفاده از دور سنجی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

٤- طباطبایی یزدی، ج، و نبی پی لشکریان س.، (۱۳۸۲): سدهای آب زیرزمینی جهت تامین آب در مقیاس کوچک، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

www.SID.ir

Archive of SID

۵- گزارش بیلان دشت ملایر(۸۴-۸۵): دفتر مطالعات پایه منابع آب، سازمان آب منطقه ای همدان.

٦- ناصری، ح.ر.، و خدائی، ک.، (۱۳۸۰): استفاده از داده های رقومی ماهواره ای و اطلاعات جغرافیائی در اکتشاف آب زیرزمینی در جنوب غرب دریاچه ارومیه، مجله علوم زمین، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

۷- جلالی، ن.، (۱۳۸۳): تفکیک واحدهای زمین شناسی کواترنر با استفاده از تصاویر چند طیفی ماهواره ای، گزارش تحقیقاتی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.

8- Nilsson, A, (1988): Round Water Dams for Small Scale Supply. Intermediate Technology Publication LONDEN.

9- Telmer, K, & Best, M (2004): Underground Dams: A Practical Solution for The Water Needs of Small Communities in Semiarid Regions. School of Earth and Ocean Sciences, University of Victoria.

10- Foster, S, & 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,

11- Tkach, R.J., and Simonovic, S.P., (1997): "A New Approach to Multi-Criteria Decision Making in Water Resources", Journal of Geographic Information and Decision Analysis, Vol. 1, No.1, Pp.25-43.

12- Vanrompay, L., (2003): "Report on The Technical Evaluation & Impact Assessment of Subsurface Dams (SSDs)" TLDP Technical Report, Pp. 14.

13- Foster, S., Azevedo, G., and Bal tar, A., (2002): "Subsurface Dams to Augment Groundwater Storage in Basement Terrain for Human Subsistence-Brazilian Experience" World bank, GWMATE Case Profile Collection, Vol. 5, P. 5.

14- Saaty, T., (1980): "The Analytic Hierarchy Process", McGraw Hill

15- Saraf, A.K., and Choudhury, P.R., (1998): "Integrated Remote Sensing and GIS for Groundwater Exploration and Identification of Artificial Recharge Sites" Int. J. of Remote Sensing, Vol. 19, No. 10, Pp. 1825-1841.

16- Gustafson, P., (1993) "Satellite Data and GIS as a Tool in Groundwater Exploration in a Semi-Arid Area", Ph.D. Thesis, Publ. A74, Chalmers University of Technology.

17- Kamaraju, M. V. V., et al., (1996): "Groundwater Potential Evaluation of West Godavari District, Andhra Pradesh State, India- A GIS Approach" Groundwater, Vol. 34, No. 2, Pp. 318-325.

18- Karanth, K. R., (2001): "Groundwater Assessment, Development and Management" Mc Graw-Hill.

19- Kodituwakka, K.A.W., (1996): "Modeling Potential Groundwater Zones in Hard Rock Aquifers in Srilanka Using Remote Sensing and GIS Techniques" Hydro GIS, Pp. 210-215.

20- Tkach, R.J., and Simonovic, S.P., (1997): "A New Approach to Multi-criteria Decision Making in Water Resources", Journal of Geographic Information and Decision Analysis, Vol.1, No.1, Pp.25-43.

www.SID.ir