مکان‌یابی سدهای زیرزمینی با استفاده از تلفیق GIS و AHP (مطالعه موردی: حاشیه کویر لوت، کرمان)

محمد بحرالعلوم[۱]، محمود رضا ملایی نیا[۲]، محمدرضا امینی زاده بزنجانی[۳]

تاریخ ارسال:۱۳۹۵/۱۲/۱۰
تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۰۱/۲۹

چکیده

در دهه‌های اخیر، کنترل و استحصال آب با استفاده از سدهای زیرزمینی مورد توجه پژوهشگران منابع آب قرارگرفته است. در این مقاله برای تعیین معیارهای تأثیرگذار بر مکان‌یابی سدهای زیرزمینی از تلفیق نقشه‌ها در GIS، بازدید میدانی و اولویت‌بندی توسط سیستم تصمیم‌گیری AHP استفاده‌شده است. در این روش، ابتدا با استفاده از GIS، فایل‌های عارضه جنس لایه‌های زمین، شیب، فاصله از گسل و پوشش گیاهی منطقه برای هر زیر حوضه ساخته‌شد. پس از تلفیق لایه‌ها، محدوده‌های مناسب برای ساخت سدهای زیرزمینی در هر یک از سه زیرحوزه سامون جهر، کهنوج شاه و پشوئیه تعیین‌گردید. سپس، بر پایه بازدید میدانی از میان محدوده‌های مناسب یک مکان به‌عنوان بهترین مکان برای هر زیر حوضه مشخص، و سرانجام با توجه به معیارهای ضخامت آبرفت، سطح مخزن، طول محور سد، کاربری آب، و دسترسی آب با استفاده از سیستم اولویت‌بندی AHP مکان برتر تعیین گردید. نتایج نشان داد که روش تلفیقی، نسبت به روش‌های سنتی دقیق‌تر و سریع‌تر است. علاوه بر این، متوسط بارندگی سالانه، حجم مخزن، مساحت حوضه بالادست، روش برداشت آب، ضخامت آبرفت، نفوذپذیری آبرفت، و کیفیت آب بیش‌ترین نقش را بر انتخاب مکان مناسب جهت احداث سد زیرزمینی بازی می‌کنند. با ساخت سد زیرزمینی در منطقه سامون‌جهر می‌توان بیش از ۱۲ برابر ظرفیت سایر گزینه‌ها آب ذخیره‌کرد بالاترین اولویت را برای ذخیره آب دارد. همچنین، با توجه به شباهت مکان‌های سه‌گانه انتخاب‌شده با بسیاری از گزینه‌های موجود در حاشیه کویر می‌توان دریافت که در حاشیه کویر ساخت‌گاه‌های مناسبی جهت احداث سدهای زیرزمینی و مهار آب زیرسطحی حاشیه کویر وجود دارد.

واژه‌های کلیدی:GIS، AHP مکان‌یابی سد زیرزمینی، اولویت‌بندی تحلیلی، حاشیه کویر لوت.

[۱] دانشجویی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب ، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه زابل، زابل ، ایران ،تلفن تماس ۰۹۱۳۷۵۵۴۶۹۱ m.bahrololum@gmail.com

[۲] استادیار، دکتری، گروه عمران، دانشکده‌فنی و مهندسی، دانشگاه‌زابل، زابل، ایران، تلفن تماس ۰۹۱۵۱۴۴۳۹۱۴، m_mollaienia@uoz.ac.ir ، (نویسنده مسئول)

[۳] استادیار، دکترا، مدرس دانشگاه آزاد، گروه عمران، دانشگاه، آزاد اسلامی کرمان، ایران، تلفن تماس ۰۹۱۳۱۹۶۷۸۹۸ ab.aminizadeh@yahoo.com

مقدمه

آب زیرزمینی منبع عمده آب بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور به شمار می‌رود (لگزیان و همکاران، ۱۳۹۰). افزایش جمعیت و پیامد آن افزایش تقاضای آب برای شرب، صنعت و کشاورزی، برداشت بی‌رویه از منابع آب را در پی داشته است. این پدیده سبب فرو افتادن سطح ایستایی سفره‌های آب زیرزمینی شده است که خود:

الف- نشست سطح زمین و تخریب سازه‌های زیربنایی،

ب- هجوم آب شور به سفره‌های آب

ج- افزایش عمق استحصال آب

د- کمبود آب

ه- تحمیل هزینه‌های اقتصادی را به دنبال داشته است (آقا بابایی طرقی و همکاران، ۱۳۹۰).

اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور (نوجوان و همکاران، ۱۳۹۴)، توزیع مکانی و زمانی نامناسب بارندگی (خرمی و همکاران، ۱۳۹۳)، تبخیر (لگزیان و همکاران، ۱۳۹۰) و پدیده خشک‌سالی (عباسپور و ثابت رفتار، ۱۳۸۳) مشکل محدود بودن میزان آب در دسترس را دوچندان کرده است. ازاین‌رو، مدیریت منابع آب به‌ویژه منابع آب زیرزمینی امری گریزناپذیر به نظر می‌رسد.

در راستای مدیریت منابع آب، ساخت سدهای زیرزمینی به‌عنوان روشی کارامد برای مهار جریان‌های زیرسطحی، ذخیره و استحصال آب برای تأمین آب مورد نیاز ساکنین حوضه‌های آبخیز و برای پرهیز از نرخ بالای تبخیر از سطح آزاد سدهای سطحی (لگزیان و همکاران، ۱۳۹۰؛ Ouerdachi et al.,2012)، در دهه‌ای اخیر به‌کارگرفته شده است (لگزیان و همکاران، ۱۳۹۰). از دیگر امتیازات سدهای زیرزمینی می‌توان به افزایش ظرفیت چاه‌های موجود، ساختار ساده، هزینه اجرایی کم، خطر آلودگی پایین، و امکان بهره‌برداری توسط اهالی محل اشاره کرد (Vanrompay.,2003).

مهم‌ترین مسئله در توسعه و ساخت یک سد زیرزمینی تعیین نقطه مناسب جهت احداث آن است. مرور منابع نشان می‌دهد که عوامل زیادی در یافتن مکان مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی اثر می‌گذارند (جدول ۱)، برای ارزیابی میزان اثر پارامترهای موثر بر جانمایی سدهای زیرزمینی از روش‌های بازدید میدانی، سیتم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فرایندهای اولویت‌بندی (AHP[1])، یا تلفیق آن‌ها می توان بهره گرفت (Nilson.,1988 ؛ Foster.,2004 Turnhof and ؛ خیرخواه زرکش و همکاران، ۱۳۸۶؛ خلیفه و همکاران، ۱۳۹۲؛ Forzieri et al.,2008).

(چزگی و همکاران، ۱۳۸۸) با استفاده از روش AHP، دریافتند که شیب زمین و زمین‌شناسی منطقه بالادست، مهم‌ترین عوامل در جانمایی سدهای زیرزمینی است. (حاجی عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰) با استفاده از روش AHP و بهره‌گیری از معیارهای ارزیابی همچون، مسائل اقتصادی و اجتماعی، محور ساخت سد، مخزن سد، و برداشت آب مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی را در منطقه پیش کوه شهرستان تفت استان یزد اولویت‌بندی کردند. (خشنود مطلق و همکاران، ۱۳۹۲) ابتدا لایه‌های اطلاعاتی معیارهای مؤثر مانند دوری از گسل‌ها و دوری از قنات‌ها را در محیط نرم‌افزاری GIS تهیه و پس از تلفیق این لایه‌های اطلاعاتی محدوده‌های دارای پتانسیل ساخت سد زیرزمینی را مشخص کردند درنهایت، با بازدید از منطقه موردنظر و بررسی وضعیت آبراهه‌های منطقه از نظر ۱- جنس سنگ کف بستر ۲- تکیه‌گاه‌ها (جناحین) دو مکان را برای احداث سد زیرزمینی پیشنهاد کردند.

در این تحقیق حوضه‌ی آبخیز حاشیه کویر لوت واقع در استان کرمان جهت تعیین مکان‌های مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی بر اساس معیارهای مندرج در جدول (۱) موردمطالعه قرار می‌گیرد. آب‌وهوای منطقه خشک و نیمه‌خشک است، رودخانه‌های فصلی در آن جریان دارند و در سال‌های اخیر از خشک‌سالی رنج زیادی دیده است. همچنین، در این منطقه نرخ تبخیر بالا است. از سوی دیگر، از ۴ میلیون هکتار اراضی حاشیه کویر لوت که در استان کرمان قرار دارد مقدار ۸۰۰ میلیون متر مکعب آب سالانه به سمت کویر لوت سرازیر می‌شود که ۱۰

[1] Analytical Hierarchical Process

درصد این مقدار یعنی۸۰ میلیون مترمکعب به‌صورت آب زیرقشری وارد کویر و از دسترس خارج شود. برای جانمایی احداث سد زیرزمینی در منطقه، ابتدا با استفاده از GIS محدوده‌هایی که برای احداث سد زیرزمینی مناسب هستند مشخص، پس از بازدید میدانی مکان‌های برتر مشخص و سرانجام با استفاده از الگوریتم AHP ارزش هر مکان تعیین می‌شود.

جدول(۱):معیارهای مکان‌یابی

ردیف	معیارهای اصلی مکان‌یابی	ریز معیارهای مکان‌یابی
۱	زمین‌شناسی مهندسی	لیتولوژی سنگ کف و جناحین
		دوری از گسل
		دوری از قنات
۲	ژئوتکنیک	طول محور
		شیب سنگ کف مخزن
		سطح مخزن
		ضخامت آبرفت
		حجم مخزن
۳	هیدرولوژی	مساحت حوزه بالادست هر گزینه
		متوسط بارندگی سالانه
		کیفیت آب
		پوشش گیاهی
۴	هیدروژئولوژی	نفوذپذیری آبرفت
۵	مسائل اقتصادی اجتماعی	دسترسی
		روش برداشت آب
		کاربری آب

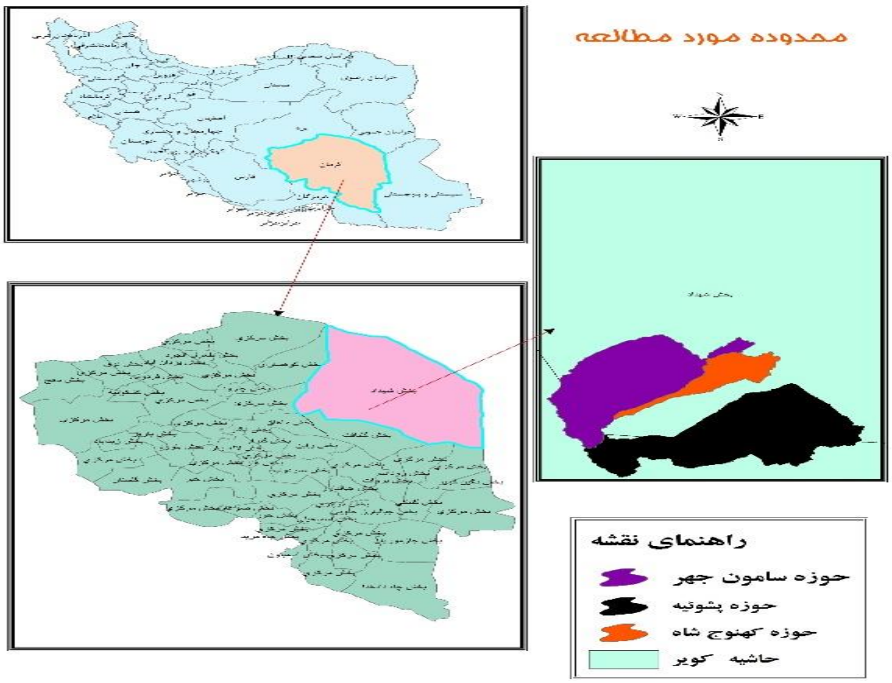
مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه موردمطالعه

بخشی از حوضه آبخیز کویر لوت که در استان کرمان واقع‌شده ۸۶۵۱۴/۷۵ کیلومترمربع وسعت دارد و به چندین حوضه تقسیم می‌شود (شکل ۱).

عملیات آبخیزداری که در حوضه‌های آبخیز نساء (احداث سد مخزنی نساء)، آب باریک (احداث پخش سیلاب آب باریک) قدرونی (احداث سد مخزنی قدرونی) صورت گرفته است نقش فراوانی در کنترل رواناب این حوضه‌ها داشته است. این امر، ضرورت کنترل رواناب و جریانات زیر قشری در حوضه‌های آبخیز شهداد و راور را تائید می‌کند.

حوضه آبخیز شهداد در مختصات جغرافیایی ۷-۵۷ طول شرقی و ۴۵-۳۰ عرض شمالی واقع و وسعت آن برابر ۳۸۵۹ کیلومترمربع است که ۱۶۱۶ کیلومترمربع آن را دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهند. حوضه آبخیز شهداد خود شامل زیر حوزه های پشوئیه، کهنوج-شاه و سامون-جهر است که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند (۳).



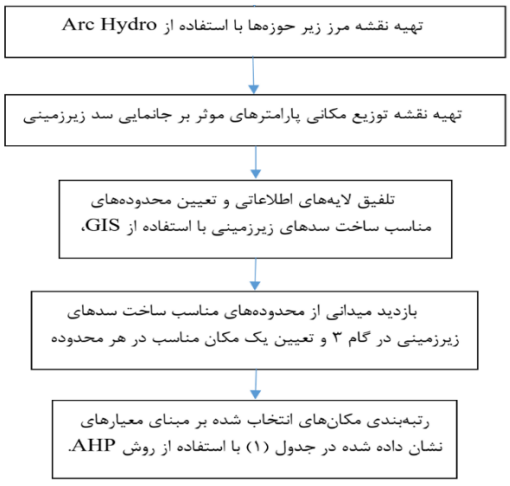
شکل(۱): منطقه موردمطالعه

روش انجام تحقیق

پارامترهای تأثیرگذار در مکان‌یابی سد زیرزمینی، بر اساس یک روش گام‌به‌گام مطابق شکل (۲) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۱) تهیه نقشه محدوده زیر حوضه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Arc Hydro

در این بخش محدوده هر زیر حوضه با استفاده از نرم‌افزار الحاقی Arc Hydro مشخص می‌گردد. با استفاده از این مرز، نقشه‌های موردنیاز هر زیر حوزه ساخته می‌شود. گام ۲) تهیه نقشه‌های شیب، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، و گسل برای تهیه نقشه شیب، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، و گسل به ترتیب لایه Dem۱ منطقه، نقشه زمین‌شناسی شهداد، نقشه پوشش گیاهی حوضه با استفاده از داده‌های اداره کل منابع طبیعی کرمان در محیط GIS به کار گرفته شد. همچنین، موقعیت، راستا و طول گسل‌های حوضه با استفاده از نقشه موقعیت گسل‌های استان کرمان در نرم‌افزار GIS تهیه، و برای جلوگیری از به وجود آمدن شکاف در بدنه سد در صورت فعال شدن گسل یک بافر ۵۰۰ متری بر روی خطوط گسل در نظر گرفته‌شده است.



شکل(۲): روش انجام تحقیق

گام ۳) تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و تعیین محدوده‌های مناسب ساخت سدهای زیرزمینی توسط GIS

ازآنجاکه، مقدار هر یک از معیارهای تصمیم‌گیری مانند مقدار شیب زمین در نقاط مختلف یک لایه

[1] Digital Elevation Model

تغییر می‌کند. ابتدا به نقاطی که دارای مقدار یا ویژگی یکسان هستند ارزش (ضریب تأثیر) مساوی اختصاص داده می شود. سپس، برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی توسط GIS، لایه‌های مختلف بر روی‌هم نهاده و بر اساس ضرایب تأثیر برای مناطق مختلف، تحلیل و ارزیابی نقشه‌ها انجام می‌شود. جدول (۲) امتیاز مربوط به هر محدوده در نقشه شیب زمین را نشان می‌دهد.

جدول(۲): امتیازدهی به شیب‌های مختلف موجود در محدوده موردمطالعه

ردیف	شیب	امتیاز (۱-۹)
۱	۰-۵%	۹
۲	۵-۱۲%	۷
۳	۱۲-۳۰%	۵
۴	۳۰-۶۰%	۳
۵	>۶۰%	۱

چون شیب کمتر سبب تشکیل مخزن وسیع‌تر و نفوذ بیشتر در آبرفت و تغذیه مخزن می‌گردد، امتیاز بالاتر به شیب کم‌تر نسبت داده‌شده است. همچنین با توجه به این‌که هر چه جنس لایه محل ساخت سد نفوذناپذیرتر باشد برای احداث سد مناسب‌تر است، بیشترین امتیاز به مارل‌های قرمز اختصاص داده‌شده است. امتیازات اختصاص‌یافته برای مناطق مختلف بر اساس مقدار نفوذپذیری نوع خاک لایه در هر یک از نقشه‌ها به‌صورت جدول (۳) بیان‌شده است.

جدول(۳): امتیازدهی به جنس لایه‌های موجود در محدوده موردمطالعه

ردیف	جنس لایه	امتیاز (۱-۹)
۱	Red marl, gypsiferous marl, sandstone and conglomerate (Upper red Fm.)	۹
۲	Limestone, marl, gypsiferous marl, sandymarl and sandstone (QOM FM)	۸
۳	Polymictic conglomerate and sandstone	۳
۴	Marl, shale, sandstone and conglomerate	۷
۵	High level piedmont fan and vally terrace deposits	۱
۶	Low level piedment fan and vally terrace deposits	۲
۷	Andesitic volcanic tuff	۷
۸	Dacitic to Andesitic tuff	۷
۹	Massive to thick - bedded orbitolina limestone	۴
۱۰	Upper cretaceous, undifferentiated rocks	۴
۱۱	Flysch turbidites	۴
۱۲	Red marl, gypsiferous marl, sandstone and conglomerate (Upper red Fm.)	۹
۱۳	Conglomerate and sandstone	۴
۱۴	Lacustrine terraces fine grained deposits and lake sediments	۵
۱۵	Dark red meddium - grained arkosic to subarkosic sandstone and micaseous siltstone (LALUN FM)	۶
۱۶	Massive to thick - bedded, dark - grey, partly reef type limestone and a thick yellow dolomite band in the upper part (JAMAL FOR)	۵

نقشه پوشش گیاهی نشان می‌دهد که در مناطق موردمطالعه دو نوع پوشش وجود دارد.

الف- مناطقی که دارای پوشش گیاهی و باغات می‌باشند.(نشان از وجود آب در آن ناحیه است)

ب- اراضی بدون بوشش و بیرون‌زدگی سنگی (به دلیل‌کویری‌بودن‌منطقه بخش قابل‌توجهی را دربردارند.)

در مناطق دارای پوشش گیاهی و باغات، احتمال وجود جریان زیرسطحی و سفره آب زیرزمینی وجود دارد. ازاین‌رو، امتیاز بیشتر برای این مناطق در نظر

گرفته شد. جدول (۴) امتیاز مربوط به مناطق دارای پوشش گیاهی متفاوت را نشان می‌دهد.

جدول (۴): امتیازدهی به نوع پوشش‌های موجود در محدوده موردمطالعه

ردیف	نوع پوشش	امتیاز (۱-۹)
۱	زراعت آبی و باغات	۹
۲	اراضی بدون پوشش و بیرون‌زدگی سنگی	۱

سرانجام، برای نشان دادن محدوده اثر گسل در هر منطقه، بافر ۵۰۰ متری، امتیازات لازم برای مناطق مختلف در هر یک از نقشه‌ها به‌صورت جدول (۵) تعیین گردید.

جدول(۵): امتیازدهی محدوده‌ها با توجه به محل قرارگیری آن‌ها نسبت به گسل

ردیف	محل قرارگیری محدوده	امتیاز (۱-۹)
۱	خارج از محدوده تعریف‌شده برای گسل	۹
۲	داخل محدوده تعریف‌شده برای گسل	۱

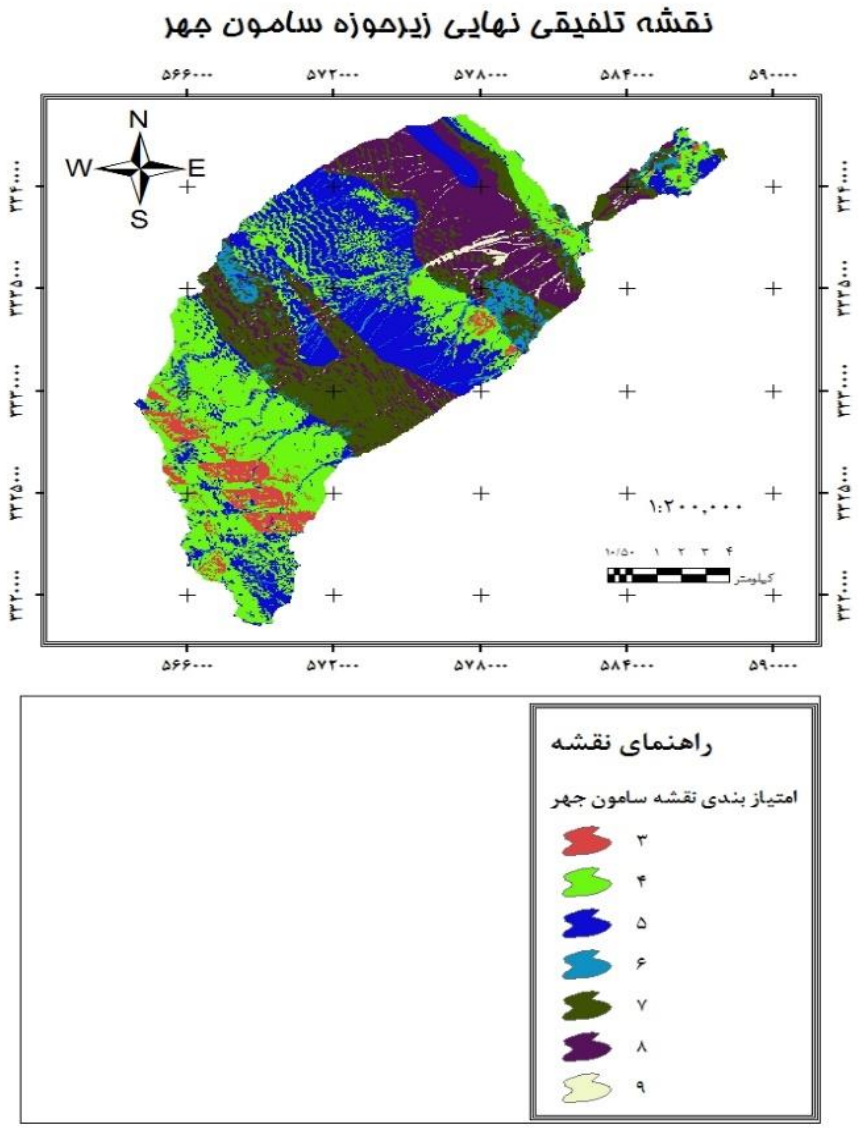
حال، به هر یک از نقشه‌های اطلاعاتی بر اساس اهمیت آن در مکان‌یابی سد زیرزمینی ارزشی خاص داده می‌شود. چون، زمین‌شناسی سد ازنظر نفوذناپذیر بودن مهم‌ترین عامل انتخاب مکان‌های مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی است (سلامی، ۱۳۸۵) بیشترین وزن به آن اختصاص‌یافته است.

همچنین، شیب کم زمین سبب افزایش سطح مخزن، بزرگی حجم مخزن و افزایش مقدار نفوذ آب سطحی به زیر سطح زمین می‌شود. پس، در جایگاه بعدی قرارگرفته است. ازآنجاکه منطقه موردمطالعه، یک منطقه زلزله‌خیز است و از یک پوشش گیاهی ضعیف برخوردار است، امتیاز فاصله از گسل نسبت به پوشش گیاهی بزرگ‌تر در نظر گرفته‌شده است. امتیاز هر لایه در جدول (۶) درج‌شده است.

پس‌ازآن، برای هر یک از سه زیر حوزه، نقشه‌های موردنظر با توجه به وزن هر نقشه و امتیازات مربوط به زیردامنه‌های متناظر، تلفیق و یک نقشه واحد به دست می‌آید و محدوده‌های مناسب برای ساخت سد زیرزمینی تعیین می‌شود. به‌عنوان‌مثال، نقشه تلفیقی زیرحوزه سامون-جهر در شکل (۳) نمایش داده‌شده است.

جدول(۶): وزن‌های اختصاص‌یافته به نقشه‌های تهیه‌شده

ردیف	نام نقشه	وزن نقشه
۱	زمین‌شناسی	٪۴۰
۲	شیب	٪۳۰
۳	فاصله از گسل	٪۲۰
۴	پوشش گیاهی	٪۱۰



شکل (۳): نقشه تلفیق‌شده سامون-جهر

جدول(۷): نقاط برتر در هر زیرحوزه

UTM	سامون-جهر	کهنوج-شاه	پشوئیه
طول	۵۸۵۹۸۱	۵۹۰۸۴۵	۶۰۰۸۰۹
عرض	۳۳۴۱۴۹۴	۳۳۳۸۷۴۹	۳۳۲۳۳۱۱

گام ۴- بازدید میدانی از محدوده‌های مناسب و انتخاب مکان مناسب برتر

در این گام، با تدقیق نقشه‌های موجود با شرایط طبیعی محدوده‌ها و اندازه‌گیری عرض تنگه و آبرفت بهترین مکان‌ها جهت انجام مطالعات اولویت‌بندی انتخاب می‌گردد. این نقاط می‌بایست تا حد امکان در محل خروجی حوضه قرارگرفته باشد. جدول (۷) مختصات نقاط برتر در هر زیرحوزه را بیان می‌کند.

گام ۵- اولویت‌بندی مکان‌های در نظر گرفته‌شده با استفاده از روش AHP تحت محیط متلب

در ابتدا آیتم‌های موجود در جدول (۱) به روش وزن دهی AHP وزن دهی می‌شوند. به این منظور، با توجه به ترجیحات (قضاوت شفاهی) روش AHP که در جدول (۸) مشخص می باشد امتیاز هر یک از آیتم‌ها نسبت به یکدیگر به‌صورت یک ماتریس بیان می‌شود. به‌این‌ترتیب که، سطر و ستون یکسان آیتم مشابه و امتیاز یک گرفته و سایر سطرها و ستون‌ها بر اساس مقایسه آیتم‌ها باهم امتیاز می‌گیرند. سپس، مقدار هر درایه بر مجموع امتیازهای مندرج در ستون آن درایه تقسیم می‌گردد. و مجموع درایه‌های هر سطر به عنوان وزن آیتم همان سطر محاسبه می‌شود. در جدول (۹) وزن آیتم‌ها مشخص گردیده است.

جدول(۸): قضاوت شفاهی

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
۹	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر (Extremely preferred)
۷	ترجیح بااهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی (Very strongly preferred)
۵	ترجیح بااهمیت یا مطلوبیت قوی (Strongly preferred)
۳	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر (Moderately preferred)
۱	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان (Equally preferred)
۲،۴،۶،۸	ترجیحات بین فواصل قوی

درنهایت با توجه به وزن‌های اختصاص‌یافته به آیتم‌ها جدول (۹) و میزان آیتم هر مکان در هر امتیاز، جدول (۱۰)، با استفاده از نرم‌افزار متلب، محاسبات انجام گردید.

جدول(۹): وزن هر آیتم

آیتم	وزن آیتم
متوسط بارندگی	۰,۲۰۷۸۳۸۹۲
حجم مخزن	۰,۱۶۳۰۳۳۵۴
مساحت حوضه بالادست هر گزینه	۰,۱۵۰۶۷۲۶۷
وش برداشت آب	۰,۰۸۴۹۹۵۸۵
ضخامت آبرفت	۰,۰۷۷۶۵۷۷۹
نفوذپذیری آبرفت	۰,۰۷۳۶۰۹۲۵
کیفیت آب	۰,۰۵۳۴۳۰۱۲
لیتولوژی سنگ کف و جناحین	۰,۰۴۹۹۶۴۱۲
کاربری آب	۰,۰۳۹۱۱۱۵۷
طول محور	۰,۰۳۲۱۸۵۸۸
سطح مخزن	۰,۰۲۵۸۹۲۸۲
شیب سنگ کف مخزن	۰,۰۲۳۵۸۶۴۵
دسترسی	۰,۰۱۸۰۲۱۰۱

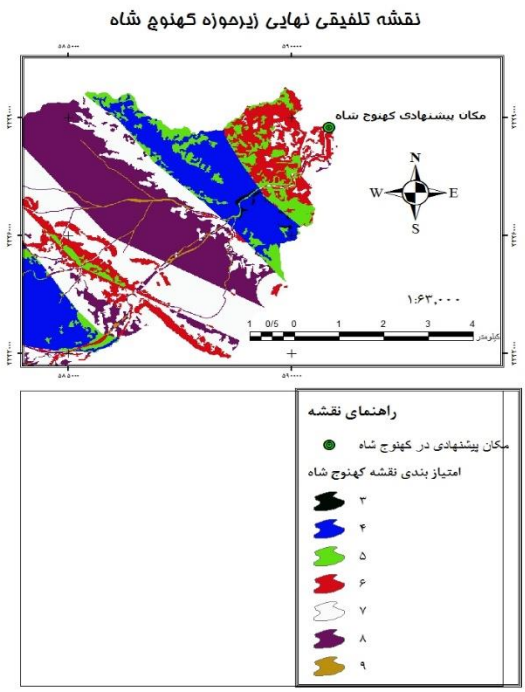
نتایج و بحث

تعیین محدوده‌های مناسب برای ساخت سد زیرزمینی با استفاده از تلفیق لایه‌های مختلف درمحیط GIS شکل های (۴)، (۵) و (۶) به ترتیب برای هر یک از سه زیر حوزه کهنوج شاه، پشوئیه و سامون جهر، (گام ۳) و بازدید میدانی (گام ۴) نشان داد که محدوده‌های واقع در پایین دست حوضه ها و به ویژه درنزدیکی تنگه‌ها از امتیاز بیشتری برای احداث سد برخوردارند. علاوه بر این، بهترین نقاط در سه زیرحوضه درمحل خروجی این حوزه‌ها قرار گرفته و مکان های انتخابی در زیرحوضه های پشوئیه و کهنوج شاه امتیاز ۷ و مکان انتخابی در زیرحوضه سامون جهر امتیاز ۹ را به خود اختصاص دادند.

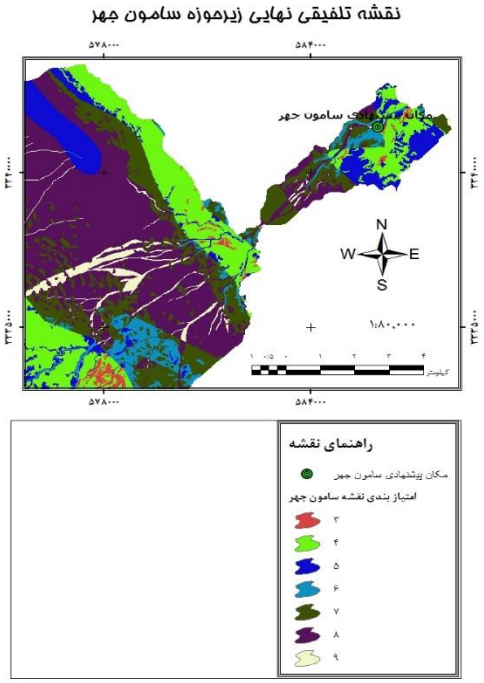
نتایج بدست آمده از روش AHP (گام ۵) نشان داد که به ترتیب سامون جهر، پشوئیه و کهنوج شاه از اولویت بیشتری جهت احداث سد زیرزمینی برخوردارند.

نتایج به‌دست‌آمده جدول (۹) نشان می‌دهد که مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در انتخاب مکان مناسب جهت احداث سد زیرزمینی عبارت است از: ۱- متوسط بارندگی سالانه، ۲- حجم مخزن، ۳- مساحت حوضه بالادست، ۴- روش برداشت آب، ۵- ضخامت آبرفت، ۶-نفوذپذیری آبرفت، و ۷-کیفیت آب. افزون بر این، سامون-جهر، از قابلیت بیشتری برای ساخت سد زیرزمینی نسبت به پشوئیه و کهنوج-شاه برخوردار است. به‌گونه‌ای که، با ساخت سد در منطقه سامون-جهر می‌توان در حدود ۱۲ و ۲۰ برابر بیشتر آب به ترتیب نسبت به حجم مخزن پشوئیه و کهنوج-شاه کنترل و استحصال نمود.

شکل ۴ نقطه پیشنهادی سد بروی نقشه تلفیقی در زیرحوضه پشوئیه



شکل ۵ نقطه پیشنهادی سد بروی نقشه تلفیقی در زیرحوضه کهنوج شاه



شکل ۶ نقطه پیشنهادی سد بروی نقشه تلفیقی در زیرحوضه سامون جهر

جدول(۱۰): وزن هر آیتم در هر زیرحوزه

ردیف	آیتم	سامون-جهر	کهنوج-شاه	پشوئیه
۱	دسترسی	۱	۲	۷
۲	روش برداشت آب	۳	۱	۷
۳	کاربری آب	۵	۷	۴
۴	نفوذپذیری آبرفت	۰,۰۵	۰,۰۸	۰,۰۱
۵	ضخامت آبرفت	۱۵	۷	۴
۶	سطح مخزن	۳۶۷۰۵	۶۹۶۷	۶۹۴۶
۷	شیب سنگ کف مخزن	٪۳	۳,۱٪	۲,۲٪
۸	طول محور	۱۰۰	۵۰	۴۰
۹	لیتولوژی سنگ کف و جناحین	۴	۴	۹
۱۰	کیفیت آب	۳۵۰۰	۲۴۷۰	۳۰۰۰
۱۱	حجم مخزن	۱۲۸۴۶۷	۱۰۴۵۰	۵۲۱۰
۱۲	مساحت حوضه بالادست هر گزینه	۲۴۶,۶	۶۶,۷	۳۱۳,۷
۱۳	متوسط بارندگی	۹۷,۳۸	۳۸,۱۶	۷۵,۵۵

نتیجه گیریدر انتخاب مکان مناسب جهت احداث سد زیرزمینی متوسط بارندگی سالانه بیشترین و دسترسی کمترین نقش را بر عهده دارند، جدول (۹).

به کمک نرم‌افزار GIS می‌توان ارزش کمی پارامترهای مؤثر بر جانمایی سدهای زیرزمینی را در سرتاسر دشت به دست آورد. بر پایه این ارزش‌ها، منطقه را به محدوده‌های کوچک مناسب تقسیم نمود و با استفاده از بازدید میدانی از این محدوده‌ها سریع‌تر و بدون سردرگمی به مکان‌های احتمالی مناسب جهت ساخت سد می‌توان دست‌یافت. در محیط GIS بهترین مکان برای ساخت سد زیرزمینی در محدوده‌ای با وسعت حدود ۶۰۰ کیلومترمربع در مدت‌زمان بسیار کم و با هزینه ناچیز به‌دست‌آمده است، این امر،توانایی نرم‌افزار GIS و کارآمدی روش تلفیق را در مقایسه با روش سنتی که زمان و هزینه بالایی نیاز دارد را به‌خوبی نشان می‌دهد.

با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری AHP که یک سیستم باقاعده جهت مشخص کردن اولویت نقاط نسبت به یکدیگر است، می‌توان بهترین یا اولویت دارترین مکان جهت ساخت سد را مشخص نمود.

پس از تحلیل نقشه‌های به‌دست‌آمده و بررسی‌های میدانی و مقایسه ویژگی‌های مکان‌های سه‌گانه انتخاب‌شده با دیگر گزینه‌های موجود در حاشیه کویر می‌توان استنتاج کرد که در حاشیه کویر ساخت گاه‌های مناسبی دیگری وجود دارد که می‌توان با احداث سدهای زیرزمینی مقدار آب موردنیاز شرب و مراتع حاشیه کویر را تأمین کرد.

این روش کاملاً متکی به صحت داده‌های دریافتی هست و به هر میزان که اطلاعات و نقشه‌های موجود دقیق‌تر باشند قطعاً نتایج به واقعیت نزدیک‌تر هست بر همین اساس پیشنهاد می‌گردد بررسی‌های تکمیلی ازجمله مطالعات ژئوفیزیکی شامل تعیین دقیق ضخامت آبرفت، شیب سنگ کف، حجم مخزن، مطالعات نقشه‌برداری برای تعیین دقیق سطح مخزن انجام پذیرد تا صحت و دقت داده‌های خروجی نیز به همان میزان افزایش یابد.

منابع

آقا بابایی طرقی، م.۱۳۹۰. ارزیابی موقعیت احداث سدهای زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مدل‌های تصمیم‌گیری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دشت شهر کرد). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد.

چزگی، ج.، ح. ر. مرادی و م.م. خیرخواه زرکش. ۱۳۸۹. مکان‌یابی محل‌های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره با تأکید بر منابع آب. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال چهارم، شماره ۱۳، ص ۶۵-۶۸.

حاج عزیزی، ش.، م.م. خیرخواه زرکش و ا. شریفی. ۱۳۹۰. انتخاب مکان مناسب احداث سد زیرزمینی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به دو روش مکانی و غیرمکانی (مطالعه موردی: حوضه پیشکوه شهرستان تفت استان یزد). مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، سال دوم، شماره ۲، ص ۲۷-۳۹.

خرمی،ک.، ق. وهاب‌زاده، ک. سلیمانی، و ر. طلایی .۱۳۹۳. تعیین مناطق مناسب سد زیرزمینی در حوضه آبخیز قره‌سو. مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، شماره ۲، ص ۱۳۹-۱۵۴.

خشنود مطلق، س.، ع.ر. داوودیان دهکردی و ن. امامی. ۱۳۹۲. تعیین مناطق مناسب جهت احداث سد زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی: دشت بروجن در استان چهارمحال و بختیاری.هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.

خلیفه،م.ح.، غ. لشکری پور، ح. حسینی مرندی و م.ر باغیانی باغشانی. ۱۳۹۲. مکان‌یابی سد زیرزمینی پسبند لامرد. هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.

خیرخواه زرکش،م.م.، ح.ر. ناصری، م.ه. داوودی و ه. سلامی. ۱۳۸۶. استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در اولویت‌بندی مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی (مطالعه موردی دامنه شمالی کوه‌های کرکس-نطنز). پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۹، ص ۹۳-۱۰۱.

سلامی،ه.، ح.ر. ناصری، م.ه. داوودی و م.م. خیرخواه زرکش. ۱۳۸۵. تعیین معیارهای حذفی در شناسایی مناطق مناسب جهت احداث سد زیرزمینی. بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین.

عباسپور،م.، و ع. ثابت رفتار، ۱۳۸۳. تحلیل خشک‌سالی‌های گذشته در ایران، پیش‌بینی خشک‌سالی‌های آینده و چالش‌های پیشروی مدیریت منابع آب در برنامه توسعه چهارم کشور. پنجمین همایش ملی دوسالانه انجمن متخصصان محیط‌زیست ایران.

لگزیان، ف.، ح. و. فرضی و ا. نوحه‌گر. ۱۳۹۰. بررسی شاخص اقلیم و ویژگی‌های آن در امکان‌سنجی سد زیرزمینی در جهت کاهش تبخیر و استفاده از ظرفیت محدود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک. پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب‌وخاک،کرمان.

نوجوان، م.ر.، ع.ا. جمالی، و ز. ناظری، ۱۳۹۴. برهان خلف مکان گزینی سدهای زیرزمینی.مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیست و ششم، شماره ۱، ص ۵۳-۶۶.

Forzieri G., M. Gardenti and F. Caparrini 2008. A methodology for the pre-selection of suitable sites for surface and underground small dams in arid areas, A case study in the region of Kidal: Physics and Chemistry of the Earth", vol. 33: 74- 85.

Foster, S., and Turnhof, A. 2004. Sub surface dams to augment ground water so rage in basement for human subsistence Brazilian and Kenyan experience. World Bank. GroundwaterManagemen Advisory Team, No..5

Nilsson, A., 1988. Groundwater Dams for Small-scale Water Supply. Intermediate Technology Publications Ltd.

Ouerdachi, L., H. Boutaghane, R. Hafsi, T. Boulmaiz Tayeb. F. Bouzahar. 2012. Modeling of underground dams Application to planning in the semi arid areas (Biskra, Algeria). Energy Procedia 18: 426 – 437

Vanrompay, L. 2003. Report on the technical evaluation and impact assessment of sub-surface dams. Technical Report, Turkana Livestock Development Project, VSF, Belgium, 22 pages.

Location detection of underground dams, by using a combination of GIS and AHP (Case study: The edge of the Loot Desert, Kerman)

Mohammad Bahrololoom[1], Mahmoud-Reza Mollaeinia[2], Mohammad-Reza Aminizadeh Bazanjani[3]

Abstract

In recent decades, controlling and extraction of water using underground dams have been developed by water resources researchers. In this research, to detect the proper location for constructing an underground dam, a compound method is used. Firstly, by using of GIS, the shape files of geology, earth slope, distance from fault, vegetation areas, and hydrological streams for every sub-catchment generated. Secondly, the provided shape files were overlaid and appropriate regions were defined throughout of each catchment. Then, trough field visit in the appropriate regions, a place was selected as the best place for underground dam constructing. Ultimately, considering to criteria such as alluvium thickness, cistern levels, axis length of underground dam, water usage, and water accessing, the best location to establish underground dam was obtained using Analytic Hierarchy Process, AHP, of three specified places. The results represented that, the synthesis method is more accurate, and consumes less time compare to classical methods. Moreover, Samoon-Jahr is the first priority for groundwater control and its abstraction. Furthermore, parameters of the mean annual rainfall, the reservoir volume of groundwater, upper land basin area, and water harvesting method are more efficient on grading the proper places for constructing underground dams. Also, similarity between proper location characteristics and many of existing choices in edge of the desert, shows that using underground dams capability to prevent groundwater flow from catchment to desert, one could able to provide a considerable water at where is needed.

Key words: Underground Dams, Analytic Hierarchy Process, AHP, Pashooiyeh, Samon-Jahr, Kahnooj-Shah, GIS.

[1] Master student, Civil Engineering Department, Faculty of Technology and Engineering, University of Zabol, Iran, Email: m.bahrololum@gmail.com
[2] Assistant Prof., Civil Engineering Department, Faculty of Technology and Engineering, University of Zabol, Iran, Email: m_mollaienia@uoz.ac.ir
[3] Assistant Prof., Civil Engineering Department, Azad University of Kerman, Kerman, Iran, Email: ab.aminizadeh@yahoo.com