دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"گزارش فنی"

# مکان‌یابی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی در حوضه آبخیز قوری چای با کاربرد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS/RS) با روش وزن‌دهی بر اساس تابع کویین

حسن خدایی[۱]، محمدعلی قربانی[۲]، اسماعیل اسدی[۳] و روح الله دبیر[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه تبریز، شاغل اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان اردبیل
(نویسنده مسوول: Hassan.khodaiy@gmail.com)
۲ و ۳- دانشیار و استادیار دانشگاه تبریز
۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه ارومیه
تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۱۲
صفحه: ۲۹۲ تا ۳۰۲

**چکیده**

**احداث سدهای زیرزمینی به‌عنوان راهبردی جدید در مدیریت منابع آب به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک کشور در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. میان حوضه‌ها و نقاط خروجی حوضه‌های بزرگ که مقاطعی مناسب از نظر توپوگرافی، شیب و نهشته‌های آبرفتی دارند قادر خواهند بود منابع آبی مناسبی را از طریق احداث سدهای زیرزمینی ذخیره و در اختیار بهره‌برداران قرار دهند. حوضه آبخیز قوری چای بنا به دلایل اشاره شده یکی از مناطق اولویت‌دار و مهم استان اردبیل برای احداث سدهای زیرزمینی است. مکان‌یابی مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی در مناطقی با این خصوصیات در سطح وسیع، راهبرد دیگری در بهبود مدیریت منابع آبی است. در این تحقیق با بهره‌گیری از روش‌های سنجش از دور و کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی و معرفی روش‌های مختلف بکار برده شده توسط کارشناسان در وزن‌دهی و اولویت‌بندی پارامترهای دخیل در مکان‌یابی از شیوه‌ای جدید در وزن‌دهی با عنوان ماتریس وزنی بر اساس تحلیل آماری و تابع کویین استفاده گردید که اساس آن نه بر مبنای نظرات کارشناسی و پرسشنامه که در روش‌های سلسله مراتبی و چند معیاره استفاده می‌گردد، بلکه بر اساس تحلیل آماری و وزن‌دهی یکسان برای تمام پارامترها استوار است. با تهیه لایه‌های شیب، کاربری اراضی، زمین‌شناسی و همچنین لایه‌های تصویری عمق آبرفت و سطح ایستابی که از روش درون‌یابی عکس فاصله با استفاده از امکانات ابزاری GIS در حوضه مورد پژوهش بدست آمد، با تلفیق لایه‌های تولیدی، لایه نهایی تهیه گردید. ین لایه اولویت-بندی و موقعیت مکانی مناسب سدهای زیرزمینی در سطح ۷۹۲۶۰ هکتار از حوضه را با تلفیق لایه هایی که به صورت مستقل و با وزن یکسان و به صورت واحدهای همگن تهیه شده در اختیار قرار میدهد. برای اولویت بندی از روش کلاس‌بندی استاندارد استفاده شده است.**

**واژه‌های کلیدی: تابع کویین، سد زیرزمینی، قوری چای، ماتریس وزنی، GIS، RS**

## مقدمه

احداث سدهای زیرزمینی درکشورهای مختلفی مانند ژاپن، برزیل، چین، کنیا و ... مورد پژوهش و اجرا قرارگرفته است (۱۳). سابقه ساخت سدهای زیرزمینی در ایران در عصر حاضر به سال ۱۳۷۰ می‌رسد که در شهرستان کهنوج از توابع استان کرمان، به‌منظور تامین آب آشامیدنی شهری، توسط وزارت جهاد سازندگی وقت، ساخته شد (۱). فوستر و همکاران (۵)، در ارزیابی سدهای زیرزمینی احداث شده در برزیل نشان دادند که عوامل حجم مخزن، عمق سنگ بستر نسبت به سطح زمین، نفوذپذیری خاک مخزن، نقش مؤثری در موقعیت سدهای زیرزمینی دارد.

لارو آرچوجای (۱) با مطالعه در حوضه آبخیز نیمه‌خشک خورات[1] واقع در شمال شرق تایلند با هدف استفاده از سد زیرزمینی در توسعه منابع آب زیرزمینی، وجود شرایط لازم هیدروژئولوژی (تخلخل کافی، سنگ کف نفوذ ناپذیر و وجود آبخوان)، شرایط محیطی (عدم شوری آب و خاک و نبود منابع آلودگی) و نیز ویژگی‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی را لازم دانسته و مکان‌های مناسب اولیه را مخروط افکنه‌های بین دو کوه، آبرفت رودخانه و رسوبات مسیل، تراس‌های آتشفشانی و آذرین نفوذی هوادیده، یاد می‌کند. سویز (۱۲) راهنمای عملی مکان‌یابی و ساخت سدهای ذخیره‌ای شنی را با توجه به پروژه استحصال آب در جنوب اتیوپی و سدهای ذخیره‌ای شنی در کنیا نوشته و در آن پارامترهای شیب، توپوگرافی، زمین‌شناسی (رسوبات و عمق سنگ بستر)، هیدرولوژی (بارش و تبخیر، شبکه آبراهه‌ای و عرض آن‌ها)، پوشش گیاهی و منابع قرضه و نیاز آبی را برای انتخاب آبراهه مستعد عنوان می‌کند. به‌طور کلی، مهمترین مشکل در ایجاد و توسعه سدهای زیرزمینی، پیچیدگی تعیین مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی می‌باشد. حاجی عزیزی و همکاران (۶) طی مطالعاتی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به مکان‌یابی مناطق مناسب جهت اجرای سدهای زیرزمینی پرداختند. تعدد عوامل تعیین کننده در مکان‌یابی سدهای زیرزمینی مانند معیارهای مختلف فیزیکی و اقتصادی، اجتماعی سبب این پیچیدگی در تعیین مناطق مناسب احداث این گونه سدها شده است. بررسی و تعیین این عوامل در عرصه (صحرا) با استفاده از روش‌های سنتی، بسیار پرهزینه بوده و نیاز به صرف وقت بسیار دارد. سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش‌های مختلف وزن‌دهی از عوامل تاثیرگذار در مکان‌یابی در این تحقیق معرفی شده و تحقیقات مشابه بررسی گردیده و در نهایت روش مورد تحقیق به‌عنوان روش مورد تاکید ارایه و بحث و بررسی شده و با

1- Khorat

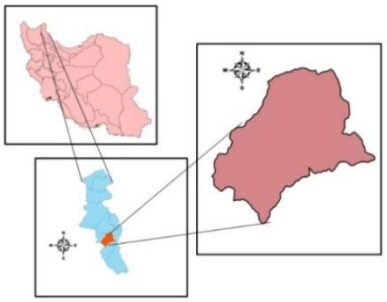
[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.2.6 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.11.21.292 ]

استفاده از نرم‌افزار و ابزار دقیق در سطح حوضه آبخیز واقعی روش مورد نظر استفاده و نتایج آن ارایه گردیده است. نوآوری در این روش در نوع وزن‌دهی آن است که برخلاف روش حذفی در این روش هیچ محدوده‌ای حذف نمی‌گردد مانند روشAHP براساس نظر کارشناسی صرف و اعمال نظرات شخصی نیست، خروجی آن قابل اعتماد و متناسب داده‌های ورودی است و مانند روش‌های دیگر از جمله سلسله مراتبی نسبت به مناطق مختلف خروجی‌های متفاوت نخواهد داشت. زیرا در این شیوه تفاوت تئوریک در وزن‌دهی از منطقه‌ای به منطقه دیگر وجود ندارد.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز قوری چای بخشی از زیرحوضه قره سو از حوضه اصلی ارس می‌باشد که در فاصله ۵ کیلومتری شهراردبیل واقع شده است. حوضه آبخیز قوری چای در جنوب شهر نیر واقع در استان اردبیل که در حد فاصل مختصات جغرافیائی UTM بین ۷۶۷۰۸۱ تا ۸۰۷۶۲۸ متر و ۴۱۸۵۵۱۳ تا ۴۲۲۵۱۳۴ متر و مساحت کل حوضه برابر۷۹۲۶۰ هکتار و ارتفاع متوسط آن ۱۸۷۰ متر از سطح دریا می باشد. حوضه قوری چای دارای دو سرشاخه اصلی گروچای و کورابیم چای است. این رودخانه ها در نهایت رودخانه اصلی قوری چای را تشکیل می‌دهند.



شکل ۱- موقعیت حوضه آبخیز نسبت به کشور و استان اردبیل
Figure 1. The general position of the watershed in relation to the country and the province of Ardabil

اولین گام جهت بررسی هر فرآیندی از جمله مکان یابی احداث سدهای زیرزمینی درمنطقه مورد پژوهش جمع آوری داده‌ها و اطلاعات مور نیاز است. برای استفاده از روش GIS/RS تصاویر روز ماهواره ای سنجنده OLI مربوطه به سال ۲۰۱۳ تهیه شده است با توجه به شروع به کار ماهواره لندست ۸ (سنجنده OLI و تصاویر مناسب آن در تحقیق حاضر انتخاب شد. مشخصات تصویر انتخاب شده در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات تصویر انتخابی سنجنده OLI (سایت رسمی لندست ۸، ۲۰۱۳)
Table 1. OLI Assessor Selective Image Features (Official Landscape 8, 2013)

| مشخصات تصویر | OLI (لندست ۸) |
|---|---|
| تاریخ اخذ | ۲۰۱۳/۰۷/۱۹میلادی (۱۳۹۲/۰۴/۲۸ شمسی) |
| گذر/ ردیف | ۳۳/۱۶۷ و ۳۴/۱۶۷ |
| زاویه آزیموت خورشید | ۱۲۸/۲۰۵۰ و ۱۲۵/۲۴۷۱ |
| زاویه ارتفاع خورشید | ۶۴/۳۵۴۵ و ۶۴/۹۹۷۳ |
| تعداد باند | ۹ |
| قدرت تفکیک | ۳۰ و ۱۵ متر |

وزن هر معیار نشان‌دهنده میزان اهمیت و ارزش آن نسبت به معیارهای دیگر در عملیات مکان‌یابی است. یکی از مزایای وزن‌دهی، سادگی و قابل اعتماد بودن و از معایب آن می‌توان به خطای کارشناسان در برآورد وزن خام پارامترها اشاره نمود.

وزن‌دهی به چند طریق مختلف انجام می‌شود. لازم به ذکر است که وزن‌دهی فقط بر روی داده‌های رستری امکان‌پذیر بوده و داده‌های وکتوری حتما باید به رستر تبدیل شوند. محمد عظیمی حسینی و همکاران (۷) در روش حذفی (منطق بولین)، عضویت یک عنصر در یک مجموعه به صورت صفر (عدم عضویت ) و یا به صورت یک (عضویت) بیان می‌شود.

در منطق فازی، میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه، با مقداری در بازه یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) تعریف می‌شود (۱۱). روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که یکی از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد، بدلیل در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی به‌طور همزمان و همچنین فرموله کردن آنها، استفاده می‌گردد. به منظور روی هم‌اندازی و محاسبات فضائی نقشه‌ها در GIS می‌بایست میزان تأثیر هر یک از لایه‌ها در تعیین بهترین مکان محاسبه شود. برای ارزیابی تأثیر معیارهای مکان‌یابی تا حال بیشتر از فرایند تحلیل سلسله مراتبی

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.2.6 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.11.21.292 ]

(AHP) استفاده شده است. در این راستا پرسشنامه‌ای تهیه گردیده و نظر کارشناسان و اساتید در رشته‌های تحصیلی مختلف در مورد برتری معیارهای مکان‌یابی نسبت به یکدیگر جمع‌آوری شده و میانگین اطلاعات جمع‌آوری شده از پرسشنامه‌ها محاسبه می‌گردد کارشناسان با روش AHP، به معیارها و زیر معیارهایی چون آب (کیفیت، کمیت)، مخزن (شیب مخزن، نفوذپذیری، عمق مخزن و سطح مخزن)، محور (طول محور، عمق محور و لیتولوژی کناره‌ها) و معیار اقتصادی (فاصله از روستا و فاصله از جاده) وزن داده و وارد نرم‌افزار Expert Choice می‌نمایند تا بتوانند اهمیت نسبی هر یک از معیارها و زیر معیارها را نسبت به همدیگر تعیین کنند. چزگی و همکاران (۲) در منطق شاخص هم‌پوشانی[1] بر خلاف منطق بولین، نقشه‌ها و متغیرهای مورد استفاده در عملیات مکان‌یابی، دوباره کلاس‌بندی شده و با توجه به نظر کارشناسان مربوطه و نوع نیاز پروژه طبقه‌بندی می‌گردند. در این منطق، اولویت‌بندی با درنظر گرفتن کلاس‌بندی ایجاد شده و جایگاه هریک از متغیرهای بکار رفته در پروژه مکان‌یابی، با وزنی که داده می‌شود، سنجیده خواهد شد. وزن داده شده به متغ یرهای به کار رفته به نظر کارشناسان مربوطه به آن بستگی خواهد داشت (۱۰).

در روش ژئو مورفولوژیکی نتیجه نهایی حاصل شده از تلفیق اطلاعات میدانی، نقشه‌های تهیه شده و تصاویر ماهواره‌ای، عبارت از نقشه ژئومورفولوژی منطقه می‌باشد که حاوی فرم‌ها و فرآیندهای مختلف ژئومورفیک در منطقه است. در پایان، به بررسی روابط بین پدیده‌های ژئومورفولوژی موجود با تشکیل، میزان ذخیره، جهت جریان و کیفیت آب زیرزمینی و ... پرداخته شده و مهم‌ترین اشکال ژئوموفولوژیکی تاثیرگذار بر منابع آب زیرزمینی مشخص می‌گردند (۸).

روش ماتریس وزنی (تحلیل آماری با تابع کویین) که در این تحقیق معرفی می‌گردد، در مقایسه با روش‌های دیگر چون تحلیل سلسله مراتبی، روش چند معیاره و روش حذفی و مدل شاخص مکان‌یابی و سایر روش‌هایی که به نوعی در وزن‌دهی پارامترها استفاده شده‌اند و بیشتر ملاک نظر کارشناسی و تجربی و شخصی را با خود داشته‌اند؛ به‌دلیل پایبندی به اصول آماری و ریاضی مقایسه دقیق‌تر و بهتری را بین تمام پارامترها در تمام سطوح در محدوده مطالعاتی ارایه می‌دهد. مقایسه بهتر کمی و کیفی داده‌ها و تنوع لایه‌ها در روش ماتریس وزنی تابع کویین با به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی قابلیت مناسبی را برای توزیع وزنی پارامترها ایجاد می‌نماید. معیارهای آماری میانگین، میانه و مد در پنج کلاس ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ مستتر در این روش و توزیع همگن و متقارن و نرمال آن از مزیت‌های روش ماتریس وزنی بر اساس تابع کویین است. در از این روش در تحقیقات مشابه قبلی استفاده نگردیده است. برآورد هم زمان کمی و کیفی و ارزیابی چندگانگی پارامترهای مختلف از مشخصه‌ها و ویژگی‌های این روش است که در نوع خود نوآوری خاصی دارد. در روش مورد استفاده در این تحقیق براساس تابع کویین[2] که از یک ماتریس ۳×۳ تشکیل شده و دارای ۹ سلول می‌باشد که سلول مرکزی به‌عنوان میانه محسوب شده و درایه‌های فرد آن یعنی ۱، ۳، ۵، ۷، ۹ در برقراری یک محاسبات آماری و ریاضی دقیق می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این روش به‌عنوان مثال، در یک محدوده پلیگونی خاص یک پارامتر مانند شیب ممکن است وزن ۷ بگیرد و از نظر پوشش گیاهی همین موقعیت مکانی، وزن ۹ و سایر پارامترها وزن‌های دیگر به خود اختصاص دهند. اما با استفاده از ماتریس وزنی و ارایه آن به سامانه، برآیند این وزن‌ها بر اساس اصل ریاضی و آماری در برگیرنده معدل وزن و نمره آن موقعیت خاص، خواهد بود. لایه اطلاعاتی حاصل در این سامانه از برآیند لایه‌ها و نقشه‌های تولیدی، ماتریس وزنی تمام نقاط را محاسبه نموده و در لایه اطلاعاتی نهایی بدست آمده درج می‌نماید و همین لایه معیار و ملاک اصلی اولویت‌بندی مکان‌های مناسب مورد نظر در پژوهش را فراهم خواهد کرد. در بحث مکان‌یابی سدهای زیرزمینی تاکنون، در مقایسه‌های وزنی پارامترهای مختلف، ماتریس وزنی از نظر پارامترهای دخیل در مکان‌یابی احداث سدهای زیرزمینی خصوصا در سامانه GIS کاربرد مناسب‌تری نسبت به روش‌های ارایه شده به‌دلیل استواری بر پایه نظری آماری می‌تواند داشته باشد (۹).

## نتایج و بحث

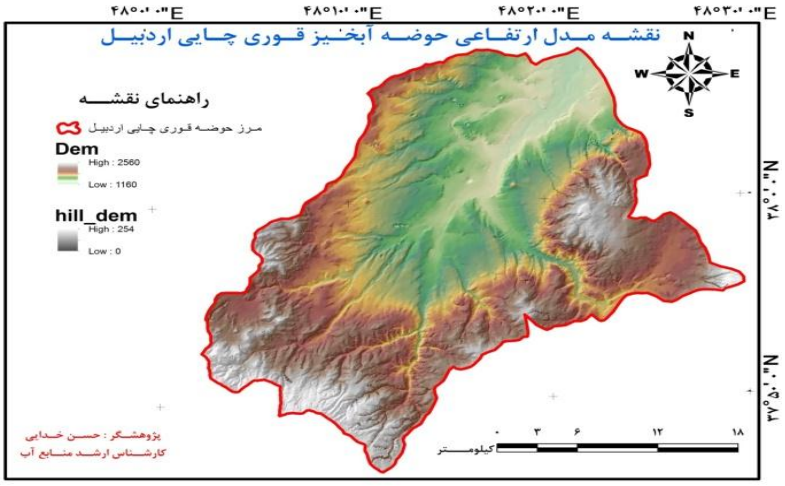
نقشه مدل رقوم ارتفاعی (Digital Elevation Model) در محیط GIS و از دستور Topo to Raster با تلفیق نقشه‌های لایه خطوط ارتفاعی (Contor) نقشه نقاط ارتفاعی داخل حوضه و شبکه آبراهه‌ای (Stream) و محدوده مرز حوضه ترسیم گردید (۴).

کاربری اراضی از خصوصیت‌های مهم در فرآیند رواناب می‌باشد که بر روی نفوذ و فرسایش اثر می‌گذارد. نقشه کاربری اراضی به‌وسیله روش‌های GIS و RS از تصاویر ماهواره‌ای و به شیوه سگمنت‌سازی و طبقه‌بندی شی‌گرا تهیه گردید. برای تهیه لایه شیب به‌عنوان لایه اطلاعاتی مهم در مرحله نخست لایه مدل رقوم ارتفاعی (DEM) طبق آنچه اشاره گردید تهیه شده و مبنای تهیه نقشه شیب قرار گرفت. از دستور Spatial Analyst> Slope و از زیر منو Environments استفاده می‌گردد پس از تهیه لایه اولیه با کلیلک راست روی لایه تولیدی و از قسمت Symbologe نسبت به تعیین تعداد کلاس‌های طبقه‌بندی شیب متناسب وزن‌های هر کلاس اقدام می‌گردد. بهترین تعداد شش کلاس شیب برای اولویت بالای محل انتخاب از روش Fao و مناسب‌ترین شیب‌ها زیر ۵ درصد ملاک عمل قرار گرفت. هدف از تهیه نقشه زمین‌شناسی در مکان‌یابی محل احداث سدهای زیرزمینی نیز، بدست آوردن محدوده‌های آبرفتی می‌باشد. زمین‌شناسی منطقه بالادست محور سد زیرزمینی باید پتانسیل خوبی از نظر نفوذپذیری و ضریب انتقال داشته باشد تا هم بتواند آب زیادی را نفوذ داده وهم آب نفوذ کرده را به پشت سد جهت ذخیره انتقال دهد. لازم است سازندهای عهد حاضر (کوارترنر) بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی با دقت کافی مشخص شوند (۳). به‌دلیل کمبود تعداد چاه‌های پیزومتری در محدوده حوضه آبخیز قوری چای که به تعداد انگشتان یک دست هم نمی‌رسید از اطلاعات چاه‌های

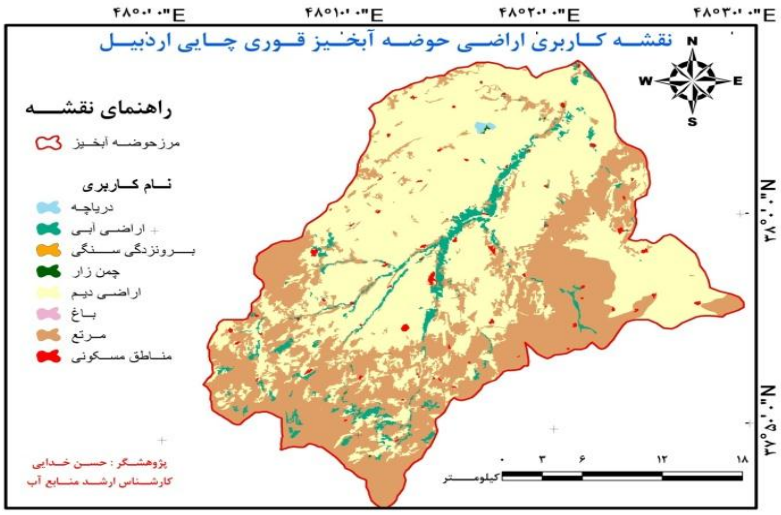
1- Index Overlay
2- Queen Function

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.2.6 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.11.21.292 ]

بهره‌برداری که عموما در محدوده نهشته‌های آبرفتی رودخانه اصلی حوضه متمرکز گردیده‌اند، استفاده شد. با داشتن سطح تراز تمام چاه‌های موجود می‌توان نقشه ایزوپیز و تغییرات سطح ایستابی چاه‌های محدوده اطراف رودخانه اصلی را که محتمل‌ترین محل‌های مناسب احداث سد زیرزمینی است بررسی و تهیه نمود. به‌علت تراکم چاه‌های بهره‌برداری در محدوده پلیگون نهشته‌های آبرفتی عهد حاضر و قدیم حاشیه رودخانه اصلی این نقشه در همین محدوده تعیین گردید تا دقت کافی برای بررسی و تحلیل داده داشته باشد.

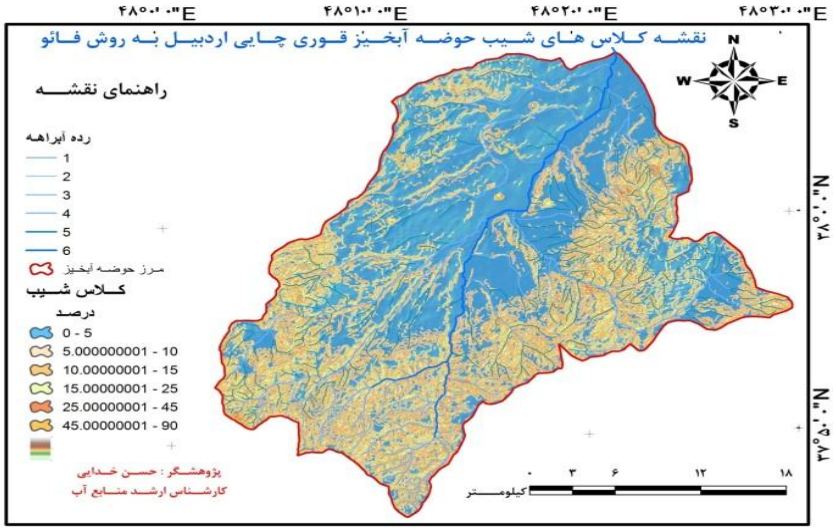



شکل ۲- نقشه و لایه‌های اصلی و اولیه تهیه شده تاثیرگذار روی موقعیت مکانی سدهای زیرزمینی حوضه آبخیز قوری چای اردبیل
Figure 2. Map and main and initial layers prepared, affecting the location of underground dams in Ardabil Ghori-chai watershed

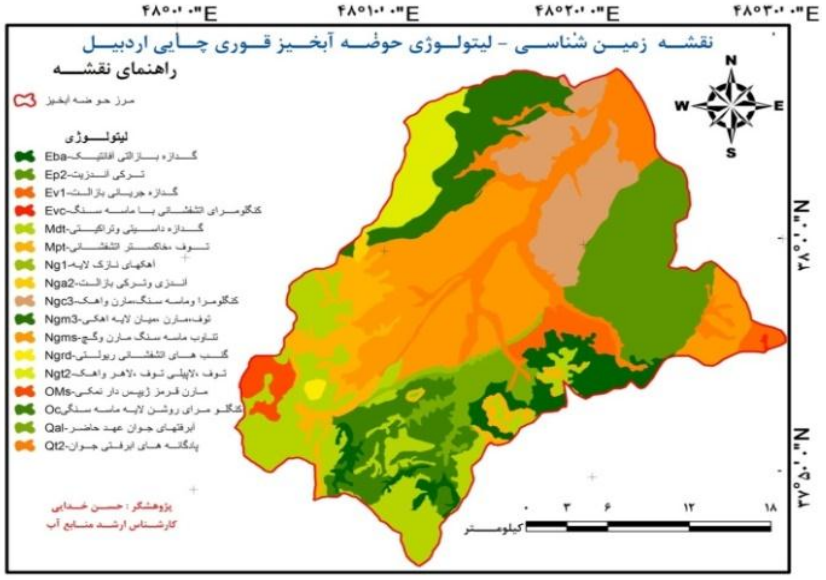



شکل ۳- نقشه و لایه‌های اصلی و اولیه تهیه شده تاثیرگذار روی موقعیت مکانی سدهای زیرزمینی حوضه آبخیز قوری چای اردبیل
Figure 3. Map and main and initial layers prepared, affecting the location of underground dams in Ardabil Ghori-chai watershed

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.2.6 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.11.21.292 ]



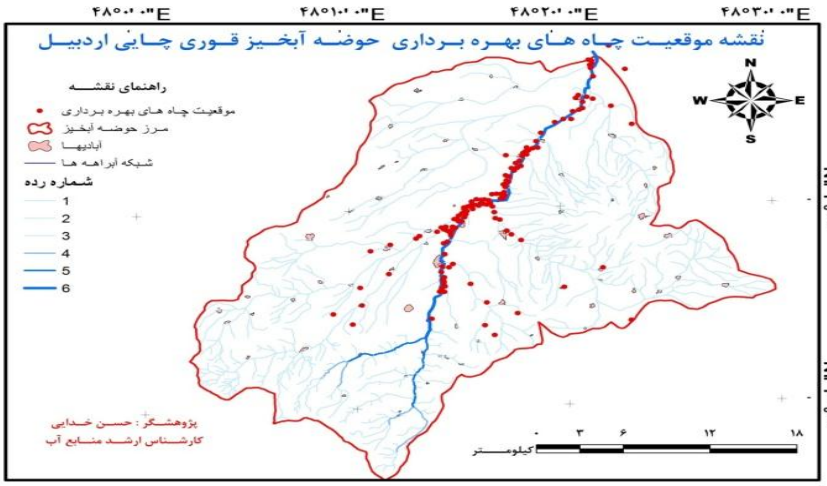

ادامه شکل ۳- نقشه و لایه‌های اصلی و اولیه تهیه شده تاثیرگذار روی موقعیت مکانی سدهای زیرزمینی حوضه آبخیز قوری چای اردبیل
Continuation of Figure 3. Map and main and initial layers prepared, affecting the location of underground dams in Ardabil Ghori-chai watershed



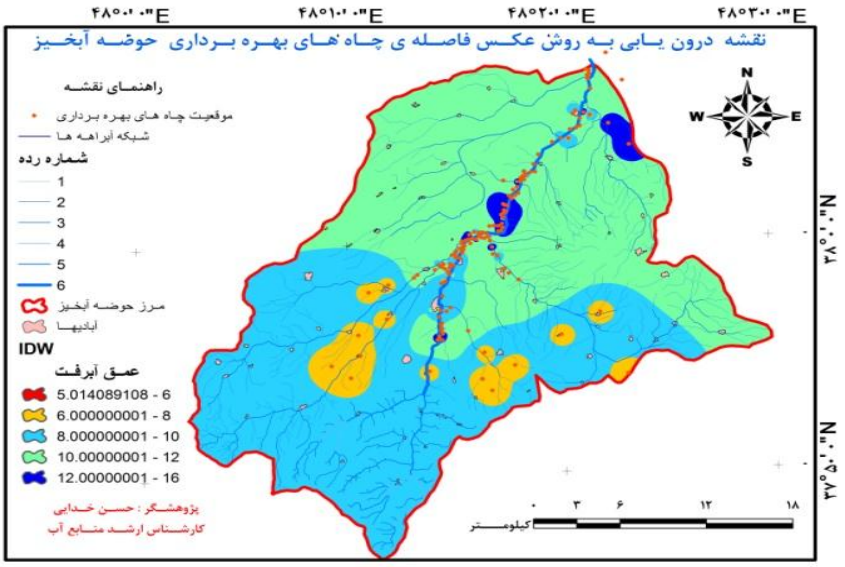

شکل ۴- نقشه ولایه‌های اصلی و اولیه تهیه شده تاثیرگذار روی موقعیت مکانی سدهای زیرزمینی حوضه آبخیز قوری چای اردبیل
Figure 4. Map of the main and primary layers prepared, affecting the location of the underground dams of Ardabil Ghori-chai watershed

تمام لایه‌هایی که در این مرحله در تلفیق و هم‌پوشانی مدنظر بایست به صورت لایه‌های رستری تهیه یا تبدیل شده باشند که پس از تهیه لایه‌های رقومی (وکتوری) تبدیل به لایه‌های تصویری (رستری) شوند و همچنین در پنج کلاس به تعداد درایه‌های فرد ماتریس تابع کویین تنظیم گردند تا در هم‌پوشانی لایه‌ها، مقایسه درستی براساس تحلیل آماری بین لایه‌ها صورت پذیرد. در ضمن در این پژوهش همان‌طور که پیشتر نیز گفته شد وزن تمام پارامترها به جهت پرهیز از خطای کارشناسی و نظرات متفاوت ممکن بین متخصصین، یکسان منظور گردیده و تفاوت تنها در ضرایب وزنی داخل کلاس‌های مختلف پارامترهای تاثیرگذار در تعیین موقعیت مکانی سدهای زیرزمینی در محدوده حوضه مورد پژوهش بود برای اینکه لایه‌های تهیه شده در مراحل مکان‌یابی در سیستم اطلاعات جغرافیایی قابل پردازش باشد و بتوانند در هم‌پوشانی‌های مختلف قرار گیرند، بایست کنترل و پایش شوند تا لایه‌ها شامل توپولوژی و اطلاعات توصیفی صحیح بوده و از نظر نقطه، خط و پلیگون که سه عنصر اصلی لایه‌های تهیه شده است در مراحل سنتز و وزن‌دهی و کلاس‌بندی دچار خطای نرم‌افزاری نشده و هم‌پوشانی لایه‌ها قابل انجام باشند.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.2.6 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.11.21.292 ]




شکل ۵- نقشه و لایه‌های ثانویه تهیه شده تاثیرگذار روی موقعیت مکانی سدهای زیرزمینی حوضه آبخیز قوری چای اردبیل
Figure 5. Map and secondary layers prepared, affecting the location of underground dams in Ardabil Ghori-chai watershed




ادامه شکل ۵- نقشه و لایه‌های ثانویه تهیه شده تاثیرگذار روی موقعیت مکانی سدهای زیرزمینی حوضه آبخیز قوری چای اردبیل
Continuation of Figure 5. Map and secondary layers prepared, affecting the location of underground dams in Ardabil Ghori-chai watershed

همپوشانی که در این پژوهش استفاده گردیده است در این مرحله از نوع اشتراکی و ریاضی بود؛ دستوراتی که در پنجره Raster calculator در محیط نرم‌افزار وارد گردید امکان این همپوشانی را پس از تعیین لایه‌های نهایی و انتخاب آن در پنجره ذکر شده فراهم نمود. لازم به ذکر است که چهار نکته اساسی بایست در این همپوشانی رعایت گردد:

۱- تمام لایه‌های نهایی تهیه شده قبل از همپوشانی از نوع لایه رستری باشند.

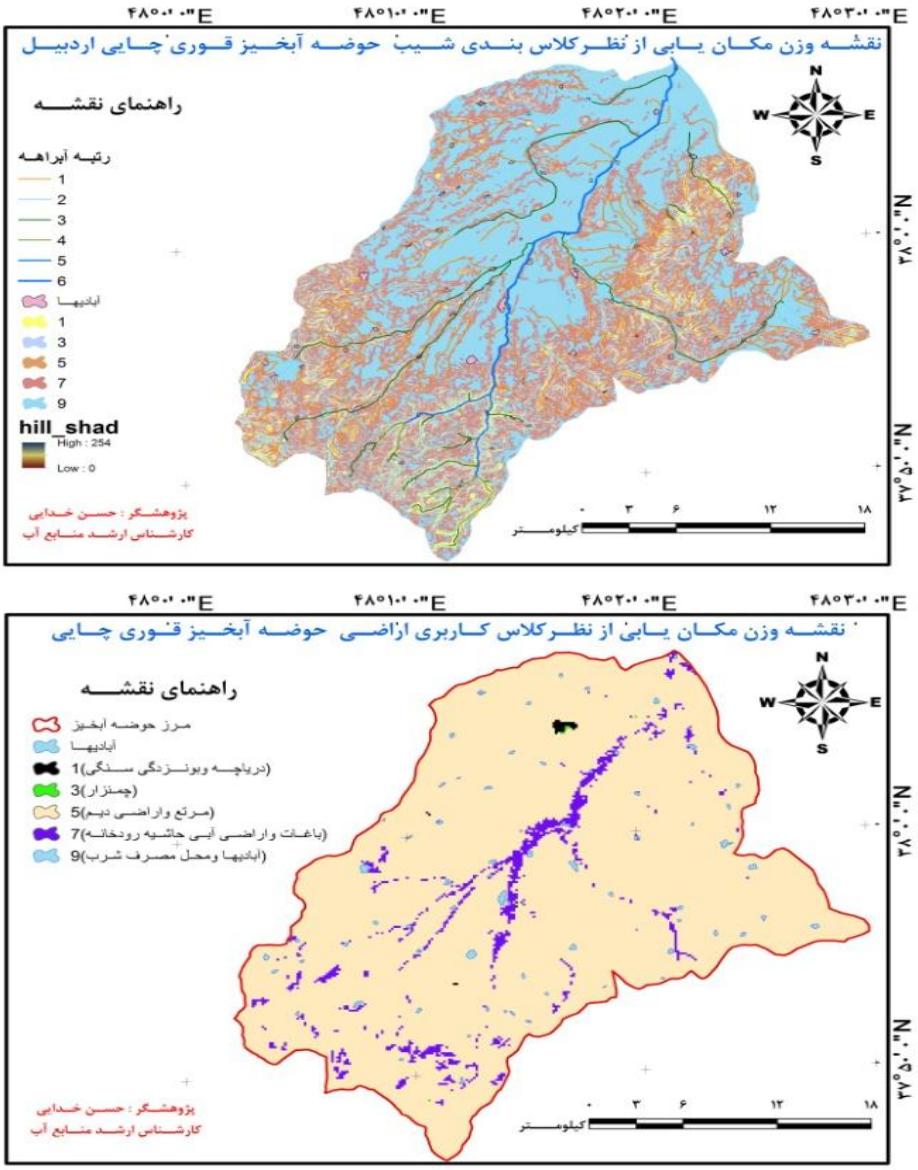
۲- اندازه سلولی لایه‌ها در هنگام تبدیل لایه‌های وکتوری و پلیگونی به رستری یکسان و در صورت امکان با بزرگنمایی کوچک انتخاب گردد (pixel اندازه‌ها با کمیت یکسان و عدد۱۰ منظور گردید).

تمام پارامترهای دخیل در همپوشانی و سنتز نسبت به هم مستقل منظور گردیده است و در ماتریس وزنی ضرایب کلاس‌های مختلف منظور شده در هر پارامتر و لایه لحاظ گردیده است.

برای ایجاد حداکثر شباهت درون لایه‌ای و حداکثر تفاوت بین لایه‌ای در مرحله تلفیق و تعیین بهترین تعداد کلاس‌های اولویت نقشه نهایی از کلاس‌بندی بر اساس انحراف معیار محاسبه شده و کرانه‌های پایین و بالای نمره واحدهای همگن در محدوده حوضه آبخیز بدست آمد. کلاس‌های بالاتر از نظر جمع جبری بهترین اولویت وکلاس‌های پایین تر اولویت‌های کمتر را شامل شد و در نقشه نهایی با اولویت‌های ده گانه ذکر شده ارایه گردیده است لایه شیب که از لایه مدل رقومی ارتفاع حوضه آبخیز مورد پژوهش (DEM) تهیه

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.2.6 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.11.21.292 ]

گردیده است و در مرحله کلاس‌بندی شیب نیز از روش متداول FAO در شش کلاس شیب، (۰–۵ درصد)، (۵ –۱۰ درصد)، (۱۰– ۱۵ درصد)، (۱۵– ۲۵ درصد )، (۲۵–۴۵ درصد) و بالاتر از ۴۵ درصد کلاس‌بندی شده است. متناسب معادله کویین و ماتریس وزنی مورد استفاده در این پژوهش برای کلاس‌های شیب پایین‌تر وزن بالاتر و برای کلاس شیب‌های بالاتر وزن کمتر منظور گردیده است. برای کلاس (۰– ۵ درصد) وزن و رتبه ۹ برای کلاس (۵–۱۰ درصد) وزن ۷ و به‌ترتیب برای کلاس‌های بعدی رتبه ۵ و ۳ و برای کلاس‌های شیب بالاتر از ۲۵ درصد، وزن یک منظور شده است.

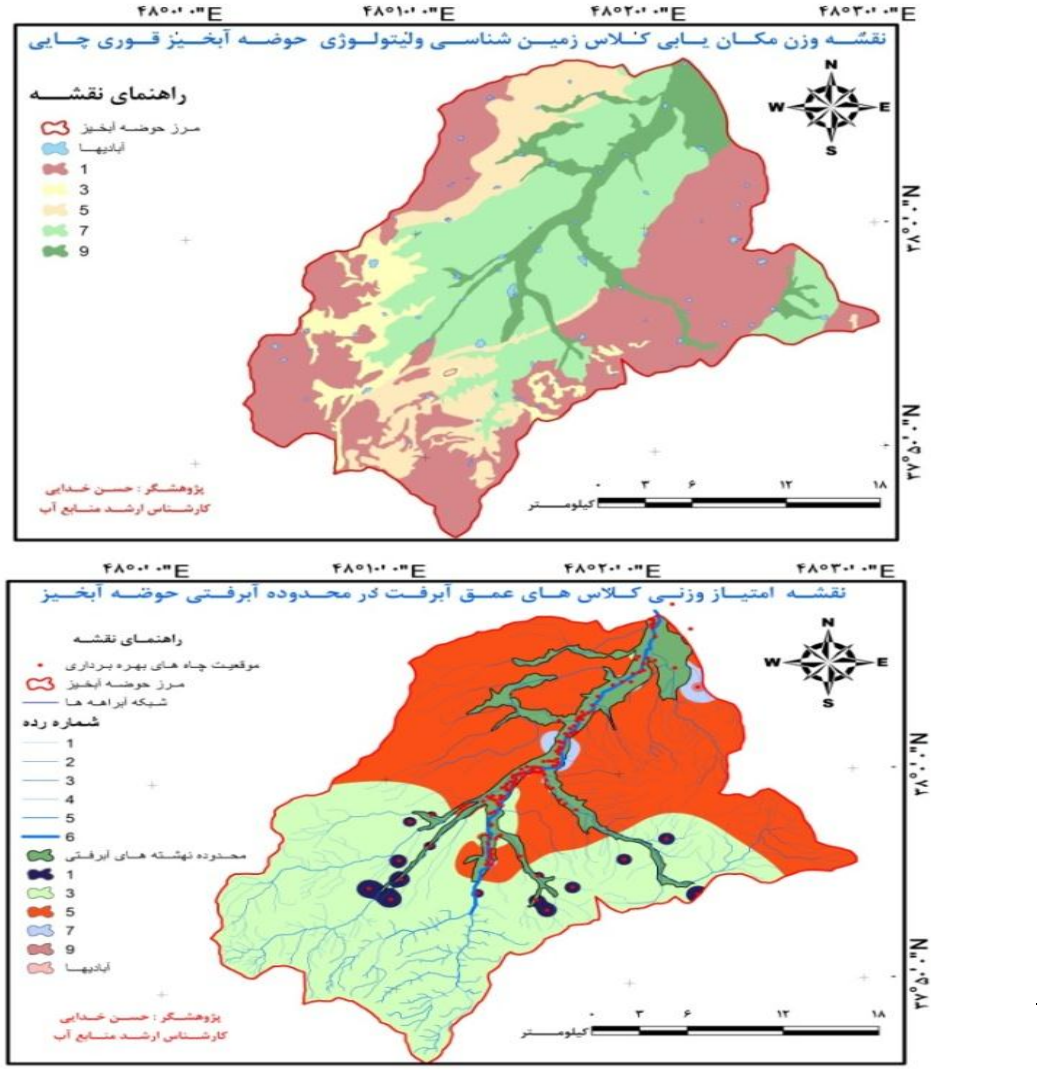



شکل ۶– نقشه ماتریس وزنی کلاس‌های شیب و کاربری اراضی حوضه آبخیز قوری چای اردبیل
Figure 6. Weight matrix map of slope and land use classes of Ardabil Ghori-chai watershed

لایه و نقشه کاربری اراضی براساس روش شیءگرا تهیه گردیده و مشتمل بر هشت کلاس مختلف کاربری اراضی در داخل محدوده مورد مطالعه می‌باشد. در ماتریس وزنی این لایه، وزن ۹ به کاربری مسکونی از جمله مناطق مسکونی حاشیه رودخانه فصلی، وزن ۷ به کاربری باغی و آبی به‌علت مسیر کوتاه از منبع ذخیره آب در سدهای زیرزمینی و اهمیت بالاتر آن نسبت به اراضی دیم روستاییان، و وزن ۵ به اراضی دیم و مرتعی و وزن ۳ به اراضی محدود چمن‌زار داده شده و سایر کاربری‌ها که محل‌های مناسبی برای احداث سد زیرزمینی نیستند، وزن یک را شامل می‌گردند. چنانچه در نقشه اولویت وزنی زمین‌شناسی حوضه متناسب جدول ۱ مشاهده می‌گردد محدوده نهشته‌های آبرفتی پیرامون رودخانه اصلی به‌دلیل نفوذپذیری بالا و تخلخل مواد تشکیل‌دهنده کوارترنری آن اولویت اول از نظر زمین‌شناسی برای احداث

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.2.6 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.11.21.292 ]

سد زیرزمینی است وحفر چاه‌های بهره‌برداری به تعدا ۱۳۰ حلقه در داخل این آبرفت نیز موید عملی این مهم می‌باشد. کلاس‌بندی عمق آبرفت در محیط GIS از لایه اولیه درون‌یابی شده اطلاعات عمق چاه‌های بهره‌برداری و پس از اجرای دستور طبقه‌بندی مجدد و کلاس‌بندی عمق آبرفت با درایه‌های تابع کویین و همچنین، تبدیل لایه اولیه رستری به لایه پلیگونی و اجرای دستور Dissolve برای ادغام لایه‌های مشابه از نظر وزن‌دهی در محدوده درون‌یابی شده، لایه چهارم برای مکان‌یابی و مرحله سنتز و تلفیق لایه‌ها حاصل می‌گردد.




شکل ۷- نقشه‌های ماتریس وزنی کلاس‌های زمین‌شناسی و عمق آبرفت حوضه آبخیز قوری چای اردبیل
Figure 7. Weighted matrix maps of geology classes and depth of alluvial watershed of Ardabil gori-chai watershed

جدول ۲- امتیازبندی لیتولوژی وزمین‌شناسی محدوده‌های مختلف حوضه آبخیز بر اساس تابع کویین
Table 2. Lithology and Mineralogy Scoring of different watersheds based on Quinn function

| سنگ‌شناسی (لیتولوژی) و زمین‌شناسی محدوده‌های مختلف حوضه آبخیز | اولویت وزنی |
|---|---|
| Ep2-Eba-OMS-Ev-Gb-Mdt-Nga2-NGrd (گدازه‌ها و گنبدهای آتشفشانی، آندزیت و بازالت) | 1 |
| Mpt-NGt2 (سیل داسیتی، توف و لاپیلی توف و آهک آب شیرین) | 3 |
| Ng1-NGm3-Oc- Evc(کنگلومرای روشن، توف و مارن، آهک‌های نازک لایه،کنگلومرای آتشفشانی) | 5 |
| NGc3-NGms -Qal (آبرفت عهد حاضر، کنگلومرا، ماسه سنگ و مارن) | 7 |
| Qt2 (نهشته‌های آبرفتی جوان- کوارترنر) | 9 |

لایه ثانویه عمق آبرفت در محدوده نهشته‌های آبرفتی آبراهه اصلی به‌علت هماهنگی با لایه‌های دیگر برای کلاس‌های ارتفاعی (عمقی) ۶-۴ متر، ۶- ۸ متر، ۸-۱۰ متر، ۱۰-۱۲ متر، ۱۶-۱۲ متر به‌ترتیب درایه‌های ۹، ۱، ۳، ۵، ۷ را

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.2.6 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.11.21.292 ]

از کوچک به بزرگ به خود اختصاص دادند. هرچه عمق آبرفت بیشتر باشد حجم ذخیره محتمل آن پس از احداث سد زیرزمینی بیشتر خواهد بود و بنابراین، وزن بیشتری را به خود اختصاص خواهد داد. پس، در نهشته‌های آبرفتی عمیق‌تر که عموما مناطق پایین دست و محل تلاقی آبراهه‌ها و سرشاخه‌های اصلی در محور رودخانه اصلی را شامل می‌گردند احداث سد زیرزمینی اولویت بیشتری خواهد داشت و به همین دلیل، درایه‌های بالاتر برای عمق آبرفت بیشتر لحاظ می‌گردد. موارد ذیل به‌عنوان نتایج بحث بیان می‌گردد.

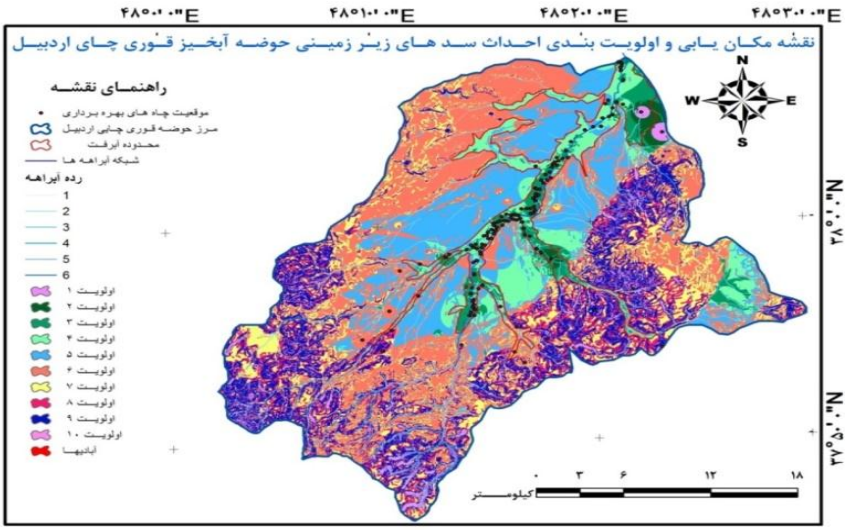
الف – با توجه به بررسی اولویت‌های اول لایه خروجی که از تلفیق نقشه‌های تهیه شده و کلاس‌بندی انجام شده در لایه‌هایی که هرکدام پارامترهای مهمی را در تعیین محل احداث سدهای زیرزمینی نمایندگی می‌کنند؛ تجمیع سلول‌های دارای اولویت‌های نخست در محدوده آبرفت رودخانه اصلی، آنگونه که انتظار هم می‌رفت بهترین محل استقرار سدهای زیرزمینی در مقاطع عرضی رودخانه فصلی حوضه است.

ب– از بین پارامترهای مختلف موثر در انتخاب محل احداث سدها و با بررسی و انتخاب یا عدم انتخاب لایه‌های تهیه شده به‌عنوان نماینده پارامترها در تلفیق و سنتز لایه‌ها در دستور Raster calculator محیط GIS و اجراهای مختلف نرم‌افزاری، دو پارامتر شیب و لایه زمین‌شناسی حوضه بیشترین تاثیر را در اولویت‌های اول بدست آمده در این پژوهش به خود اختصاص داده‌اند.

ج – محور اصلی رودخانه اصلی خصوصا در مقاطع پس از تلاقی سرشاخه‌ها از اولویت‌های نخست اجرایی برای احداث سازه‌های زیرزمینی مد نظر خواهند بود و مقاطع نقشه‌برداری شده که با مقیاس مناسب در آبراهه اصلی که توسط دستگاه متولی و ذیربط (شرکت آب منطقه‌ای استان) انجام شده است می‌تواند در تعیین مقاطع عرضی مناسب‌تر برای کاهش هزینه اجرایی احداث سدهای زیرزمینی موثر واقع گردد. احداث سدهای زیرزمینی خصوصا به‌صورت پله‌کانی در طول مسیر چند کیلومتری رودخانه اصلی، با توجه به نقشه تلفیق به دست آمده و فاصله مناسب مقاطع عرضی می‌تواند حجم استحصال آب زیرزمینی قابل توجهی را از آب‌های زیر قشری در فصولی از سال که نیاز به آب کمتر است، موجب شود و با توجه به نیاز ضروری بهره‌برداران داخل حوضه و مشکلات موجود ناشی از عدم امکان برداشت مناسب منابع آبی سطحی در مواقع سیلابی ناشی از ذوب سریع برف ماه‌های فصل اول سال مثمر ثمر واقع گردد.

د– با احداث سدهای زیرزمینی با اولویت‌های تعیین شده در این پژوهش می‌توان مدیریت جامع منابع آبی را در این حوضه آبخیز تعریف و برنامه‌ریزی مجدد نمود و کمبود منابع آبی این حوضه را خصوصا در سال‌های اخیر که به‌عنوان دغدغه‌ای مهم در بهره‌برداری منابع آبی موجود از جمله در بهره‌برداری سد بزرگ قوری چای رخ نموده است، جبران کرد. کاهش میزان تبخیر با رویکرد جدید استحصال آب در این حوضه با توسعه احداث سدهای زیرزمینی و جایگزینی آن با استحصال به‌صورت سطحی دست یافتنی و مقرون به‌صرفه و اقتصادی‌تر خواهد بود.

و – با توجه به وجود جنس زمین‌شناسی مناسب در اطراف رودخانه اصلی و پس از بررسی دقیق‌تر در فازهای اجرایی پروژه می‌توان در محدوده‌هایی که از نظر شیب مناسب‌تر هستند و نفوذپذیری قابل قبولی نیز داشته باشند، عرصه‌هایی را نیز برای امکان تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب‌های محتمل از آبراهه و سرشاخه‌های فرعی بالادست رودخانه اصلی، برای تقویت و توسعه منابع آبی پشت سدهای زیرزمینی احداثی و تقویت آبدهی چاه‌های بهره‌برداری موجود به‌عنوان پروژه‌های اجرایی مکمل استفاده نمود.




شکل ۸– نقشه مکان‌یابی نهایی پارامترهای موثر در احداث سد زیرزمینی درحوضه آبخیز قوری چای اردبیل

Figure 8. Map of the final location of the effective parameters in the construction of the underground dam in Ardabil Ghori-chai watershed

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.2.6 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.11.21.292 ]

## منابع


1. Archwichai, L., K. Mantapan and K. Srisuk. 2005. Approachability of subsurface dams in the Northeast Thailand. International Conference on Geology. Geotechnology and Mineral of Indochina, 28-30.
2. Chezgi, J., A. Talebi and M. Mohammadi. 2013. Suitable site selection to sandy dam's construction with exclusionary criteria method in torogh region. 9th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran.
3. Eskandari, M., S.M. Soleimanpour, H. Moghim and A. Khalili. 2012. Underground dams, effective method in water resources management and coping with water shortage. 5th National Conference on water Resources Management. Shahid Beheshti University. Iran.
4. FazelNia, G., S.Y. Hakimdoost and Y. Baliani. 2014. Comprehensive Guide to GIS, Applied Models in Urban & Rural and Environmental Planning, Azad Pima Publications, Volume One.
5. Foster, S., G. Azevedo and A. Bal Tar. 2002. "Subsurface Dams to Augment Groundwater Storage in Basement Terrain for Human Subsistence-Brazilian Experience".World bank, GWMA TE Case Profile Collection, 5: 5.
6. Haji Azizi, S.H., M.M. Khirkhahe Zarkesh and E. Sharif. 2011. Suitable site selection for groundwater dams construction using spatial and non-spatial analytical hierarchy process (Case study: Taft's pishkuh catchments, Yazd province). Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resources summer 2011, 2(2): 27-37.
7. Hoseini Azimi, M., M.H. Nazarifar and R. Momeni. 2013. Application of GIS in site selection, Mehreganeghalam Press, 304 pp.
8. Khalafi, J. and M.R. Asghari Moghaddam. 2010. Geomorphology surveying application for suitable site selection of underground dams construction. First National Conference on Iranian Water Resources applied research. Kermanshah University of Technology.
9. Khodaei, H. 2015. Site selection of underground dam construction based on GIS/RS. Case study: Ghorichai watershed, Ardabil , Master's student, Water Resources, University of Tabriz, Iran, 98 p
10. Sanjari, S. 2014. A Practical Guide of GIS 9.2, Abed Publications, sixth edition.
11. Talei, A. and F. Naseri. 2012. Underground water finding using GIS & RS Methods. Case Study: Estahban, Fars. 5th Conference of Watershed Management and Soil and Water Resources management. Kerman, Iran.
12. Swiss, Re. 2007. A practical guide to sand dam implementation, water supply through local structures as adaptation to climate change. Journal of Rainwater Harvesting Implementation Network, 112 pp.
13. Nilsson, A. 1988: Groundwater Dams for Small-scale Water Supply. Intermediate Technology Publications Ltd., London, 91 pp.


[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]

[ DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.2.6 ]

[ DOI: 10.52547/jwmr.11.21.292 ]

**"Technical Report"**

# Suitable Site Selection for Sub Surface Dams Construction Using GIS/RS (Case Study: Ghori Chai River Watershed)

**Hassan khodaei[1], Mohammad Ali Ghorbani[2], Esmaeil Asadi[3] and Rohollah Dabir[4]**

1- Graduated M.Sc. Student, of Master of Water Resources, University of Tabriz
(Corresponding author: hassan.khodaiy@gmail.com)
2 and 3- Associate Professor and Assistant Professor, University of Tabriz
4- Graduated M.Sc. Student, Watershed, University of Orumea
Received: March 17, 2016 Accepted: June 1, 2016

**Abstract**

Construction of underground dams as a new task in water resources management especially in arid and semi-arid regions of our country has received considerable attention recently. Outlet of large basins may be suitable places for constructing of underground dams according to appropriate topography and slope characteristics. However finding of suitable locations for constructing the underground dams in large areas is another important task in order to improve management of water resources. Here, the Ghori Chai basin, which is one of the large basins in Ardabil province was selected as a case study In this research, after introducing different methods for weighting and prioritizing effective factors in finding suitable locations for construction of underground dams, a new weighting method namely, weighting matrix that is based on statistics analysis and Queen function was applied along with the remote sensing (RS) methods and geographic information systems (GIS). The weighting matrix method is based on statistical analysis and equal weighting for all the factors in the study area, by preparing layers of slope, land use, geology, imaging layers of alluvium depth and water table level using the inverse distance interpolation method, and then incorporating the generated layers, the final layer is obtained. This layer provides the appropriate prioritization and location of underground dams at the level of 79,260 hectares of the basin by combining layers that are prepared independently and with the same weight and in the form of homogeneous units. The standard classification method has been used for prioritization.

**Keywords:** Underground Dams, RS, GIS, Weighting Method Ghori Chai, Queen Function

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.2.6 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.11.21.292 ]