پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۱۰، شماره ۱۹، بهار و تابستان ۱۳۹۸، از صفحه ۵۵ تا ۶۵

انتخاب مناسب‌ترین موقعیت برای احداث سد با روش TOPSIS (منطقه مورد مطالعه: سد گیوی، استان اردبیل)

علیرضا میکائیلی تبریزی*[۱]، عبدالرسول سلمان ماهینی[۲]، مبین کاظمی‌نیا[۳]

۱ دانشیار گروه محیط زیست. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۲ استاد گروه محیط زیست. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۳ کارشناسی ارشد- گروه محیط زیست. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۳؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۴/۱۰)

چکیده

یکی از بخش‌های اصلی در مطالعه‌های مرحله شناخت پروژه‌های سدسازی، تعیین موقعیت مناسب برای احداث سد[(۱)] در مسیر رودخانه موردنظر است. موقعیت یک سد در درجه اول به انتخاب صحیح ساختگاه آن سد بستگی دارد. در انتخاب محل ساختگاه یک سد لازم است که در مرحله اول دو شاخص اصلی «تامین پایداری بدنه و مخزن» و «آب‌بندی محدوده احداث سد» بررسی شوند. در مرحله بعد، نقاط واجد شرایط از لحاظ دیگر عوامل موثر در انتخاب ساختگاه سد که شامل «ساختارهای زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی» و «شرایط اقتصادی- اجتماعی» هستند بررسی می‌شوند. هدف از انجام این مطالعه پاسخ به این سوال‌هایی است که آیا محل کنونی انتخاب شده برای سد گیوی از لحاظ پارامترهای موثر انتخاب محل سد، بهترین مکان در مسیر رودخانه گیوی چای هست یا خیر؟ و اگر نقاط مناسب‌تری نسبت به محل کنونی بر روی رودخانه برای احداث سد وجود دارد، نقاط ضعف محل کنونی نسبت به نقاط پیشنهادی چیست؟ و آیا با شناخت نقاط ضعف، راه‌کارهایی برای تقویت این نقاط ضعف وجود دارد؟ در این مطالعه که در منطقه‌ای بین شهرستان‌های خلخال و گیوی در استان اردبیل صورت گرفت، براساس اطلاعات به دست آمده از بررسی پارامترهای ذکر شده، دو نقطه به عنوان مناسب‌ترین مکان‌ها پیشنهاد شدند و پس از مقایسه این دو نقطه با محل کنونی سد با روش TOPSIS و انجام حساسیت‌سنجی، مشخص شد نقطه پیشنهادی اول (A) دارای بیشترین توان است. در انتها نقاط ضعف در انتخاب محل کنونی سد گیوی نسبت به دو نقطه پیشنهادی برشمرده و راه‌کارهایی برای تقویت این نقاط ضعف پیشنهاد شد.

کلید واژه‌ها: ساختگاه سد، ساختارهای زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی، شهرستان گیوی، سد گیوی، رودخانه گیوی چای

* نویسنده مسئول : Email: amikaeili@gau.ac.ir

سرآغاز

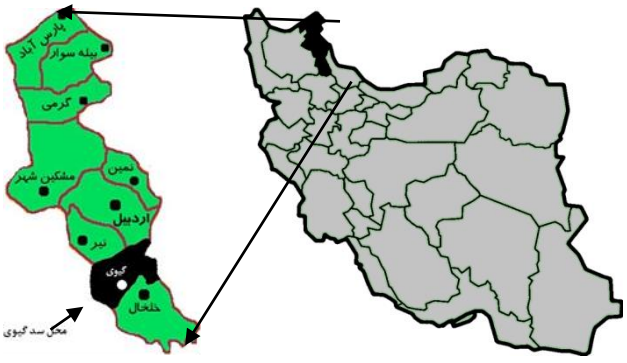
پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که در سال ۲۰۲۵ از ۸/۵ میلیارد نفر جمعیت انسانی در کره زمین خواهند بود، ۵ میلیارد آن در شهرها متمرکز خواهند شد که از این ۵ میلیارد، ۳ میلیارد نفر از کمبود آب رنج خواهند برد (Petts & Gurnell, 2005). در برخی مناطق کشور با وجود رودخانه‌های فصلی کوچک و متوسط که میزان آب‌دهی نسبتا خوبی در اوایل فصل بهار دارند، به علت عدم کنترل رواناب آن‌ها که بیشتر به صورت سیل هستند، مشکل کم آبی وجود دارد (Sadeghpoor, 2004). همچنین در بیشتر نقاط ایران به دلیل بارندگی کم و توزیع زمانی نامناسب، مدیریت آب‌های سطحی از اهمیت خاصی برخوردار است. راه‌کارهای مقابله با کم آبی در دو راهبرد مدیریت صحیح منابع آب و استحصال از منابع جدید آب خلاصه می‌شود و در کشور ما به دلایل جغرافیایی و اقلیمی، بهبود مدیریت منابع آبی موجود، نتایج بهتر و سریع‌تری خواهد داشت. بنابراین، می‌توان با احداث سد در مسیر آب‌های جاری به مدیریت این آب‌ها پرداخت (Kheirkhah Zarkesh et.al., 2008). مطالعه تاریخ زندگی بشر نیز از گذشته تا به امروز نشان دهنده اهمیت تسلط بر منابع آب برای او با ساخت سازه‌های مختلف آبی بوده است. البته آگاهی از پیچیدگی‌ها و فرآیندهای اکولوژیک، نقش به سزایی در شناسایی ارزش و اهمیت رودخانه‌ها ایفا می‌کند. یکی از موارد مهم و مورد نیاز در بررسی اکولوژیک رودخانه، مطالعه ساختار فیزیکی است تا موقعیت توپوگرافیک و طبیعی رودخانه مشخص شود و در نهایت روابط میان عوامل زیستی و غیرزیستی آن که تنوع‌زیستی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، مشخص شوند (Mikaeili et.al., 2005). این سازه‌ها برای اولین بار در ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد بر روی رودخانه‌ها ساخته شدند (Butler and Malanson, 2005). در کنار تامین آب و تولید انرژی الکتریکی و برق، آب ذخیره شده در پشت یک سد در واقع می‌تواند بخشی از امکانات مربوط به ورزش‌های آبی باشد. به این ترتیب می‌تواند به جاذبه‌ای برای گردشگران تبدیل شود. در برخی از کشورها از این آب برای پرورش موجودات آبزی مانند ماهی‌ها استفاده می‌شود. به این ترتیب که در برخی سدها محیط‌های خاصی برای پرورش موجودات آبزی اختصاص یافته که همیشه از نظر داشتن آب پشتیبانی می‌شوند (Atkins, 2003). از معایب سدها می‌توان به بستن مسیر مهاجرت ماهی‌ها و دیگر موجودات آبزی اشاره کرد که واقعا می‌تواند برای آن‌ها آسیب‌رسان باشند. مثالی در این باره سد مارموت در ایالات متحده بود که عملیات تخریب و حذف آن در ۲۰ اکتبر ۲۰۰۷ به پایان رسید (Robbins, 2007; Tundu etal., 2018). از طرفی نتایج نشان می‌دهد که حیات ماهی‌ها، شرایط تخم‌گذاری و مسکن طبیعی آن‌ها سطح آسیب‌پذیری بالایی نسبت به جریان خروجی به خصوص جریان‌های رها شده بالاتر از ۱۰ متر در رودخانه نشان داده است (Naghibi et al., 2011). عموما رودخانه‌ها همانند رگ‌ها و شریان‌های حیاتی بدن هستند که احداث سدها بر روی آن‌ها به عملکرد شریانی آن‌ها خلل وارد می‌کند. بنابراین، در عین حال باید سعی در بازسازی و بهسازی طبیعتی که محیط اطراف زندگی ما را تشکیل می‌دهد و نقش حیاتی در زندگی موجودات زنده از جمله انسان ایفا می‌کند، نمود (Mikaeili and Dezyani, 2017).

سدسازی از جمله طرح‌های مهندسی متمرکز به شمار می‌آید که در ارتباط مستقیم با زمین ساخته می‌شوند. مطالعه‌های زمین‌شناسی مهندسی در تمامی مراحل اجرای یک طرح سدسازی موثر هستند. ناکامی و گسیختگی بیش از یک سوم از سدها در سطح جهان نتیجه ضعف مطالعه‌های زمین‌شناسی مهندسی محل اجرای آن‌ها بوده است که دلیل روشنی بر اهمیت دیدگاه‌های مهندسی زمین‌شناسی در اجرای موفق طرح‌های سدسازی می‌باشد. (Kumi-Boateng et al., 2016) با ارزیابی چند معیاری در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به تعیین مکان سد کشاورزی در غنا پرداختند و نشان دادند که از کل ۳/۶۹ درصد مناسب در منطقه مطالعاتی، تنها ۰/۴۵ درصد بهترین نقطه خواهند بود. (Rahim Elhag & Hamed Eljack, 2016) در سال ۲۰۱۶ به بررسی نقش مکان سد در کمینه‌سازی اثر سیل پرداختند و برای این کار از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور استفاده نمودند. مطالعه‌ای مشابه توسط Abushandi و Alatawi برای منطقه تبوک عربستان سعودی در سال ۲۰۱۵ صورت گرفت و در آن به تحلیل‌ها و جنبه‌های محیط‌زیستی احداث سد توجه شد. (Lalhmingliana, 2016 & Saha) به بررسی جامع عوامل موثر در انتخاب سد پرداختند و بیان نمودند که با دخالت دادن معیارهای مختلف بوم شناختی، اقتصادی و اجتماعی، مکان‌یابی سد پایدارتر خواهد بود. (Dai, 2016) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به ارایه یک روش جامع تصمیم گیری در خصوص محل سد در شمال‌غربی چین

پرداخت. این مطالعه‌ها نیز نشان‌دهنده به روز بودن موضوع بررسی مکان سد و عوامل موثر بر انتخاب آن است. هرچند در پروژه‌های سدسازی پایه تمام محاسبه‌ها بر تضمین موفقیت اجرای سد قرار دارد اما تعدادی از سدها با مشکلاتی در زمان اجرا و بهره‌برداری مواجه می‌شوند. در ایران نیز عدم موفقیت برخی از سدها کاملا مشهود است که بارزترین آن‌ها سد لار (واقع در شمال‌شرق تهران) است که روزانه در حدود یک میلیون مترمکعب فرار آب از آن وجود دارد. سدهای دیگر کشور از جمله سد لتیان، ۱۵ خرداد، مارون، جیرفت و سفیدرود نیز با مشکلاتی مواجه هستند که مهمترین آن‌ها فرار آب و یا پر شدن مخزن به وسیله رسوبات است (Tahmasebi Nejad, 2009). جبران[۲] یا برگشت دادن کارکردها یا ارزش‌های از بین رفته، هم در محل و هم خارج آن قابل انجام است. جبران مالی اثرات منفی یک طرح نیز به شکل پیچیده‌ای، معنی‌داری اثرات را تحت تاثیر قرار می‌دهد. درجه جبران و اثر آن بر معنی‌داری اثرات زمانی مشخص می‌شود که جبران انجام شده و نتیجه آن از نظر کارکرد با صدمه‌ها و تخریب‌ها مقایسه شود (Salmanmahini, 2011). در مطالعه‌ای که توسط (Sadeghpoor, 2004)، تحت عنوان مطالعه‌های مکان‌یابی موقعیت محور، برای احداث سد بر روی رودخانه پیربالاچای مرند انجام گرفت. اولویت‌بندی ۴ ساختگاه مورد بررسی با توجه به کلیه معیارهای بررسی شده انجام شد. در یک مطالعه که توسط (Rezaian et al., 2015) با عنوان ارزیابی ریسک محیطزیستی سد پاوه‌رود زنجان در مرحله ساختمانی با استفاده از تلفیق روش‌های TOPSIS و RAM-D انجام گرفت که در نهایت تاثیر بر منطقه حفاظت شده سرخ آباد، فرسایش و کار در ارتفاع، مهم‌ترین ریسک‌های سد پاوه‌رود شناخته شدند. مطالعه‌ای دیگر تحت عنوان مقایسه دو روش تعیین وزن شاخص‌ها در تصمیم‌گیری چند شاخصه در اولویت‌بندی و انتخاب ساختگاه سد، توسط (Djavidi Sabbaghian et al., 2010) به منظور استفاده دو روش تکنیک آنتروپی و کم‌ترین مجذورات وزین شده برای تعیین وزن شاخص‌ها و کاربرد روش تصمیم‌گیری TOPSIS، برای بررسی و اولویت‌بندی گزینه‌های پیشنهادی انجام گرفت که هر دو روش وزن‌دهی، در روش TOPSIS منجر به نتایج تقریبا یک‌سانی شدند. اما تا به حال هیچ مطالعه‌ای در رابطه با مکان‌یابی ۲ موقعیت برای احداث سد و مقایسه آن‌ها با محل احداث سد اصلی، برای مشخص کردن بهترین موقعیت احداث سد روی رودخانه انجام نگرفته است که در مطالعه حاضر، این پژوهش با روش وزن‌دهی AHP و روش تصمیم‌گیری TOPSIS انجام شد و در نهایت با مقایسه پارامترهای محل سد کنونی با پارامترهای دو نقطه پیشنهادی و شناخت ضعف پارامترهای انتخابی محل سد کنونی گیوی، راه‌کارهایی برای تقویت نقاط ضعف و تخفیف اثرات احتمالی ارایه شدند.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال‌غرب ایران، در استان اردبیل و بین شهرستان‌های خلخال و گیوی در محدوده‌ای بین عرض جغرافیای ۴۰ °۳۷ تا ۴۲ °۳۷ شمالی و طول جغرافیایی ۲۰ °۴۸ تا ۲۶ °۴۸ شرقی، محدوده‌ای از حوزه آبریز رودخانه گیوی و ساختگاه سد را شامل می‌شود و ارتفاع متوسط آن ۱۳۱۵ متر برآورد شده است (شکل ۱).



شکل(۱): نقشه استان اردبیل و منطقه مطالعه‌های ی

روش

در شکل (۲) نمودار جریانی مراحل کار آورده شده است.

شکل (۲): نمودار گردش کار

چگونگی انتخاب موقعیت‌های مناسب برای احداث سد و تشریح پارامترهای مهم در این انتخاب

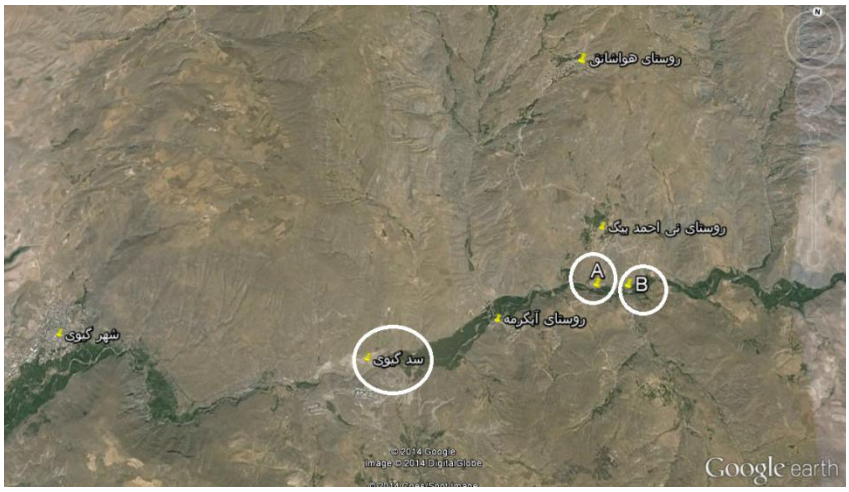
در این راستا، ناهمواری‌های سطح زمین و مورفولوژی منطقه توسط نقشه‌های توپوگرافی و نرم‌افزار گوگل ارث بررسی خواهند شد و مناطقی که یک دره تنگ به وسیله یک دره باز در سمت بالادست دنبال شده‌اند شناسایی خواهند شد که نشان‌دهنده «شرایط توپوگرافی» هستند. پس از انتخاب موقعیت‌های واجد شرایط اولیه، این موقعیت‌ها از لحاظ پارامترهای دیگر از قبیل ساختارهای زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی و شرایط اقتصادی-اجتماعی بررسی شده و پس از مقایسه، از میان این موقعیت‌ها، دو موقعیت که شرایط بهتری نسبت به سایر موقعیت‌ها برای احداث سد را دارند انتخاب خواهند شد. شکل (۳)، تصویر ماهواره‌ای منطقه است که توسط نرم‌افزار گوگل ارث تهیه شده است و در آن موقعیت شهر گیوی، سد کنونی گیوی، نقاط پیشنهادی A و B، روستای آبگرمه، روستای نی‌احمد بیگ و روستای هواشانق به نمایش در آمده‌اند.

«ساختار زمین‌شناسی» یک محل به وسیله عواملی چون امتداد و شیب لایه‌ها، ساختمان‌های چین خورده، گسل‌ها و درزه‌ها مشخص می‌شوند که اطلاعات مربوط به این بخش از روی نقشه زمین‌شناسی منطقه و به کمک کارشناسان زمین‌شناسی استخراج خواهند شد. شکل (۴)، نقشه زمین‌شناسی منطقه است که در آن موقعیت سد کنونی گیوی و دو نقطه پیشنهادی A و B به همراه گسل موجود در زیر سد کنونی گیوی به نمایش در آمده‌اند.

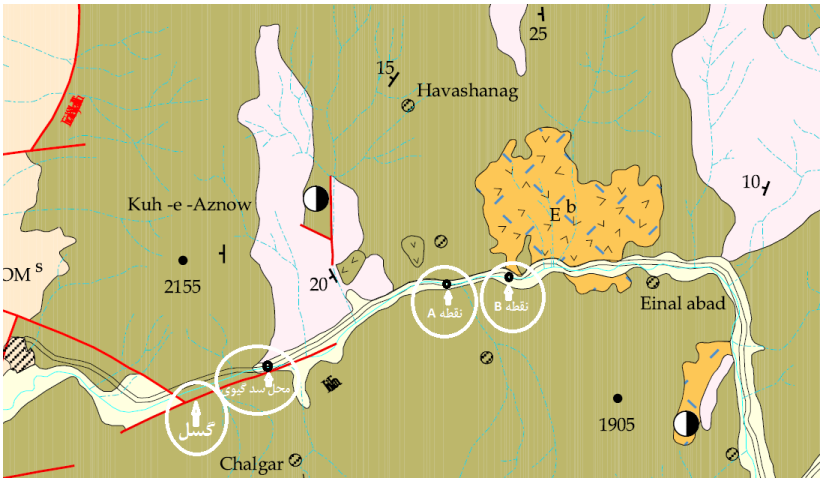
در رابطه با امتداد لایه‌ها، در محل‌هایی که لایه‌بندی سنگ مشخص باشد، بهتر است محل احداث سد در جایی انتخاب شود که محور سد موازی با امتداد لایه‌ها و یا دارای زاویه کمتری با امتداد لایه‌ها باشد و در شکل (۵)، امتداد لایه زمین‌شناسی، توسط خط شماره ۱، نشان داده شده است.

در رابطه با شیب لایه‌ها، به طورکلی بهتر است محل احداث سد در جایی انتخاب شود که جهت شیب لایه‌ها به سمت بالادست باشد. به عبارت دیگر، باید جهت شیب لایه‌ها در جهت عکس جریان آب باشد و در شکل (۵)، خط شماره ۲ شیب لایه زمین‌شناسی را نشان می‌دهد.

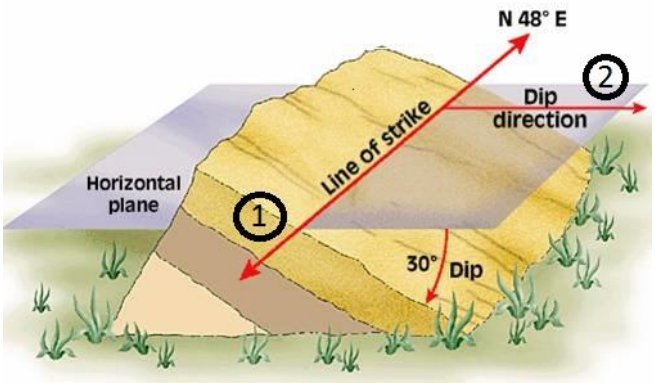
در رابطه با چین‌خوردگی‌ها، بهتر است محل احداث سد در جایی انتخاب شود که محور سد موازی با محور چین باشد و ساختمان چین‌خورده از نوع تاقدیس باشد (Tahmasebi Nejad, 2009). در شکل (۶)، چین خوردگی شماره ۱ نشان‌دهنده تاقدیس[۳]، چین خورگی شماره ۲ نشان‌دهنده ناودیس[۴] و محور شماره ۳ نشان‌دهنده محور چین‌خوردگی است.



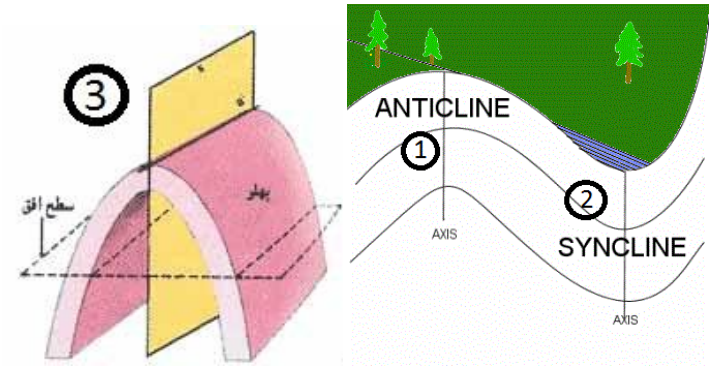
شکل (۳): تصویر ماهواره‌ای منطقه



شکل (۴): نقشه زمین‌شناسی منطقه (http://www.gsi.ir)



شکل(۵): امتداد و شیب لایه زمین‌شناسی (http://www.vojoudi.com)



شکل (۶): تاقدیس، ناودیس و محور چین خوردگی
(http://www.tectonic-karmanya.blogfa.com & http://parsazamin.persianblog.ir)

در رابطه با گسل‌ها و درزه‌ها، محل احداث سدها باید به دور از گسل‌ها و درزه‌ها باشند و تصویر مربوط به گسل‌ها را می‌توان در شکل (۴) مشاهده کرد.

در رابطه با سنگ‌شناسی، نوع سنگ بستر، مقاومت سد را نسبت به لغزش، فرسایش، نفوذپذیری و مانند آن مشخص می‌کند. اطلاعات سنگ‌شناسی منطقه از روی نقشه زمین‌شناسی، نظر کارشناسان متخصص سنگ‌شناسی و همچنین کتب مرتبط با سنگ‌شناسی استخراج خواهند شد.

«شرایط اقتصادی و اجتماعی» منطقه به وسیله عواملی همچون وضعیت جاده دسترسی، طول مسیر انتقال تا محل مصرف و خسارت‌های نسبی مخزن سد مشخص می‌شود که ویژگی‌ها و نحوه استخراج داده‌ها در ادامه مطلب توضیح داده شده است.

در رابطه با وضعیت جاده دسترسی، دسترسی به ساختگاه‌ها با توجه به وضعیت راه موجود تا نزدیکی محور سد و نیاز به راه‌گشایی و احداث راه جدید باید مورد بررسی قرار گیرد و این اطلاعات در مطالعه حاضر با حضور در منطقه و انجام بررسی‌های میدانی و همچنین استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث به دست خواهند آمد.

در رابطه با طول مسیر انتقال تا محل مصرف، با حضور در محل و انجام مطالعه‌های میدانی و همچنین شناخت اراضی مصرف‌کننده، اطلاعات اولیه به دست خواهند آمد و به این دلیل که اکثر اراضی در پایین‌دست شهر گیوی قرار دارند، شهر گیوی به عنوان ملاک قرار داده خواهد شد و فاصله خطی نقاط مستعد احداث سد نسبت به شهر گیوی با استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث به دست خواهد آمد.

در رابطه با خسارت‌های نسبی مخزن، با حضور در محل و بررسی‌های میدانی و همچنین با استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث موقعیت روستاها، اراضی و باغ‌ها، راه‌های ارتباطی روستاها و راه‌های ارتباطی اصلی که مستعد آسیب هستند شناخته خواهند شد.

چگونگی اجرای روش TOPSIS و حساسیت سنجی برای مقایسه نقاط پیشنهادی و تعیین میزان تاثیر وزن فاکتورها بر روی نتایج مقایسه

وزن پارامترهای موثر در انتخاب موقعیت‌های مستعد سدسازی، از طریق ارایه پرسش‌نامه به کارشناسان عمرانی پروژه سد گیوی و اولویت‌بندی پارامترها توسط آن‌ها و وزن‌دهی با روش AHP به دست خواهند آمد. سپس، هر پارامتر بر اساس تناسب برای احداث سد در هر نقطه، در حالت مقایسه‌ای بین نقاط، از یک (کمترین تناسب) تا ۳ (بیشترین تناسب)، امتیازبندی خواهند شد. در ادامه، با روش TOPSIS امتیاز هر نقطه بر اساس فاصله آن‌ها با راه حل ایده‌آل و راه حل غیر ایده‌آل برای احداث سد به دست خواهد آمد و در نهایت برای اطمینان از صحت نتیجه و این که آیا نتیجه به دست آمده تحت تاثیر نظر شخصی قرار گرفته است یا نه، بر روی نتایج به دست آمده، حساسیت‌سنجی انجام خواهد گرفت که طی این کار، TOPSIS با شانزده بار تکرار و وزن‌های مختلف به انجام خواهد رسید. در نهایت پس از شناخت نقاط ضعف سد گیوی، راه‌کارهایی برای جبران خسارت‌ها پیشنهاد خواهند شد.

نتایج

بعد از بررسی‌ها، دو نقطه پیشنهادی A با عرض جغرافیایی ۴۲ ۳۷° شمالی و طول جغرافیایی ۲۵ ۴۸° شرقی و B با عرض جغرافیایی ۴۲ ۳۷° شمالی و طول جغرافیایی ۲۶ ۴۸° شرقی که

در مقایسه با سایر نقاط دارای بهترین شرایط بودند انتخاب شدند. سپس، این دو نقطه پیشنهادی با روش TOPSIS با محل سد کنونی گیوی مقایسه و در انتها با انجام حساسیت‌سنجی، مشخص شد که نقطه پیشنهادی (A) در مقایسه با نقاط دیگر، به دور از اعمال نظر شخصی بر روی نتایج، دارای بیشترین تناسب است.

در ادامه، مقایسه پارامترهای موثر در انتخاب نقاط مستعد سدسازی، بین دو موقعیت پیشنهادی و سد گیوی در غالب جدول‌های (۱ تا ۴) آورده شده‌اند و همچنین جدول (۵) اعداد خام، جدول (۶) اعداد استاندارد شده TOPSIS، جدول (۷) نتایج به دست آمده از تکرارهای حساسیت‌سنجی و شکل (۷)، نمودار به دست آمده از نتایج حساسیت‌سنجی را نشان می‌دهند.

جدول (۱): مقایسه سه نقطه از لحاظ شرایط توپوگرافی

پارامترها	محل سد گیوی	نقطه A	نقطه B
شرایط توپوگرافی	دره‌ای با عرض ۱۰۵ متر و مخزنی با حداکثر قطر ۵۲۰ متر	دره‌ای با عرض ۸۰ متر و مخزنی با حداکثر قطر ۳۹۵ متر	دره‌ای با عرض ۱۳۶ متر و مخزنی با حداکثر قطر ۳۵۰ متر

جدول (۲): مقایسه سه نقطه از لحاظ ساختارهای زمین‌شناسی

پارامترها		محل سد گیوی	نقطه A	نقطه B
ساختارهای زمین‌شناسی	امتداد لایه‌ها	امتداد لایه موازی با محور سد است.	لایه‌بندی سنگی مشخصی وجود ندارد.	لایه‌بندی سنگی مشخصی وجود ندارد.
	شیب لایه‌ها	شیب لایه به سمت پایین دست رودخانه است.	به دلیل نبود لایه‌بندی سنگی مشخص، شیب لایه نیز وجود ندارد.	به دلیل نبود لایه‌بندی سنگی مشخص، شیب لایه نیز وجود ندارد.
	چین‌خوردگی‌ها	با توجه به مقیاس نقشه که ۱/۱۰۰,۰۰۰ است، در منطقه مطالعه‌های ی ساختمان چین خورده وجود ندارد.	با توجه به مقیاس نقشه که ۱/۱۰۰,۰۰۰ است، در منطقه مطالعه‌های ی ساختمان چین خورده وجود ندارد.	با توجه به مقیاس نقشه که ۱/۱۰۰,۰۰۰ است، در منطقه مطالعه‌های ساختمان چین خورده وجود ندارد.
	گسل‌ها و درزه‌ها	یک گسل طویل مینور به موازات رودخانه از زیر مخزن تا شهر گیوی موجود است.	هیچ گسلی موجود نیست.	هیچ گسلی موجود نیست.

سنگ‌های موجود در منطقه نیز به قرار زیراند: کنگلومرای آتشفشانی[۵] با لایه‌های ضخیم، ماسه‌سنگ آهکی[۶]، توف آتشفشانی به همراه ذرات شیل[۷]، آهک شیل‌دار[۸]، زئولیت[۹] (یک نوع کانی رسی) که حفره‌های بازالت را پر کرده است، برش[۱۰] و آندزیت بلوری[۱۱] که در جدول (۳)، سنگ‌های مربوط به هر موقعیت مشخص شده‌اند.

جدول(۳): مقایسه سه نقطه از لحاظ ساختارهای سنگ‌شناسی

پارامترها		محل سد گیوی	نقطه A	نقطه B
ساختارهای سنگ‌شناسی	سنگ‌های تشکیل‌دهنده قسمت اعظم منطقه	۱. کنگلومرای آتشفشانی با لایه‌های ضخیم ۲. ماسه سنگ ۳. توف آتشفشانی با ذرات شیل ۴. آهک شیل‌دار	۱. آندزیت بلوری	۱. آندزیت بلوری
	سنگ‌های تشکیل‌دهنده قسمت کوچکی از منطقه	۱. آندزیت بلوری	----------	۱. برش ۲. بازالتی که حفراتش به وسیله زئولیت پر شده است.

جدول(۴): مقایسه سه نقطه از لحاظ شرایط اقتصادی - اجتماعی

پارامترها		محل سد گیوی	نقطه A	نقطه B
شرایط اقتصادی و اجتماعی	وضعیت جاده‌ها و دسترسی	قرارگیری در مسیر جاده اصلی	قرارگیری در مسیر جاده اصلی	قرارگیری در مسیر جاده اصلی
	طول مسیر انتقال تا محل مصرف	فاصله خطی این محل تا شهر گیوی ۳۹۸۹ متر است.	فاصله خطی این محل تا شهر گیوی ۶۶۵۴ متر است.	فاصله خطی این محل تا شهر گیوی ۷۷۰۳ متر است.
	خسارات نسبی مخزن	۱. احداث جاده جایگزین خلخال- گیوی ۲. تخریب مساحتی حدود ۴۹ هکتار از باغات روستاییان ۳. قرارگیری روستای آبگرمه در مخزن سد ۴. قرارگیری راه ارتباطی دو روستای نی‌احمد بیگ و هواشانق در محدوده مخزن سد و کوچ اهالی روستاها	۱. احداث جاده جایگزین خلخال- گیوی ۲. تخریب مساحتی حدود ۱۵ هکتار از باغ‌های روستاییان	۱. احداث جاده جایگزین خلخال- گیوی ۲. تخریب مساحتی حدود ۲۴ هکتار از باغ‌های روستاییان

جدول (۵): جدول TOPSIS اعداد خام مربوط به سه نقطه

	شرایط توپوگرافی	فاصله از گسل	آب‌بندی و نفوذپذیری	مقاومت سنگ بستر	شیب لایه‌های زمین‌شناسی	امتداد لایه‌های زمین‌شناسی	خسارت‌های مخزن	طول مسیر انتقال تا محل مصرف
وزن‌ها	۰/۳۶۴۴	۰/۲۳۵۹	۰/۱۵۰۴	۰/۱۰۵۷	۰/۰۶۵۸	۰/۰۴۲۶	۰/۰۲۰۳	۰/۰۱۴۹
گیوی	۳	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۳
A	۲	۲	۳	۳	۲	۲	۳	۲
B	۱	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۱

جدول (۶): جدول TOPSIS اعداد استاندارد مربوط به سه نقطه

	شرایط توپوگرافی	فاصله از گسل	آب بندی و نفوذپذیری	مقاومت سنگ بستر	شیب لایه‌های زمین‌شناسی	امتداد لایه‌های زمین‌شناسی	خسارات مخزن	طول مسیر انتقال تا محل مصرف
وزن ها	۰/۳۶۴۴	۰/۲۳۵۹	۰/۱۵۰۴	۰/۱۰۵۷	۰/۰۶۵۸	۰/۰۴۲۶	۰/۰۲۰۳	۰/۰۱۴۹
گیوی	۰/۸	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۷۳	۰/۲۶	۰/۸
A	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۸	۰/۸	۰/۶۶	۰/۴۸	۰/۸	۰/۵۳
B	۰/۲۶	۰/۸	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۶۶	۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۲۶

در ادامه راه حل‌های ایده‌آل و ایده‌آل منفی به همراه امتیاز هر نقطه که بر اساس فاصله اعداد آن‌ها با راه حل‌ها به دست آمده‌اند نشان داده شده‌اند که بیشترین امتیاز نشانگر متناسب‌ترین نقطه است:

راه حل ایده‌آل = {۰/۲۹۱۵۲-۰/۱۸۸۷۲-۰/۱۲۰۳۲-۰/۰۸۴۵۶-۰/۰۴۳۴۲-۰/۰۲۰۴۴-۰/۰۱۶۲۴-۰/۰۱۱۹۲}

راه حل ایده‌آل منفی = {۰/۰۹۴۷۴-۰/۰۶۱۳۳-۰/۰۳۹۱-۰/۰۲۷۴۸-۰/۰۲۱۷۱-۰/۰۲۰۴۴-۰/۰۰۵۲۷-۰/۰۰۳۸۷}

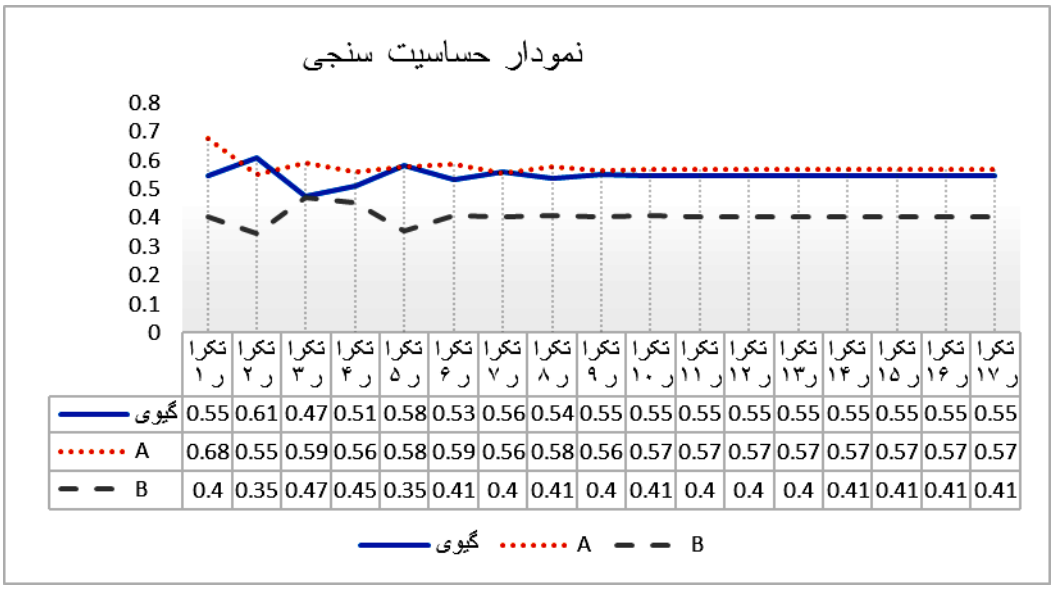
امتیاز گیوی = $\frac{A'}{A+A'}$ = ۰/۵۴۷۴

امتیاز A = $\frac{A'}{A+A'}$ = ۰/۶۷۵۸

$$\text{امتیاز B} = \frac{A'}{A+A'} = ۰/۴۰۴۸$$

جدول (۷): نتایج به دست آمده از تکرارهای حساسیت‌سنجی

	تکرار ۱	تکرار ۲	تکرار ۳	تکرار ۴	تکرار ۵	تکرار ۶	تکرار ۷	تکرار ۸	تکرار ۹	تکرار ۱۰	تکرار ۱۱	تکرار ۱۲	تکرار ۱۳	تکرار ۱۴	تکرار ۱۵	تکرار ۱۶	تکرار ۱۷
گیوی	۰/۵۴۷	۰/۶۰۹	۰/۴۷۴	۰/۵۰۹	۰/۵۸۲	۰/۵۳۱	۰/۵۵۹	۰/۵۳۹	۰/۵۵۳	۰/۵۴۵	۰/۵۴۷	۰/۵۴۷	۰/۵۴۷	۰/۵۴۷	۰/۵۴۷	۰/۵۴۷	۰/۵۴۷
A	۰/۶۷۵	۰/۵۵۱	۰/۵۹۱	۰/۵۶۱	۰/۵۷۶	۰/۵۸۵	۰/۵۵۵	۰/۵۷۷	۰/۵۶۲	۰/۵۷۱	۰/۵۶۸	۰/۵۶۸	۰/۵۶۹	۰/۵۶۹	۰/۵۶۹	۰/۵۶۹	۰/۵۶۹
B	۰/۴۰۴	۰/۳۴۷	۰/۴۷۱	۰/۴۵۴	۰/۳۵۴	۰/۴۰۷	۰/۴۰۲	۰/۴۰۶	۰/۴۰۴	۰/۴۰۶	۰/۴۰۳	۰/۴۰۴	۰/۴۰۳	۰/۴۰۵	۰/۴۰۵	۰/۴۰۵	۰/۴۰۵
گیوی	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
A	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
B	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳



شکل (۷): نمودار نتایج به دست آمده از حساسیت‌سنجی

بحث و نتیجه‌گیری

نقاط ضعف موجود در پارامترهای موثر در محل کنونی سد گیوی نیز مشخص شدند که از این قرارند: ۱. شیب لایه زمین‌شناسی به سمت پایین‌دست است که دلیلی بر آب‌بندی ضعیف، نفوذپذیری زیاد آب و مقاومت پایین پی و تکیه گاه سد است، ۲. یک گسل طویل مینور به موازات رودخانه از زیر مخزن تا شهر گیوی موجود است که دلیلی بر آب‌بندی ضعیف، نفوذپذیری زیاد و مقاومت پایین پی و تکیه‌گاه سد و ایجاد زمین لرزه است، ۳. وجود ماسه‌سنگ، توف آتشفشانی با ذرات شیل و آهک شیل‌دار در سنگ بستر و هوازدگی سنگ‌ها در قسمت پایین دست سد که دلیلی بر مقاومت پایین سنگ بستر هستند و احتمال افتادگی و انحنای تاج سد نیز وجود دارد و ۴. خسارت‌های بالای مخزن. طبق نظر کارشناسان عمرانی و اجرایی، در سدهای خاکی برای جلوگیری از نفوذ و نشت آب از بالادست به سمت پایین دست در زیر بدنه سد خاکی، می‌باید با طراحی و اجرای هسته معکوس و یا پرده آب‌بند، مسیر حرکت آب در زیر سد را افزایش داده تا با ایجاد افت فشار، امکان تراوش آب در پایین‌دست را به صفر برساند. در هسته معکوس، در زیر هسته سد و با شیب متقارن با آن و با مصالح مشابه مصالح هسته رسی، طراحی و اجرا باید صورت گیرد. در پرده

آب‌بند نیز که به صورت تیغه یا دیواره‌ای نفوذناپذیر در زیر هسته رسی اجرا می‌شود، معمولا از مصالحی استفاده شود که علاوه بر نفوذناپذیری در برابر جریان آب، دارای انعطاف‌پذیری مناسب به منظور جلوگیری از ترک‌خوردگی و یا گسیختگی ناشی از جابه‌جایی‌ها و نیروهای احتمالی باشد. در این راستا معمولا بهتر است از مصالح رسی، بنتونیت، بتن پلاستیک و یا ترکیبی از آن‌ها ذکر شده، استفاده شود. برای جلوگیری از افتادگی و انحنای تاج سد نیز باید سعی شود با اجرای گرده‌ای یا انحنای معکوس تاج سد، به نحوی عمل شود که پس از خزش و افت مصالح و نشست بستر سد، تاج مسطح و افقی شود. در راستای افزایش مقاومت پی و تکیه‌گاه، یکی از این راه‌ها افزایش مقامت سد و هسته سد است که با انتخاب مصالح مناسب می‌توان تا حدودی به این مهم دست یافت. مصالح مربوط به هسته سدها باید به گونه‌ای انتخاب شوند که پس از تراکم، ضریب نفوذپذیری کم‌تری داشته باشند و همچنین واگرا نباشند. زیرا، در صورت واگرا بودن خاک هسته، هسته سریعا دچار شستگی شده و سد منهدم می‌شود. یکی دیگر از این راه‌ها استفاده از تزریق‌های تخصصی از جمله دو نوع تزریق تحکیمی و آب‌بندی در خلل و فرج، درز و شکاف و یا حفره‌های تشکیلات سنگی و خاکی است (Djabbari, 2010).

بهترین راه برای کاهش خسارت‌های مخزن، جبران خسارت‌ها است. برای جبران خسارت‌های وارده بر باغ‌ها و اراضی روستاییان، دولت یا بخش خصوصی توسعه‌دهنده باید مبلغ خسارت وارده را به مالکان اراضی و باغ‌ها پرداخت کنند و برای جبران خسارت جاده تخریب شده باید جاده جایگزین احداث شود و همچنین برای جبران خسارت‌های مربوط به تخریب روستای آبگرمه و همچنین راه ارتباطی روستاهای نی‌احمدبیگ و هواشانق، باید تمهیدات لازم برای اسکان ساکنان این روستاها در شهرهای خلخال و گیوی و یا روستاهای اطراف صورت گیرد و برای ساکنانی که کار خود را از دست داده‌اند باید اشتغال‌زایی شود.

یادداشت‌ها

1. Dam
2. Mitigation
3. Anticline
4. Syncline
5. Thick bedded volcanic conglomerate
6. Tuffaceous sandstone
7. Andesitic tuff with intercalation of shale
8. Calcareous shale
9. Zeolite bearing basalt
10. Hyalloclastic breccia
11. Porphyritic andesite

فهرست منابع

Abushandi, E. & Alatawi, S. 2015. Dam Site Selection Using Remote Sensing Techniques and Geographical Information System to Control Flood Events in Tabuk City, Hydrol Current Res, Vol. 6, Issue 1, pp: 1- 13.
Atkins, W. 2003. Hydroelectric Power. Water Science and Issues , 2: 187–191.

Butler, D.R. & Malanson, G.P. 2005. The geomorphic influences of beaver dams and failures of beaver dams. Geomorphology . Vol. 71, Iss. 1–2. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.08.016 . 1 October 2005, pp. 48-60.

Dai, X. 2016. Dam site selection using an integrated method of AHP and GIS for decision making support in Bortala, Northwest China, Master's Thesis, Lund University, P:68.

Djavidi Sabbaghian, R.; Sharifi, M. & Rajabi Mashhadi, H. 2010. Comparison of Two Indicator Weighting Methods in Multi-Criterias Decision Making in Prioritizing and Selecting the Suitable Dam Site. 5# National Congress of Civil Eng. Ferdowsi Univ. Mahshhad. (in Persian).

Djabbari, M. 2010. Booklet of Principles and Engineering of Dam. Azad Univ. Fars Province. pp. 14-17. (in Persian).

http://sesce.ir .2014. Types of specialized injections. June 24; 2014.

http://www.ngdir.ir/papers/PPapers.asp. 2014. Understanding geological and lithological information. January 04; 2014. National Geoscince Database of Iran.

http://www.tectonic-karmanya.blogfa.com/post/54. 2014. Carmania tectonics, stratigraphic features. Dec. 09; 2014.

http://www.gsi.ir/General/Lang_fa/Page_38. 2013. Geological Map. Organization of Geological survey and mineral exploration of Iran. Dec. 16; 2013.

http://parsazamin.persianblog.ir/post/5. 2014. Minecraft Geology - Stratigraphic Characteristics. Dec. 09; 2014.

http://www.vojoudi.com/earthquake/education/lesson_05_per.htm. 2014. Fault and related definitions - fault characteristics. Dec. 09; 2014.

Kheirkhah Zarkesh, M.; Naseri, H.R.; Davodi, M.H. & Salami, H. 2008. Using analytical hierarchy process for ranking suitable location of groundwater dams construction, case study: Northern slopes of Karkas mountains in Natanz. Journal of Pajouhesh & Sazandegi in Ntural Resources No 79 pp: 93-101 . (In Persian).

Kumi-Boateng, B.; Stemn, E. & Sibil, S. 2016. Multi-Criteria-GIS Based Site Selection for Irrigational Reservoir – A Case Study, EAJ, Vol. 3, No. 1, pp: 1- 17.

Lalhmingliana, & Saha, G. 2016. Identification of suitable dam site: A survey. International Journal of Computer Engineering & Technology, Vol. 7, Issue 5, pp. 56–64.

Mikaeili Tabrizi, A. R.; Abdoli, A. & Amini Nasab, S. M. 2005. Physical structure of the Madar-Sou stream in Golestan National Park. J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol. 12(3), Aug- Sep 2005.www.magiran.com/jasnr. pp. 100-111. (in Persian).

Mikaeili Tabrizi, A. R. & Deziani, S. 2017. A Study on the Self- Rehabilitation of Natural Ecosystems in Flooded Hazard Areas for Developing Applied Methods in Ecological Rehabilitation (Case Study: Golestan Recreational Area of the Golestan National Park). Environmental Research. Vol 7. No 14. Autumn and Winter 2017. pp. 145-156. (in Persian).

Naghibi, A.; Lence, B.; Glawdwl, J. & Millar, R. 2011. A framework for estimating downstream environmental impacts of reservoir extreme outflows. Proceedings of the World Environmental and Water Resources Congress, May, 2011. Palm Springs, California, USA.

Petts, G.E. & Gurnell, A.M. 2005. Dams and geomorphology: research progress and future directions P.268. Elsevier **.**

Rahim Elhag, A. & Hamad Eljack, I. 2016. DAM Site Selection Using GIS Techniques and remote sensing to Minimize Flash Floods in East Nile Locality (Soba Valley)-Khartoum State. International Journal of Engineering Science Invention, Vol. 5, Issue 12, pp: 50-61.

Rezaian, S.; Jozi, S.A. & Ataee, S. 2015. Assessing environmental risk caused by Zanjan's Paverood dam in its construction stage using a combination of TOPSIS and RAM-D. Razi Journal of Medical Sciences Vol. 22, No. 138, Nov-Dec 2015 pp. 1-11. (in Persian).

Robbins, P. 2007. Hydropower. Encyclopedia of Environment and Society. Vol. 5. Sage Publications. USA.

Sadeghpoor, A.H. 2004. Location-based location studies for the construction of a dam on the Pirbala Chai River – Marand. 1# National Congress of Civil Eng. Sharif Univ. Tehran . (in Persian).

Salmanmahiny, A.R. 2011. Quantifying Environmental Impact Assessment Using Fuzzy Logic. (Translated - Richard Sheppard, 2005). Mehr-Mahdis Pub. Tehran. P. 268. (in Persian).

Tahmasebi Nejad, H. 2009. Investigation of Factors Affecting Site Selection and Type of Dams. 2# National Confrance of Water. Behbahan. Azad Univ. (in Persian).

Tundu, C.; Tumbare, M.J. & Kileshye Onema, J.M. 2018 Sedimentation and Its Impacts / Effects on River System and Reservoir Water Quality: case Study of Mazowe Catchment, Zimbabwe. Proc. IAHS, 377, 57–66, 2018. https://doi.org/10.5194/piahs-377-57-2018. proc-iahs.net/377/57/2018/