پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال دوم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۲
صص. ۱۳۲-۱۱۳

اثرات احداث سد مخزنی گیلان‌غرب بر مورفولوژی بستر رود گیلان‌غرب (در محدودهٔ بالادست و مخزن سد)

مریم قاسم‌نژاد* ـ دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد
سیاوش شایان ـ استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس
مجتبی یمانی ـ دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۲۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۳/۲۰

چکیده

در این پژوهش به بررسی اثرات احداث سد مخزنی گیلان‌غرب بر ژئومورفولوژی جریانی رود گیلان‌غرب در بخش بالادست و محدودهٔ مخزن آن پرداخته شده است. اهداف این پژوهش، بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی ناشی از احداث این سد در بستر، کناره‌ها و مقاطع رود گیلان‌غرب؛ تجزیه‌وتحلیل تغییرات مورفولوژیکی قبل و بعد از ساخت سد و نمایش نوع و جهت تغییرات مورفولوژیکی، به‌دلیل آبگیری سد در بالادست و محدودهٔ مخزن است. داده‌های اسنادی، داده‌های هیدرو ـ اقلیمی، نقشه‌های موضوعی و داده‌های حاصل از پیمایش میدانی، داده‌های مورد استفاده در این پژوهش هستند. روش پژوهش، پایش تغییرات است که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی و ترسیم و تفسیر نیمرخ‌های توپوگرافی در سه دورهٔ زمانی قبل، حین و بعد از ساخت سد و در بخش‌های بالادست و محدودهٔ مخزن سد انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که شیب بستر رود در بخش بالادست و محدودهٔ مخزن، پس از ساخت سد کاهش یافته است. محاسبهٔ ضریب پیچشی رود حاکی از افزایش سینوزیتهٔ مجرا در بالادست سد است که تغییر تدریجی الگوی رود در این بخش به‌سمت پیچانرودی شدید را نشان می‌دهد. همچنین احداث سد، سطح اساس جدیدی در منطقه ایجاد کرده که موجب گسترش فرسایش شیاری و خندقی در دامنه‌های مشرف به دریاچهٔ سد و نیز، بروز فرسایش قهقرایی در مجاری فرعی شده است. تابع تغییرات سطح آب و فعالیت‌های نئوتکتونیکی گسل راندگی گیلان‌غرب، تراس‌های آبرفتی جدیدی در حال تشکیل هستند. علاوه‌بر این، نیمرخ‌های طولی و عرضی رود در دورهٔ بعد از ساخت نسبت به دورهٔ قبل از آن تغییر یافته و نیمرخ عرضی در بالادست از شکل وی (V) به شکل یو (U) تغییر یافته که دال بر کاهش فرسایش در بستر و افزایش فرسایش کناره‌هاست.

کلیدواژه‌ها: *ژئومورفولوژی جریانی، نیمرخ طولی و عرضی، الگوی رود، سد مخزنی گیلان‌غرب.*

---

* نویسنده مسئول : ۰۹۱۸۷۳۴۸۹۶۲ E-mail: Ghasemnezhad_2@yahoo.com

مقدمه

رودها سیستم‌های بازی هستند که همواره تلاش می‌کنند تا به تعادل نسبی در حوضه‌های آبریز برسند (Freeland, 1997: 23). اولین سدها که کمابیش از ۴۵۰۰ سال پیش با هدف کنترل جریان رود و ذخیرهٔ آب در خدمت انسان بوده‌اند، به‌صورت ساختارهای مدیریت منابع آب، از زمان احداث به‌منزلهٔ عوامل ژئومورفیک عمل کرده‌اند (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۶-الف؛ Skalak et al., 2013). سدها از طریق تغییر در تنظیم سرعت، بزرگی و فراوانی جریان‌های حداقل و حداکثر، تأثیر عمده‌ای بر رژیم هیدرولوژیکی رودها دارند و رژیم هیدرولوژیکی جدیدی را تولید می‌کنند که به‌طور عمده با رژیم طبیعی جریان پیش از آبگیری سد متفاوت است (Magilligan & Nislow, 2005; Ma et al, 2012). تأثیر سد بر مورفولوژی رود در مناطق نیمه‌خشک، به‌مراتب شدیدتر از سایر مناطق است (Petts & Gurnell, 2005). سد تغییر در مقدار رسوب و ذخیرهٔ آن را تشدید می‌کند (Draut et al., 2011; Yuan et al, 2012)، همچنین رژیم جریانی و بار رسوبی رود را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Surian & Rinaldi, 2003; Grant et al., 2003; Overeem et al., 2013: 832; Nelson et al., 2013:132). اثرات سدسازی بر حسب اینکه محل مورد نظر در بالادست، یا در پایین‌دست مخزن، یا در خود آن واقع شده باشد، فرق می‌کند. انسان به‌طور همزمان، هم حمل رسوب در بالادست را از طریق فرسایش خاک افزایش می‌دهد و هم از طریق ذخیرهٔ آن در مخازن، مقدار رسوب را در پایین‌دست سد کاهش می‌دهد (Xu & Milliman, 2009: 276; Tagliaferro et al., 2013: 507). دربالادست سد، تمام بار بستری و همه یا بخشی از بار معلق در آب ساکن مخزن سد رسوب می‌کند (Vericat et al., 2006: 123; Stave et al., 2005; Csiki & Rhoads, 2013: 1; Gupta et al., 2012: 447). میزان دبی آب و رسوب، ابعاد مجرای یک جریان را از نظر عرض، عمق، طول موج مئاندر و شیب تعیین می‌کند. ویژگی‌های هیپسومتری و هندسی مجاری رود و انواع الگوهای شریانی، پیچانرودی، مستقیم و سینوزیتی، به‌طور مشخص بر اثر تغییر در میزان جریان و دبی رسوب به‌وجود می‌آیند. همچنین الگوی بار رسوبی در شکل‌گیری بستر رود مؤثر است. تغییرات قابل توجه در فرسایش کناره‌های رود در دوره‌های کوتاه‌مدت، نشانگر تغییر در دبی رسوب‌هاست؛ زیرا تغییر در سطح مقطع مجاری آبرفتی، به‌ویژه در عرض مجاری، می‌تواند تغییر در ویژگی‌های دبی جریان را نشان دهد (Berger & Iams,1996: 437). در بالادست مخزن سطح محلی آب زیرزمینی بالا می‌آید، رودهایی که به مخزن می‌ریزند بار خود را هم در بسترهایشان نزدیک به حواشی مخزن و هم به‌صورت دلتا در خود مخزن رسوب می‌دهند. آب زیرزمینی بالا آمده، ممکن است اثرات معکوس داشته باشد؛ یعنی در مواردی خاص موجب پدیدآمدن ناپایداری دامنه می‌شود. رسوب‌گذاری، شیب بستر رود را کاهش می‌دهد و بر ارتفاع بستر می‌افزاید و بدین گونه خطر سیل را فزونی می‌بخشد (Cooke & Doornkamp, 1998: 297). علاوه‌بر تغییر نیمرخ طولی و عرضی مجرای رود، فرسایش قهقرایی در شاخه‌های فرعی رود و سرشاخه‌های آن، تحت تأثیر تغییرات سطح اساس تشدید می‌شود. شوم[1] (۱۹۷۳) با مطالعه روی پست‌ترین سطح اساس مجرا و افزایش فرسایش پس‌روندهٔ شاخه‌های فرعی بالادست و مقدار مواد فرسایش‌یافته در طول زمان، بیان کرد که تغییر سطح اساس در مجرای

1. Schumm

تازه قطع‌شده، منجر به رسوب‌گذاری شده است و همچنان که شاخه‌های فرعی درنهایت با سطح اساس جدید منطبق می‌شوند، بار رسوبی کاهش می‌یابد و فاز جدیدی از فرسایش مجرا در ناحیهٔ پایین‌تر از محل اتصال شاخه‌های فرعی به رود اصلی رخ می‌دهد که دلیل آن افزایش دبی است (Schumm, 1973: 305-307).

تغییر برجسته پس از ساخت سد در بخش بالای مخزن به‌وجود می‌آید؛ زیرا سطح اساس جدیدی تشکیل می‌شود (Sternberg, 2006: 172) و مساحت مقطع عرضی در این بخش افزایش می‌یابد، بنابراین سرعت رود کاهش یافته و رسوب‌گذاری در آن به‌صورت توده‌ای انجام می‌شود و در محل ورود رود به دریاچهٔ سد، دلتا تشکیل می‌شود (Mahmood, 1987: 35- 48). این رسوب‌گذاری ظرفیت ذخیره آب را کاهش می‌دهد (Locher et al., 2002: 6; Asaeda & Rashid, 2012: 25). همچنین تحت تأثیر تغییرات سطح اساس طی فصول سال، تراس‌های آبرفتی جدیدی در بالادست سد و مخزن آن ایجاد می‌شود.

پژوهش پیش رو که به ارزیابی تأثیر ساخت سد مخزنی گیلان‌غرب بر مورفولوژی رود گیلان‌غرب در بخش‌های بالادست و محدودهٔ مخزن سد پرداخته، در تلاش برای پاسخ به پرسش‌های زیر است:

۱. پس از احداث سد تغییرات ژئومورفولوژیکی آبراهه‌ها در بالا رود چگونه است؟
۲. آیا تغییرات الگوی رود و مقطع عرضی آن پس از احداث سد در بازه‌های بالادست و مخزن سد متوقف‌شده یا ادامه داشته است؟
۳. چه پدیده‌های ژئومورفولوژیکی ممکن است در اثر احداث سد در بستر و حواشی رود ایجاد شود؟

پیشینهٔ پژوهش

به نظر می‌رسد که نخستین پژوهش در زمینهٔ تغییرات ژئومورفولوژیکی ناشی از احداث سدها را، پیتز[1] در اواخر دههٔ ۱۹۷۰ انجام داده است که تأثیرات عمیقی بر تفکرات محققان بعدی گذاشت (Brandt, 2000; Stevaux et al., 2009). در دهه‌های گذشته، پژوهشگران کوشیده‌اند با درنظرگرفتن تغییراتی که سدها در حوضهٔ رودها پدید آورده‌اند، آثار این سازه‌ها را از زوایای مختلف بررسی کنند. نتایج بررسی در مناطق مختلف نشان می‌دهد که تغییرات ناشی از احداث سدها در نقاط مختلف دنیا، بسیار درخور اهمیت است. در سطح جهان کارهای مطالعاتی زیادی در مورد اثرات سدها روی رودها و مورفولوژی آنها انجام گرفته است که از آن دسته می‌توان به این موارد اشاره کرد. ویلیام و ولمن[2] (۱۹۸۴) تغییرات پایین‌دست سد در مناطق معتدل را مطالعه کردند. بارو[3] (۱۹۸۷)، اثرات سدها و مخازن آبی در مناطق گرمسیری ارزیابی کرده است و ایکسو[4] (۱۹۹۰) به بررسی اثرات در بالادست سد پرداخته است. همچنین بررسی اثرات عمومی سدها را می‌توان درآثار موریس و فن[5] (۱۹۹۷) و والکر و هنری[6] (۱۹۹۸) یافت. به نظر می‌رسد که مطالعات پیشین در

1. Petts
2. William& Wolman
3. Barrow
4. Xu
5. Morris & Fan
6. Volker & Henry

مورد اثرات سدها و مخازن آبی، اغلب بر آثار عمومی فرسایش و حفر مجرای اصلی زیر سدها متمرکز بوده است. برای مثال مطالعات پیتز، ۱۹۷۹، ۱۹۸۴؛ ویلیام و ولمن[1]، ۱۹۸۴؛ کارلینگ[2]، ۱۹۸۸؛ زیرا این پژوهش‌ها مفهوم مهندسی‌ساز بودن سدها را مد نظر قرار داده‌اند؛ در حالی‌که بیشتر پژوهش‌های اخیر بر شرایط ویژهٔ پایین‌دست سدها و در ورودی شاخه‌های فرعی و غیره تمرکز یافته‌اند. برای مثال می‌توان به مطالعات پیتز، ۱۹۸۰، ۱۹۸۸؛ گریگوری[3]، ۱۹۸۷؛ ژو[4]، ۱۹۹۶ اشاره کرد (Brandt, 2000: 376). ماری پوهل[5] (۱۹۹۹)، ضمن بررسی اثرات پایین‌دست و پیامدهای حاصل از سد بر پایهٔ نقشه‌برداری از سطح مقطع و داده‌های میدانی، نشان داد که سدها سه بخش را در رودخانه به‌وجود می‌آورند: (۱) در بالادست سد که مجرای بسیار ناپایداری دارد؛ (۲) در مخزن سد که مجرا بسیار پایدار است و (۳) در پایین‌دست سد که پایداری کمی در مجرا وجود دارد. دیوو[6] (۲۰۰۶) اثرات مجراسازی و سدسازی بر مورفولوژی رودخانه را از دو دیدگاه مکانی و زمانی مورد توجه قرار داد و دریافت که تغییرات عرض مجرا، به‌طور معناداری در طول دورهٔ سدسازی بیشتر از کل دورهٔ مطالعاتی در قبل و بعد از احداث سد است و عرض مجرای اصلی، تابع ساخت سد روی رود و مجراسازی آن است. همچنین هامیلتون[7] (۲۰۰۷) تغییرات هیدرولوژیکی و مورفولوژیکی در پایین‌دست سد را بررسی و تغییرات در مورفولوژی مجرا را به‌وسیلهٔ مقایسهٔ عکس‌های هوایی قبل و بعد از آبگیری سد ارزیابی کرد و نشان داد که پس از آبگیری سد، میانگین حداقل و حداکثر دبی یک روزه و چند روزه در پایین‌دست سد کاهش یافته، در مقابل در بالادست سد حداقل جریان‌ها افزایش و حداکثر جریان‌ها کاهش یافته است.

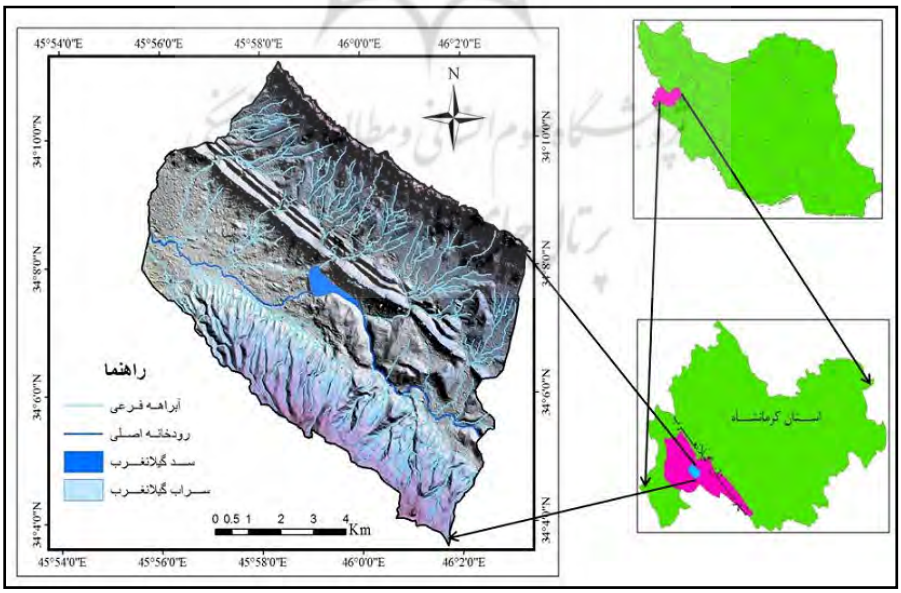
در ایران نیز از اوایل دههٔ گذشته پژوهش‌هایی چند در مورد اثرات ژئومورفولوژیکی سدها انجام شده است که می‌توان به این موارد اشاره کرد. حسین‌زاده و نوحه‌گر (۱۳۸۵) به بررسی اثرات سد میناب بر هیدرودینامیک و تغییرات بستر رود میناب از طریق نمونه‌گیری از رسوبات بستر و آزمایش دانه‌سنجی و میکروسکوپی آنها و استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای پرداختند و بیان کردند که احداث سد میناب و تغییر رژیم آبی این رود، منجر به تغییرات زیادی در نوع و مقدار رسوب آن شده که عملکرد فرسایشی رود را تغییر داده و حاصل آن تحول نیمرخ طولی و عرضی، الگو و پلان رود بوده است. بیاتی‌خطیبی (۱۳۸۶–الف)، اثرات احداث سد در تحول ژئومورفولوژیکی بستر جریان رود را در نُه حالت مختلف ، بر اساس بیلان دبی، بار رسوبی، اندازهٔ ذرات و شیب بستر طرح کرد و نتیجه گرفت که اثر سدها بر پیامدهای ژئومورفولوژیک پایاب زیادتر است. بیاتی خطیبی (۱۳۸۶– ب) در پژوهش دیگری، پیامدهای منفی فقدان نگرش سیستمی در احداث سد قرنقوچای در دامنه‌های شرقی سهند را از طریق ویژگی‌های فرسایشی منطقه و تعیین محدوده‌های با شدت رسوب‌دهی زیاد و نیز، استفاده از داده‌های دبی آب، رسوب، بارش ایستگاه‌های موجود و انجام تحلیل‌های کمی، بررسی کرد. بیاتی خطیبی در سال ۱۳۸۷ پژوهش دیگری انجام داد و در آن، نحوهٔ تأثیر سد سهند بر

1. Williams & Wolman
2. Carling
3. Gregory
4. Zhou
5. Marie Pohl
6. Du
7. Hamilton

تغییر مورفولوژی بستر جریان رود قرنقو را مورد بررسی قرار داد و محدوده‌های حساس به فرسایش را تعیین و پهنه‌بندی کرد. همچنین بیاتی خطیبی و همکاران (۱۳۸۸) تغییرات مورفولوژیکی ناشی از احداث سدهای سهند و ملاجیغ را در بستر رودهای قرنقو و شور بررسی کردند و میزان رسوب‌دهی بخش‌های مختلف حوضه را با استفاده از روش دومتغیره ارزیابی کرده و با بهره‌گیری از نرم‌افزار GIS، محدوده‌های حساس به فرسایش را پهنه‌بندی کردند. آنها نتیجه گرفتند که بخش‌های بالادست حوضه از نظر شدت فرسایش در وضعیت نسبتاً بحرانی قرار دارند. گفتنی است که در رابطه با سد مخزنی گیلان‌غرب مطالعات بسیار محدودی انجام گرفته که از آن دسته، می‌توان از طرح‌ها و مطالعات مربوط به سد و تأسیسات وابسته به آن یاد کرد که مهندسان مشاور آب نیرو در شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمانشاه آن را تهیه کرده‌اند. علاوه‌بر این، عقابی (۱۳۸۵) به تحلیل شبه‌استاتیکی شیب شیروانی‌های این سد در شرایط زمین‌لرزه پرداخت و برای پایاب سد در شرایط مختلف بارگذاری، شیب H: IV ۲/۲۵ را پیشنهاد کرد.

منطقهٔ مطالعاتی

پهنهٔ مورد مطالعه در این پژوهش، سد مخزنی گیلان‌غرب در حوضهٔ آبریز رود الوند در۱۶۰ کیلومتری غرب استان کرمانشاه و در ۵ کیلومتری شرق شهرستان گیلان‌غرب است. این سد از نوع خاکی با هستهٔ رسی است و روی بخشی از رودخانهٔ گیلان‌غرب در حد فاصل بین دو روستای کلاشک بالا وکلاشک پایین احداث شده است. این حوضه دارای عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵ دقیقه و ۵ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه و ۸ ثانیهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۵ دقیقه و ۳۸ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۲ دقیقه و ۳ ثانیهٔ شرقی است (شکل ۱).

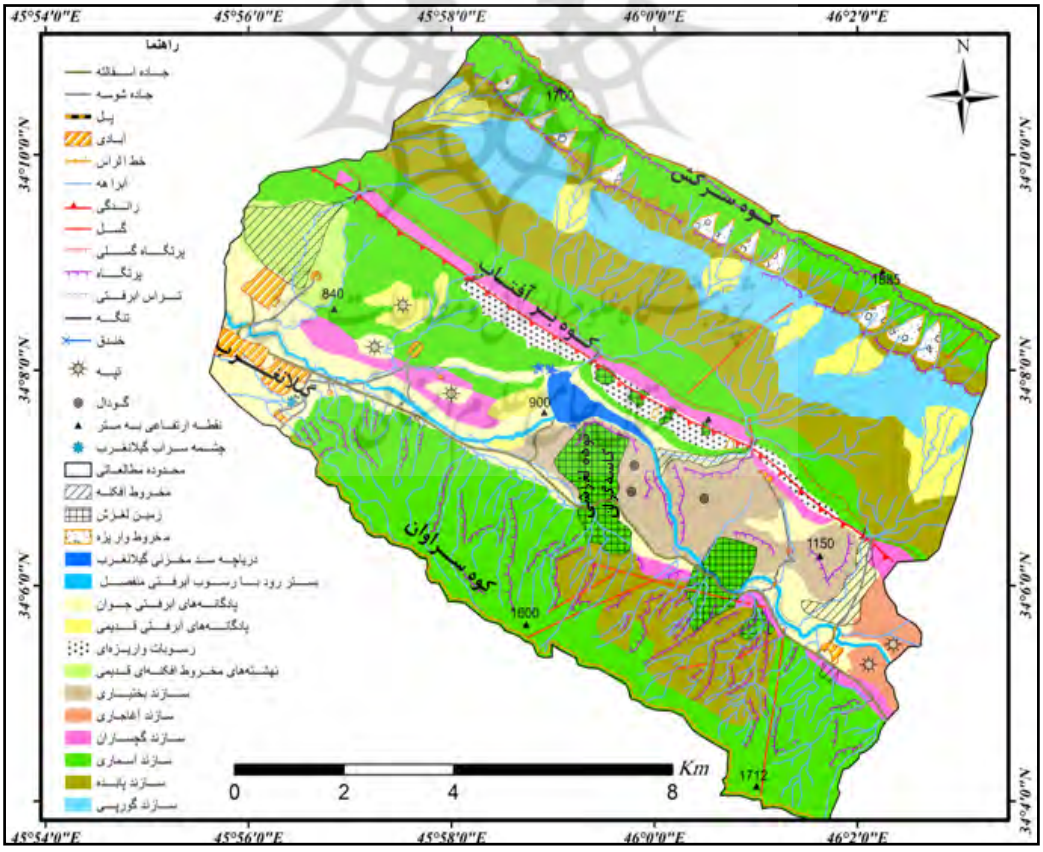


شکل ۱. موقعیت محدودهٔ مطالعاتی (ترسیم: نگارندگان)

حجم مخزن این سد ۱۷ میلیون متر مکعب، ارتفاع سد ۴۸ متر، وسعت دریاچهٔ آن ۹۴ هکتار و میانگین رسوب وارده به مخزن سد، ۸۰۰۰۰ متر مکعب در سال است. اهداف ساخت این سد، مهار سیلاب‌ها و ذخیرهٔ جریان آب رود مرزی

گیلان‌غرب و تلفیق آن با آبهای زیرزمینی چشمه‌های سراب گیلان‌غرب[۱] و بهره‌برداری از آنها در آبیاری اراضی دشت گیلان‌غرب در پایین‌دست سد مذکور است. منبع اصلی تأمین‌کنندهٔ آب سطحی سد، رود گیلان‌غرب با میانگین آبدهی درازمدت سالانه ۲۱/۶ میلیون مترمکعب در ایستگاه کلاشک است (مهندسان مشاور آب نیرو، ۱۳۷۹: ۴).

این منطقه آب‌وهوای گرم و خشکی دارد، متوسط ارتفاعات منطقه از سطح دریا ۸۰۰ متر است و بخشی از واحد زاگرس چین‌خورده (شمال‌غربی) شمرده می‌شود. در مورد وضعیت زمین‌شناسی این محدوده می‌توان گفت که از سازندهای گورپی، سازند پابده، آهک آسماری، سازند گچساران، سازند آغاجاری، سازند بختیاری و رسوب‌های آبرفتی و واریزه‌ای تشکیل شده است و از نظر تکتونیکی، به‌دلیل فعالیت‌های نئوتکتونیکی گسل راندگی گیلان‌غرب، منطقه‌ای فعال به‌شمار می‌رود. این گسل دارای حرکات امتداد لغز راست‌بر با روند ۶۰ درجهٔ غربی ـ شمالی است (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین از مهم‌ترین پدیده‌های ژئومورفولوژیکی این محدوده، وجود تودهٔ زمین لغزشی کاسه‌گران در دامنهٔ شمالی کوه سراوان، چشمهٔ سراب گیلان‌غرب در خواب محوری تاقدیس سراوان و نیز دره‌های کارستی در کوه سراوان است که کمابیش همه دره‌ها در راستای عمود بر محور تاقدیس تشکیل شده‌اند (شکل ۲). شکل ۲ با استفاده از نقشهٔ زمین‌شناسی، تصویر ماهواره‌ای IRS-P5 و DEM هشت متر حاصل از تصویر IRS و نقشهٔ توپوگرافی انجام گرفته است.



شکل ۲. نقشهٔ ژئومورفولوژی پهنهٔ مورد مطالعه (ترسیم: نگارندگان)

۱. میانگین تخلیهٔ سالانهٔ چشمه‌های سراب، حدود ۴۳/۵ میلیون مترمکعب در سال است.

روش پژوهش

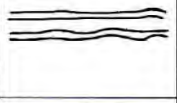
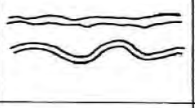
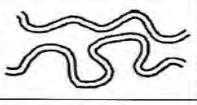
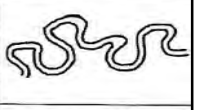
این پژوهش بر مبنای استدلال قیاسی ـ استقرایی و تحلیل‌های ژئومورفولوژیکی، از طریق تحلیل داده‌ها و اطلاعات کسب‌شده از محیط و با استفاده از محیط‌های نرم‌افزاری و بازدیدهای میدانی انجام شده است. داده‌های نقشه‌ای، داده‌های مورد استفادهٔ این پژوهش را تشکیل داده‌اند که عبارتند از: نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ برگ‌های کال‌کش (شمارهٔ 5228III سری K753) و گیلان‌غرب (شمارهٔ 5158II سری K753)، نقشهٔ زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ برگ قصرشیرین (شمارهٔ 1-38 I and J) و نقشهٔ زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ برگ کرند (شمارهٔ 5258)، داده‌های سنجش از دوری شامل تصویر ماهواره‌ای IRS-P5 سال ۲۰۱۰ (با مشخصات IRS-8102303Y0801)، تصاویر ETM^{+} سال ۲۰۰۰ (با مشخصات p168r036-7t2000628) و نیز تصویر گوگل ارث. علاوه‌بر این، از عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ استفاده شده است. با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای +ETM با توان تفکیک مکانی و زمانی متفاوت، وضعیت گذشتهٔ بستر رود در قبل و حین احداث سد بررسی و تحلیل شد، سپس با استفاده از تصاویر IRS-P5 و گوگل ارث مربوط به سال‌های بعد از احداث سد، میزان تغییرات ژئومورفولوژیک ایجاد شدهٔ سد در بازه‌های زمانی و مکانی مورد نظر، تحلیل و نیمرخ‌های مربوطه ترسیم شد. همچنین با استفاده از داده‌های دبی آب و رسوب رود، تأثیر سد بر افزایش یا کاهش میزان رسوب و همچنین، تأثیر این پارامترها بر تغییر شرایط مورفولوژیکی، تحول بستر و کناره‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. بنابراین بعد از تدوین مبانی نظری و پیشینهٔ پژوهش و انجام بازدید میدانی از منطقهٔ مطالعاتی، داده‌های سنجش از دوری مورد پردازش قرار گرفت. در ابتدا با استفاده از نرم‌افزار LPS [1] که در محیط نرم‌افزاری Erdas Imagine قابل نصب است، زوج تصاویر ماهوارهٔ IRS-P5 سال ۲۰۱۰ نسبت به تصویر ماهواره‌ای گوگل ارث با تعداد ۳۷ نقطهٔ کنترلی و با RMS = ۰/۱۲، زمین‌مرجع و تصحیح هندسی شدند و تصویر Ortho و سپس DEM ۸ مترمحدودهٔ مطالعاتی، از تصویر IRS به‌دست آمد و با استفاده از این DEM نیمرخ طولی و همچنین نیمرخ‌های عرضی رودخانه در دورهٔ بعد از ساخت سد و در فواصل ۵۰۰ متری از یکدیگر ترسیم شد که برای تفسیر ویژگی‌های بستر و تغییرات رخ داده در نسبت عرض به عمق بستر مورد استفاده قرار گرفته است؛ زیرا هر تغییری که در دبی آب، رسوب و مورفولوژی رود ایجاد شود، در نیمرخ‌های توپوگرافی رودخانه بروز می‌یابد.

سپس برای تحلیل ویژگی‌های مورفولوژی رود در دورهٔ قبل از ساخت سد، عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ مورد استفاده قرار گرفت و این عکس‌ها با RMS =۰/۰۰۱۹ نسبت به تصویر ماهواره‌ای IRS-P5 زمین‌مرجع شدند. همچنین نقشه‌های توپوگرافی ورق‌های گیلان‌غرب و کال‌کش با هم در محیط GIS موزاییک شدند و پس از رقومی‌سازی، TIN و DEM منطقهٔ مطالعاتی به‌دست آمد و سپس از روی آن نیمرخ‌های توپوگرافی در مقاطع مختلف رودخانه ترسیم شد. همچنین برای تحلیل و بررسی ویژگی‌های مورفولوژی رود در دورهٔ ساخت سد، تصاویر ماهواره‌ای ETM^{+} ماهوارهٔ لندست مربوط به سال ۲۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفت و با RMS =۰/۱۹ نسبت به تصویر IRS –P5 زمین‌مرجع شد و تغییرات بستر رود، از طریق ترسیم نیمرخ‌های طولی و عرضی بررسی شد.

1. Leica Photogrammetry Suite

علاوه‌بر این در پژوهش پیش رو، برای بررسی الگوی رودخانه در هر سه دورهٔ مطالعاتی، از ضریب پیچشی پیتز (۱۹۸۶) استفاده شده است. پیتز برحسب میزان ضریب پیچشی، چهار نوع رودخانه را براساس جدول ۱ تقسیم‌بندی می‌کند (دولتی، ۱۳۸۷: ۱۳۹).

جدول ۱. تقسیم‌بندی رودخانه بر حسب ضریب پیچشی (پیتز، ۱۹۸٦)

ضریب پیچشی	۱ – ۱/۰۵	۱/۰۶ – ۱/۲۵	۱/۲۵ – ۲	> ۲
شمای رودخانه				
نوع رودخانه	مستقیم	سینوسی	پیچانرودی	پیچانرودی شدید

ضریب پیچشی یا مقدار سینوسیتهٔ یک رود، نسبت طول مجرای رود به طول دره است و از رابطهٔ ۱ به‌دست می‌آید.

رابطهٔ ۱) $S = C/V$

S: سینوسیته رودخانه؛ C: طول مجرای رود؛ V: طول دره به خط مستقیم.

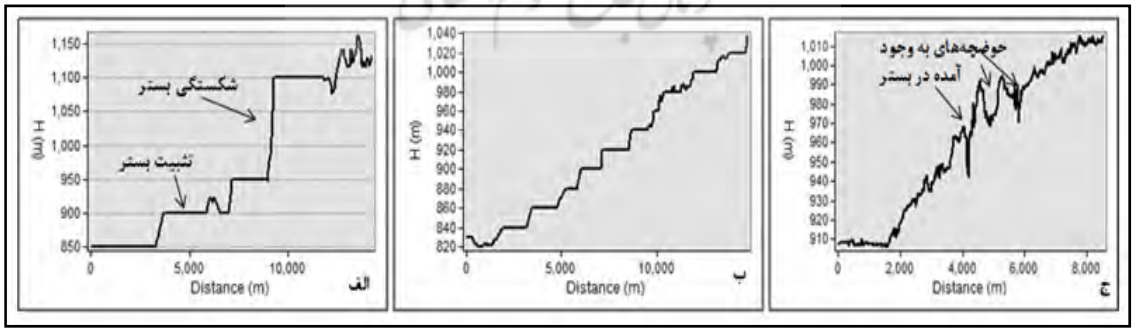
همچنین با انجام بازدیدهای میدانی، تلاش شد تا این تغییرات روی زمین نیز شناسایی، ثبت و کنترل شوند و پس از تجزیه‌وتحلیل نتایج حاصل از انجام بازدیدهای میدانی و مقایسهٔ تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی در محیط‌های نرم‌افزاری، نتیجه‌گیری نهایی این پژوهش ارائه شد. گفتنی است که برای سهولت در تحلیل ویژگی‌های مورفولوژیکی و بررسی تغییرات بستر رود، محدودهٔ مطالعاتی در سه دورهٔ قبل از ساخت سد (از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۷۵)، حین ساخت سد (۱۳۷۵ تا ۱۳۸۲) و بعد از ساخت سد (۱۳۸۲ تا حال حاضر) مطالعه می‌شود.

یافته‌های پژوهش

در دورهٔ قبل از ساخت سد مخزنی گیلان‌غرب، رود گیلان‌غرب در بستر خود در حالت طبیعی قرار داشته و دارای تعادل نسبی بوده است. هرچند سیلاب‌هایی که در این دوره رخ داده‌اند، تغییرات ناگهانی را در نیمرخ طولی و عرضی رود ایجاد کرده‌اند که این تغییرات باعث ایجاد فرسایش بستر و دیواره‌های کناری در مجرای رود شده و در شکل‌گیری پیچان‌های رودخانه نقش داشته‌اند؛ اما با شروع ساخت سد و احداث جاده‌های دسترسی و کارگاه‌های عملیات ساخت‌وساز، دامنه‌های اطراف سد و زمین‌های کشاورزی محدودهٔ آن، به‌شدت مورد دستکاری قرار گرفته و آشفته شده‌اند. همچنین بهره‌برداری از سنگ‌های مجاور کارگاه و ایجاد پستی و بلندی‌های جدید برای احداث سد، مقدار زیادی رسوب تولید می‌کند که درنهایت تمام این رسوب‌ها در اثر جریان آبهای سطحی در پشت دریاچهٔ سد رسوب‌گذاری می‌کند و بر عمر مفید سد تأثیرگذار است. برای تأمین منابع قرضهٔ مورد نیاز ساخت سد، از رسوبات شن و ماسه‌ای بستر رود و خاک‌های ریزدانهٔ دامنه‌های اطراف سد بهره‌برداری شده که بستر رود را عریض کرده و مورفولوژی دامنه‌ها و تپه‌ها را تغییر داده که عاملی در افزایش میزان تولید رسوب است.

نیمرخ طولی و عرضی بستر رود

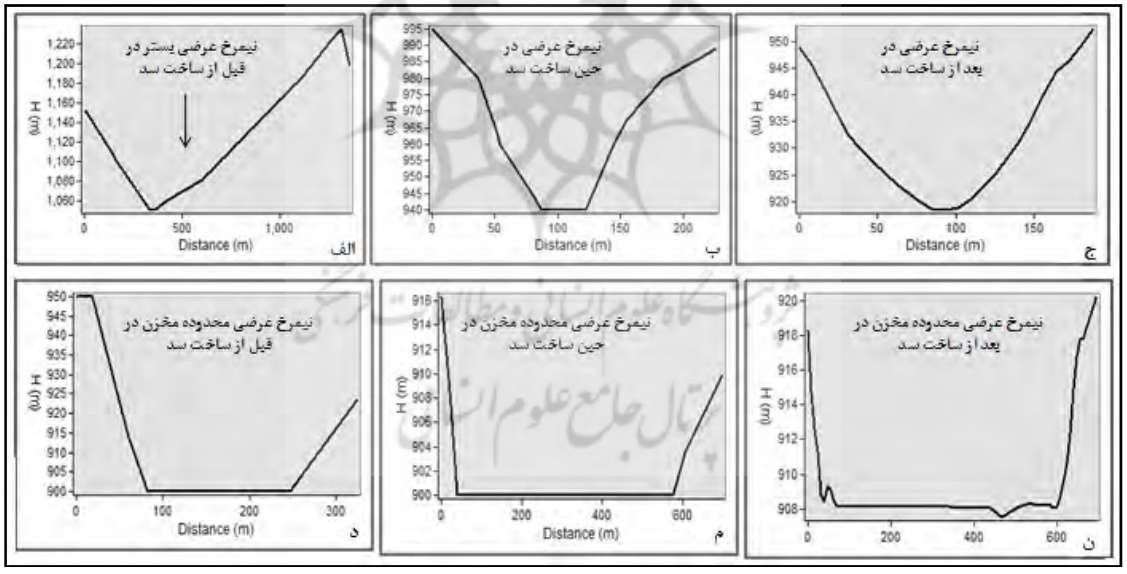
بررسی نیمرخ طولی بستر رود در دورهٔ قبل از ساخت سد (شکل ۳ – الف) نشان می‌دهد که در ورودی حوضه، شیب بستر به‌دلیل وجود جبهه‌های پیاپی فرسایشی و رسوب‌گذاری، دارای تغییرات زیاد و پستی و بلندی‌هایی بوده است. آنجا که نیمرخ بالا آمده فرسایش غالب است و در مناطق گودافتادگی و تقعر، رسوب‌گذاری غلبه دارد. اما در بخش کلانی از بستر تا خروجی حوضه، در شیب بستر، بخش‌های تثبیت‌شده و شکستگی‌هایی پی‌درپی دیده می‌شود که دلیل عمدهٔ آن، فعالیت گسل راندگی گیلان‌غرب و نیز، وجود سازند سخت بختیاری در برخی نقاط نزدیک بستر است و با کاهش فاصلهٔ رود از خط راندگی، میزان شکستگی‌های بیشتر می‌شود؛ به‌گونه‌ای که بستر رود در ارتفاع ۹۵۰ متری که بزرگترین شکستگی را نشان می‌دهد، ۱/۷۰ کیلومتر از خط راندگی گیلان‌غرب فاصله دارد. همچنین در دورهٔ ساخت سد، ارتفاع شکستگی‌ها و طول تثبیت‌شدگی‌های نیمرخ طولی کاهش یافته (شکل ۳ – ب) و بستر رود تحت تأثیر فرسایش شدیدی قرار گرفته و بخش‌هایی با نیمرخ تقریباً محدب و مقعر در حد واسط آنها تشکیل شده است که نشان‌دهندهٔ شدت‌گرفتن فرسایش بستر در محل تثبیت‌شدگی‌ها و شکستگی‌ها بر اثر فرسایش قهقرایی در بستر رود است و دلیل آن، تغییرات ایجاد شده در بستر رود در محدودهٔ مخزن و ایجاد سطح اساس جدید است؛ زیرا بستر رود از پایین‌دست به‌سمت بالادست تنظیم می‌شود و بخش‌های بالایی بستر رود از تغییرات بخش‌های پایین‌دست و نزدیک مخزن سد پیروی می‌کنند. اما نیمرخ طولی رود در بعد از احداث سد (شکل ۳– ج) نسبت به دوره‌های قبلی کاملاً تغییر یافته و بخش‌های تثبیت‌شدهٔ بستر از بین رفته‌اند که دلیل آن، تشدید عمل فرسایش و رسوب‌گذاری بعد از ساخت سد در بستر است. در بخش‌هایی از بستر، افزایش عمق به‌صورت فرورفتگی‌های پی‌درپی ظاهر شده و حوضچه‌هایی را در بستر ایجاد کرده که عمل رسوب‌گذاری در آنها انجام می‌گیرد. این حوضچه‌ها در بخش بالادست سد و در بستر رود قرار دارند و در ادامهٔ فعالیت نئوتکتونیک ایجاد شده‌اند، همچنین منطقه کارستی بوده و بستر به‌صورت بخش‌های فرورفتهٔ پُرآب و بخش‌های خشک نمایان شده است که عمل رسوب‌گذاری در بخش‌های پُرآب صورت می‌گیرد.



شکل ۳. نیمرخ طولی رودخانهٔ گیلان‌غرب در دوره‌های قبل از ساخت سد (الف)، حین ساخت سد (ب) و بعد از ساخت سد (ج)

همچنین ترسیم و تفسیر نیمرخ‌های عرضی رود در بخش بالادست و مخزن در سه دورهٔ قبل، حین و بعد از ساخت سد، بیان می‌کند که در دورهٔ قبل از ساخت سد، بستر مقطع شکل V داشته و کمابیش متقارن با دیواره‌های پرشیب بوده

است (شکل ۴- الف) و از جوان بودن رود و قرار داشتن آن در مرحلهٔ حفر و کف‌کنی حکایت دارد. این نیمرخ در دورهٔ ساخت سد عریض‌تر شده و مقطع آن در گذر زمان به شکل U تغییر یافته است (شکل ۴- ب) که این تغییر به‌دلیل فرسایش در کناره‌های بستر رود و نیز، برداشت بخشی از منابع قرضهٔ ساخت سد از بستر رود ایجاد شده است. در بعد از ساخت سد (شکل ۴- ج)، نیمرخ عرضی در محدودهٔ بالادست کاملاً U شکل، عریض‌تر و پهن‌تر شده، قدرت تخریبی آن در جهت عمقی کاهش‌یافته و فرسایش به کناره‌های مجرا محدود شده است که دلیل آن، تشکیل سطح اساس جدید در منطقه و کاهش سرعت رود و حتی رسوب‌گذاری در بخش‌هایی از بستر است. در بخش مخزن، نیمرخ عرضی در دورهٔ قبل از ساخت سد دارای مقطع عریض‌تری نسبت به بخش بالادست بوده است (شکل ۴- د) که دلیل آن، قرار داشتن رود روی رسوب‌های آبرفتی سست و منفصل و تخریب کناره‌های بستر است. این مقطع از بستر به‌دلیل قرار گرفتن در بخش مخزن در حین ساخت سد (شکل ۴- م)، مورد حفر و پی کنی قرار گرفته و از جهت عمقی و عرضی عمیق‌تر و عریض‌تر شده است و روند عریض‌شدگی بستر در دورهٔ بعد از ساخت (شکل ۴- ن) نیز، به‌دلیل افزایش فرسایش در کناره‌های سد ادامه خواهد داشت؛ زیرا برخورد مستقیم آب با دامنه‌های کنارهٔ سد که مورد خاک‌برداری قرار گرفته، فرسایش این دامنه‌ها را بیشتر کرده و به‌دلیل این فرسایش، همواره بر عرض بستر اضافه می‌شود.



شکل ٤. مقاطع عرضی بستر رود در دورهٔ قبل، حین و بعد از ساخت سد در بخش‌های بالادست (موارد الف، ب، ج) و محدودهٔ مخزن سد(د، م، ن).

شیب رودخانه

بررسی شیب رودخانه در بخش بالادست و محدودهٔ مخزن، نشان می‌دهد که شیب در هر دو محدوده هنگام ساخت و نیز بعد از ساخت سد، کاهش یافته است (جدول ۲). دلیل کاهش شیب در محدودهٔ مخزن (از ۰/۰۲ به ۰/۰۰۸)، کف‌کنی بستر در این محدوده و مهم‌تر از همه، رسوب‌گذاری کل بار رسوبی رود در مخزن است. با توجه به اینکه هیچ آبی از این سد به پایین‌دست منتقل نمی‌شود و تمام بار بستری و معلق آن در مخزن ذخیره می‌شود، سد دلتا تشکیل می‌شود که

علاوه‌بر کاهش ظرفیت ذخیرهٔ مخزن و عمر مفید سد، شیب بستر را نیز کاهش می‌دهد؛ اما چون روخانه‌ها شیب خود را از پایین‌دست به سمت بالادست تنظیم می‌کنند، بنابراین شیب بستر در بخش بالادست سد نیز کاهش می‌یابد. این کاهش شیب حتی بر شیب شاخابه‌های فرعی که به بستر رود اصلی می‌ریزند نیز، تأثیر می‌گذارد. به‌گفته‌ای، کل بستر رود از مخزن به بالادست دچار تغییر شیب می‌شود. کاهش شیب که با رسوب‌گذاری و بالاآمدن بستر رود همراه است، سبب می‌شود که در مواقع سیلابی زمین‌های کشاورزی و سطوح بیشتری در اطراف رود سیلاب‌زده شود و مشکلاتی را برای سکونتگاه‌های بالادست سد ایجاد کند.

جدول ۲. تغییرات شیب بستر رود در دورهٔ قبل، حین و بعد از ساخت سد، در بخش های بالادست و محدودهٔ مخزن

شیب در محدوده مخزن	شیب در بالادست سد	بازه زمانی
۰/۰۲	۰/۰۱۹	قبل از ساخت سد
۰/۰۱	۰/۰۱۷	حین ساخت سد
۰/۰۰۸	۰/۰۱۵	بعد از ساخت سد

الگوی رود

با استفاده از ضریب پیچشی پیتز، رودخانهٔ گیلان‌غرب در قبل از دورهٔ ساخت سد در بالادست، دارای الگوی پیچانرودی و در محدودهٔ مخزن، دارای الگوی سینوسی است (جدول ۳). ضریب پیچشی رود در بالادست و در دورهٔ ساخت سد افزایش یافته، اما رود همچنان بر اساس ضریب پیچشی پیتز دارای الگوی پیچانرودی است. به‌احتمال، افزایش ضریب پیچشی در دورهٔ ساخت سد، به‌دلیل دستکارهایی است که در بستر برای برداشت منابع قرضهٔ مورد نیاز سد صورت گرفته و از سوی دیگر، این برداشت سبب ایجاد فرسایش بیشتر در بستر و کناره‌های رود شده است. به همین دلیل در دورهٔ ساخت سد، این ضریب افزایش می‌یافته است. در محدودهٔ مخزن تغییر الگوی رود از سینوسی به مستقیم است. هرچند که در دورهٔ ساخت سد ضریب سینوسی، به‌دلیل کف‌کنی بستر و عریض‌کردن آن افزایش یافته، اما در بعد از ساخت سد، به‌دلیل در دام افتادن و ته‌نشینی بار رسوبی رود در مخزن سد، ضریب پیچشی کاهش و الگوی رود به مستقیم تغییر یافته است.

جدول ۳. ضریب پیچشی رودخانهٔ گیلان‌غرب در بازهٔ بالادست و مخزن سد در دوره‌های قبل، حین و بعد از ساخت سد

ضریب پیچشی در محدودهٔ مخزن	ضریب پیچشی در بالادست سد	محدودهٔ رود
۱/۰۷	۱/۲۸	قبل از ساخت سد
سینوسی	پیچانرودی	نوع الگو
۱/۲۰	۱/۷۵	حین ساخت سد
سینوسی	پیچانرودی	نوع الگو
۰/۹۸	۱/۳۳	بعد از ساخت سد
مستقیم	پیچانرودی	نوع الگو

فرسایش قهقرایی مجرا و مورفولوژی شاخابه‌ها

در دورهٔ قبل از احداث سد، سرشاخه‌ها خود را با سطح اساس جریان رود اصلی تنظیم کرده و در حرکت به سمت آن بار رسوبی خود را کاهش می‌دادند و در ناحیهٔ پایین‌تر از شاخه‌های فرعی و محل تلاقی آنها با رود اصلی، دورهٔ جدید فرسایش آغاز می‌شده است و درنهایت رود پس از تأمین بار رسوبی با رسیدن به منطقهٔ کم‌شیب‌تر دشت، رسوب‌گذاری می‌کرده است. اما این وضعیت بعد از ساخت سد در سرشاخه‌ها تغییر می‌کند.

دریاچهٔ سد به‌عنوان سطح اساس جدیدی برای رودخانه عمل می‌کند و رود مجبور به تنظیم ویژگی‌های بستر خود با این سطح اساس جدید است و با هر گونه افزایش یا کاهش در میزان سطح آب دریاچه، ویژگی‌های مورفولوژیکی بستر رود نیز تغییر می‌کند. تغییر در رود اصلی روی شاخابه‌ها نیز تأثیر می‌گذارد. بنابراین شاخه‌های فرعی برای انطباق با رود اصلی و سطح اساس بالاآمده، ناچار به تغییر در ویژگی‌های فرسایشی و رسوب‌گذاری بستر خود هستند و با فرسایش قهقرایی، بستر را به سمت بالادست فرسایش می‌دهند و عمل رسوب‌گذاری نیز در بخش‌های پایین بستر آنها انجام می‌شود (شکل ۵). همچنان که شاخه‌های فرعی درنهایت با سطح اساس جدید منطبق می‌شوند، بار رسوبی رود کاهش می‌یابد و از محل تلاقی شاخه‌های فرعی با رود اصلی به پایین‌تر، دورهٔ جدیدی از فرسایش بستر در رود اصلی آغاز می‌شود.

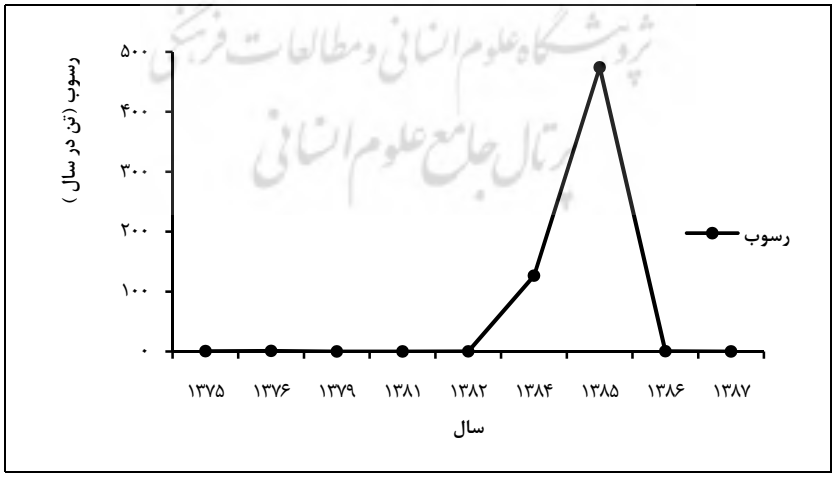
شکل ۵. رسوب‌گذاری در محل اتصال یکی از شاخابه‌ها به دریاچهٔ سد، تحت تأثیر بالاآمدن سطح اساس محلی (منبع : تصویر ماهواره‌ای IRS-P5)

با توجه به اینکه بخش بسیاری از آب پشت سد در فصل تابستان، برای کشاورزی در پایین‌دست سد مصرف می‌شود و حجم زیادی نیز از طریق تبخیر (سالانه حدود ۲۱۲۳/۶ میلی‌متر) هدر می‌رود، بنابراین سطح اساس آب در این فصل به مقدار زیادی پایین می‌رود. درنتیجه سرشاخه‌ها که خود را با سطح اساس زمان پُرآبی قبلی تنظیم کرده بودند،

یکباره و در زمان وقوع بارندگی‌ها و جریان آب در آنها، برای هماهنگی با سطح اساس جدید مجبور به حفر و فرسایش مجدد در بستر خود می‌شوند، این عمل پی‌درپی و هر ساله تکرار می‌شود. به‌طور کلی رود در زمان بالابودن سطح آب مخزن، اقدام به رسوب‌گذاری و در زمان پایین افتادن سطح آب در مخزن، اقدام به فرسایش بستر می‌کند و تمام سیستم رودخانه و شبکهٔ زهکشی آن تحت تأثیر این روند قرار گرفته و تغییر می‌یابند. تکرار فرایند فرسایش ـ رسوب‌گذاری، مقدار زیادی رسوب تولید می‌کند که درنهایت در مخزن سد ته‌نشین می‌شوند.

تغییر در مقدار رسوب

ساخت و بهره‌برداری از سد مقدار رسوب و ذخیره آن را تحت تأثیر قرار داده و تولید رسوب را افزایش می‌دهد. براساس برآورد مهندسان مشاور آب نیرو، سالانه به‌طور میانگین ۸۰۰۰۰ مترمکعب رسوب به مخزن سد وارد می‌شود (مهندسان مشاور آب نیرو، ۱۳۷۹: ۴). با توجه به نمودار رسوب در ایستگاه ورودی سد، مقدار بار رسوبی این رود در سال‌های قبل از احداث سد و هنگام ساخت آن بسیار کم بوده، اما با پایان احداث سد در سال ۸۲، میزان رسوب رود در سال‌های ۸۴ و ۸۵ ناگهان به مقدار زیادی افزایش پیدا کرده است (شکل ۶). دلیل این افزایش رسوب، می‌تواند بالا بودن دبی آب ورودی سد باشد که با افزایش بارش در این سال‌ها و نیز، شست‌وشوی رسوب تولید شدهٔ ناشی از عملیات ساخت‌وساز سد و خاک‌برداری و برداشت منابع قرضهٔ سد از دامنه‌های اطراف و بخش بالادست سد، ایجاد شده است. علاوه‌بر این، دامنه‌های فرسایش‌پذیر بالادست (سازندهای گورپی، پابده و آغاجاری) نیز، منابعی برای تولید رسوب هستند که استعداد منطقه در تولید رسوب را نشان می‌دهد، به‌ویژه اینکه در حوضهٔ مورد مطالعه و بالادست سد، عملیات آبخیزداری صورت نگرفته و در بیشتر دامنه‌های شیب‌دار شخم زمین در جهت شیب است.



شکل ٦ . نمودار رسوب رود گیلان‌غرب در ایستگاه ورودی سد

شکل‌گیری تراس آبرفتی جدید

در مورد تشکیل تراس‌های آبرفتی، دو نظریهٔ تکتونیکی و اقلیمی از طریق تغییر در سطح اساس وجود دارد. در نظریهٔ تکتونیکی، بالارفتن ارتفاعات یا پایین‌رفتن و فروافتادگی بخش‌های انتهایی (فرونشینی)، منجر به نیمرخ تعادلی و تغییر

سطح اساس می‌شود. در این حالت، رود با سرعت بیشتری جریان یافته، بستر قبلی خود را حفر می‌کند و کناره‌های بستر سابق به‌صورت پادگانه، در دو طرف یا گاهی در یک طرف رودخانه باقی می‌ماند. در نظریهٔ اقلیمی، تغییر دبی رواناب‌ها یا مقدار تبخیر آب، موجب تغییر در سطح اساس جریان، نسبت انتقال و اندازهٔ مواد می‌شود. با کم شدن دبی یا افزایش تبخیر، رود در بستر کوچکتری جریان می‌یابد و پادگانه‌ها در کنار آن شکل می‌گیرند (احمدی، ۱۳۹۰: ۲۸).

با توجه به اینکه ساخت سد، سبب ایجاد سطح اساس جدیدی می‌شود، رود شیب خود را با این سطح تنظیم می‌کند، اما چون حجم زیادی از آب سد طی ماه‌های خشک سال، مورد استفادهٔ کشاورزی قرار می‌گیرد و از سویی، تبخیر سالانهٔ آب حدود ۲۱۲۳/۶ میلی‌متر است، بنابراین در فصول خشک سطح اساس به مقدار زیادی پایین می‌رود و رود برای انطباق مجدد با سطح اساس، ناچار به حفر و کاوش بستر خود می‌شود. تکرار این عمل، پادگانه‌های جدیدی در کناره‌های بستر رود ایجاد می‌کند. علاوه‌بر این، مطالعات انجام‌شده روی نئوتکتونیک منطقه، از فعالیت‌های شدید نئوتکتونیکی و بالاآمدگی در ساحل راست رودخانه و کج‌شدگی شبکهٔ زهکشی به سمت ساحل چپ رود حکایت دارد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۰). بنابراین مجموع این عوامل، موجب حفر و کاوش رود در رسوبات آبرفتی اولیهٔ خود در ساحل چپ شده و کناره‌های بستر سابق، به‌صورت پادگانهٔ جدیدی (شکل ۷- تراس آبرفتی شمارهٔ ۳) در ساحل چپ رود باقی مانده‌اند.

شکل ۷. شکل‌گیری تراس آبرفتی ۳ در ساحل چپ رود بر اثر تغییرات سطح آب دریاچه سد و فعالیت نئوتکتونیکی گسل راندگی گیلان‌غرب

فرسایش کناره‌های دریاچه سد

در محدودهٔ مخزن سد، برخورد امواج تشکیل شده در سطح آب دریاچه با کناره‌ها، موجب فرسایش کناره‌های دریاچه‌شده و مقدار زیادی از خاک و مواد سطحی دامنه‌ها را شسته و در مخزن سد ذخیره می‌کند. این امواج با وزش باد بر سطح دریاچه به‌وجود می‌آیند. میزان فرسایش در کناره‌ها، بسته به بزرگی امواج و قدرت آنها متفاوت است. بزرگی این امواج به سرعت باد و عرض دریاچهٔ سد در مسیر وزش باد مربوط می‌شود. این موج‌ها معمولاً به‌صورت نامنظم و با طول موج و ارتفاع‌های متفاوت و پی‌درپی هستند. در محدودهٔ مخزن میزان فرسایش و آبشویی ناشی از این امواج، در ساحل چپ دریاچه بیشتر از ساحل راست است (شکل ۸– الف). همچنین با کاهش سطح آب دریاچهٔ سد در تابستان (شکل ۸ – ب)، تنش مؤثر خاک کنارهٔ دریاچه کاهش می‌یابد و خاک به‌صورت توده‌ای به درون دریاچه ریزش می‌کند. این امر، بیشتر در بخش‌هایی از ساحل چپ دریاچه دیده می‌شود که دیواره‌های قائمی دارد.

وقوع فرسایش شیاری و خندقی و حرکات توده‌ای

روی دامنه‌های مسلط به دریاچه، شاخابه‌ها میزان فرسایش خود را به‌دلیل شیب و تغییرات سطح اساس آب دریاچه در طول سال، بیشتر کرده‌اند و شیارهایی را در بخش‌هایی از دامنه‌های شمالی و جنوبی دریاچه سد به‌وجود آورده‌اند (شکل ۸– ج). رشد و توسعهٔ این شیارها، زمینه را برای ایجاد فرسایش خندقی در دامنه‌های اطراف مهیا کرده است و سبب رخداد فرسایش خندقی شده است (شکل ۸– د).

شکل ۸. رخداد فرسایش و آبشویی در محدودهٔ دریاچهٔ سد و دامنه‌های مسلط به آن، تحت تأثیر تغییرات سطح اساس. تصویر الف: فرسایش و آبشویی ناشی از عمل امواج در کناره‌های ساحل چپ دریاچه سد؛ تصویر ب : نوسان و افت سطح آب در طی فصول خشک سال؛ تصویر ج: وقوع فرسایش شیاری در دامنه‌های مسلط به دریاچه سد؛ تصویر د: رخداد فرسایش خندقی در دامنهٔ مسلط بر ساحل چپ دریاچه سد.

همچنین یکی از فرایندهای طبیعی که پس از احداث سدها رخ می‌دهد، نفوذ آب دریاچهٔ سد بـه داخـل لایـه‌هـای دامنه‌های اطراف است؛ بنابراین در اثر نفوذ و تماس دامنه با آب، اصطکاک بین لایه‌ای کاهش می‌یابد و پایـداری شـیب به‌هم خورده و رانش زمین صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه دامنه‌های مشرف به سد گیلان‌غرب در تمـاس مسـتقیم بـا دریاچهٔ آن قرار دارند و با توجه به وقوع لغزش‌های قدیمی (ازجمله تودهٔ زمین‌لغزش کاسه‌گران) در منطقـه و دامنـه‌هـای اطراف سد که در نقشهٔ ژئومورفولوژیکی منطقه مشخص شده‌اند (شکل ۲)، می‌توان گفت این منطقه مستعد تکرار رخـداد زمین لغزش است و نفوذ آب دریاچهٔ سد در دامنه‌های اطراف، احتمال رخداد لغزش در محدودهٔ سد را بالا می‌برد که سبب حمل مقدار زیادی رسوب به دریاچهٔ سد می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

عملیات سدسازی و بهره‌برداری از این‌گونه سازه‌های آبی در حوضـه‌هـای رودخانـه‌ای، تغییـرات عمـده‌ای را در فعالیـت فرایندهای ژئومورفولوژیکی پدید آورده و تعادل سیستم‌های پویا را برهم‌زده است. این ساختار با توجـه بـه ویژگـی‌هـای مورفولوژیکی محلی، شرایط اقلیمی حاکم و تغییر در الگوی جریان طبیعی آبها، تغییر در مقدار رسوب‌گذاری و بار رسـوبی رود، تغییر در انرژی آب هنگام عملکرد فرایندهای ژئومورفولوژیکی رودخانه‌ها، حوضه‌ها و دامنه‌های مشـرف بـه دریاچـهٔ سدها، اثرات زیادی را بر جای گذاشته‌اند و تغییرات مورفولوژیکی را از طریق تغییـر در عملکـرد فراینـدهای فرسایشـی و رسوب‌گذاری در سامانه‌های حوضه‌های زهکشـی اعمـال مـی‌کننـد کـه موجـب دگرگـونی کامـل چهـرهٔ حوضـه‌هـا در محدوده‌های نزدیک به سدهای احداث شده می‌شوند. احداث سد در مسیر رود گـیلان‌غـرب و تشـکیل دریاچـه و ایجـاد سطح اساس جدید، تغییرات شگرفی را در محیط این رود و کل حوضه به‌وجود آورده و به‌لحاظ پویایی رود، ویژگـی‌هـای ژئومورفولوژیکی بستر جریان را تغییر داده است. با توجه به استخراج و محاسبهٔ پارامترهایی چون شیب رودخانـه، ضـریب پیچشی رودخانه، ترسیم نیمرخ‌های طولی و عرضی، ویژگی‌های فرسایشی دامنه‌هـا، تغییـرات سـطح اسـاس و تغییـر در میزان دبی آب و رسوب، نتایج زیر به‌دست آمده است.

طی سال‌های اول بهره‌برداری از سد (سال‌های ۸۳، ۸۴ و ۸۵)، میزان بـار رسـوبی رودخانـه در بخـش بالادسـت و مخزن سد افزایش یافته است که دلیل آن به ایجاد سطح اساس جدید در منطقه و تلاش رودخانه برای تنظـیم شـدن بـا این سطح اساس و نیز، حمل رسوبات تولید شده در دامنه‌ها و محل مخزن در دوران عملیات ساخت سد مربوط می‌شـود. درنهایت تمام این رسوب‌ها با قطع کامل جریان در پایین‌دست سد، در مخزن ذخیره مـی‌شـوند و دلتـایی را در آن ایجـاد می‌کنند. با رشد این دلتا و بالاآمدن سطح اساس، عملکرد فرسایشی و رسوب‌گذاری رود تغییر می‌یابد و این عامل موجب کاهش شیب رودخانه در بالادست و محدودهٔ مخزن نسبت به قبل از احداث سد می‌شود. از سوی دیگر در فصول خشک، استفاده از آب سد در کشاورزی و تبخیر شدید آن، سطح آب دریاچه را به‌شدت پایین می‌آورد، بنابراین رود بـرای انطبـاق دوباره با سطح اساس جدید، ناچار به حفر و کاوش در رسوب‌های بستر خود می‌شود. علاوه‌بـر ایـن، فعالیـت‌هـای شـدید نئوتکتونیکی و بالاآمدگی در ساحل راست رودخانه و کج‌شدگی شبکهٔ زهکشی به سمت ساحل چـپ رود، سـبب تشـدید فعالیت حفر و کاوشی رود در رسوب‌های آبرفتی اولیهٔ ساحل چپ‌شده و کناره‌های بستر سابق، به‌صـورت پادگانـهٔ آبرفتـی

جدیدی در ساحل چپ رود باقی مانده‌اند. همچنین تغییرات سطح اساس، موجب رشد و توسعهٔ فرسایش شیاری و ایجاد فرسایش خندقی در دامنه‌های مسلط به دریاچهٔ سد شده است. مطابق با ضریب پیچشی پیتز، الگوی رودخانه در بازهٔ بالادست بعد ازساخت سد، از ۱/۲۸ به ۱/۳۳ افزایش داشته که حاکی از تغییر الگوی رود به سمت پیچانرودی شدید است. در محدودهٔ مخزن نیز، الگو از سینوسی به مستقیم تغییر یافته است. همچنین با توجه به نیمرخ‌های ترسیم شده از بستر رود در دوره‌های سه‌گانه و در مقاطع مختلف رودخانه، مقطع طولی و عرضی رود در بعد از احداث سد تغییر یافته که نشان‌دهندهٔ تغییر در عرض، عمق و شیب مجراست؛ به‌گونه‌ای که در قبل از احداث سد، نیمرخ عرضی در بالادست سد دارای مقطع V شکل بوده، اما در دورهٔ بعد از احداث سد این نیمرخ به شکل U تغییر یافته است.

منابع

Ab-Niroo Consulting Engineers, 2000, **Reservoir Dam Project and Network of Irrigation - Drainage the Gilan-e-Gharb Plain (Locating Gilan-e-Gharb Dam and Related Facilities),** Ministry of Energy, Water Organization of West Regional.

Ahmadi, S., 2011, **The Alluvial Terrace Evidence of the Quaternary Morphology,** Earth Science & Mineral, Vol. 6, No. 62, PP. 26-29.

Asaeda, T., Rashid, M.H., 2012, **The Impacts of Sediment Released from Dams on Downstream Sediment Bar Vegetation**, Journal of Hydrology, Vol. 430-431, No. 1, PP. 25–38.

Bayati Khatibi, M., 2007 a, **The Effect of Dam Construction in Geomorphologicaly Evolution of the Rivers Bed,** Geographic Space, Vol. 7, No. 17, PP. 167-129.

Bayati Khatibi, M., 2007 b, **Consequences of the Lack of Systematic Approach in the Construction Gharanghochay Dam in Eastern Slopes of Sahand,** Geographic Space,Vol.7, No. 19, PP. 33-62.

Bayati Khatibi, M., 2008, **The Review of Method Affect Sahand Dam on the Change of Bed Stream Morphology in Gharangho River on Erosion and Sedimentary its (Case Stady: Gharanghochay Basin, Eastern Slopes of Sahand Mountain, North Western of Iran),** Geography and Development, Vol. 6, No. 11, PP. 199-220.

Bayati Khatibi, M., Karami, F., Rajabi, M., Mokhtari, D., 2009, **Review Geomorphological Changes Due the Construction of Sahand and Mallajigh Dams in the Bed of Gharangho and Shor Rivers and Dominant Slope on the Lake of Dams (in: Eastern Slopes of Sahand Mountain)**, Physical Geography Research Quarterly, Vol. 41, No. 68, PP. 1-13.

Berger, A. R, Iams, W., 1996, **Geoindicators: Assessing Rapid in Earth Systems,** Published by A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfild.

Brandt, S. A., 2000, **Classification of Geomorphological Effects Downstream of Dams,** Catena, Vol. 40, PP. 375-401.

Cooke, R. U., Doornkamp, J. C., 1998, **Geomorphology in Environmental Management,** Vol. 1, Translated by Shapour Gudarzinejad, Samt, Tehran.

Csiki, S., Rhoads, B., 2013, **Influence of Four Run-of-river Dams on Channel Morphology and Sediment Characteristics in Illinois, USA,** Geomorphology, Vol. 206, PP. 215-229.

Dolati, J., 2008, **The Review of Geomorphological Changes Segment Middle of Atrak (With Use of GIS and RS),** Thesis for Masters of Science, Supervisor: Dr. Yamani, Faculty of Geography, Tehran University.

Draut, A.E, Logan, J.B., Mastin, M.C, 2011, **Channel Evolution on the Dammed Elwha River, Washington, USA,** Geomorphology, Vol. 127, No. 1-2, PP. 71-87.

Du, X., 2006, **Impact of Channelization and Dam Construction on Kaskaskia River Morphology,** Thesis for Master of Science Degree, in the Graduate School Southern Illinois University Carbondale.

Freeland, C., 1997, **The Downstream Impacts of the Gillespie Dam Breach on the Lower Gila River,** Thesis for Degree Master of Arts, Arizona State University.

Grant, G. E., Schmidt, J. C., Lewis, S. L., 2003, **A Geological Framework for Interpreting Downstream Effects of Dams on Rivers,** Water Science and Application, Vol. 7, No. 1, PP. 209-225 .

Gupta, H., Kao, S.J., Dai, M., 2012, **The Role of Mega Dams in Reducing Sediment Fluxes: A Case Study of Large Asian Rivers,** Journal of Hydrology, Vol. 464-465, PP. 447-458.

Hadley, R. F., 1988, **Reservoir Sedimentation: Impact, Extent, and Mitigation,** Eos, Transactions American Geophysical Union, Vol. 69, No. 37, PP. 850.

Hamilton, J. L., 2007, **The West Branch Delaware River, New York, Downstream of the Cannonsville Dam,** Thesis the Degree of Master of Science in Geology In the Graduate School of Binghamton University, State University of New York .

Hossinzade, M., Nohegar, A., 2006, **The Effects of Construction Minab Dam on Hydrodynamic and Changes in River Bed of Minab,** Geography (Journal of Geographical Association of Iran), Vol. 4, No.10 & 11, PP. 57-76.

Locher, H., Telfer, D., Bresnehan, S., 2002, **Downstream Meander Dam Fluvial Geomorphology Assessment,** Final report, GECO Stream & Catchment Assessment, Tasmania, Australia.

Ma, Y., Huang, H. Q., Nanson, G. C, Li, Y., Yao, W., 2012, **Channel Adjustments in Response to the Operation of Large Dams: the upper Reach of the Lower Yellow River,** Geomorphology, Vol. 147–148, PP.35–48.

Maghsodi, M., Bagheri, S., Daoodi, M., 2011, **the review Gilan -e- Gharb Thrust with use the Geomorphological of Indicators and Evidences,** Geography and Development, No. 21, PP. 137-158.

Magilligan, F.J, Nislow, K.H., 2005, **Changes in Hydrologic Regime by Dams,** Geomorphology, Vol. 71, No. 1-2, PP. 61-78.

Marie Pohl, M., 1999, **the Dams of the Elwha River, Washington: Downstream Impacts and Policy Implications,** Dissertation for Degree Doctor of Philosophy, Arizona State University.

Nelson, N.C., Erwin, S.O., Schmidt, J., 2013**, Spatial and Temporal Patterns in Channel Change on the Snake River Downstream from Jackson Lake Dam,** Wyoming, Geomorphology, Vol. 200, PP. 132–142.

Oghabi, M., 2006, **Analyzing the Quasi-Static of Gables Slope Gilan-e-gharb Dam in Earthquake Condition,** Thesis for Masters of Science, Supervisor: Dr. Sanaei Rad, Faculty of Post Graduate, Islamic Azad University of Arak.

Overeem, I., Kettner, A.J., Syvitski, J.P.M., 2013, **Impacts of Humans on River Fluxes and Morphology,** Treatise on Geomorphology, Vol. 9, No. 1, PP. 828-842.

Petts, G.E., Gurnell, A.M., 2005, **Dams and Geomorphology: Research Progress and Future Directions,** Geomorphology, Vol. 71, No. 1-2, PP. 27-47.

Schumm, S.A., 1973, **Geomorphic Thresholds and Complex Response of Drainage Systems, in: Fluvial Geomorphology**, Proceedings of the 4th Annual Geomorphology Symposia, Binghamton, New York, ed. M. Morisawa, 299-310.binghamton, Ny:publication in Geomorphology,State University of new York.

Skalak, K.J., Benthem, A.J., Schenk, E.R., Hupp, C.R., Galloway, J.M., Nustad, R.A., Wiche, G.J., 2013, **Large Dams and Alluvial Rivers in the Anthropocene: The Impacts of the Garrison and Oahe Dams on the Upper Missouri River,** Anthropocene, Vol. 2, No. 1 PP. 51-64.

Stave, J., Oba, G.S, Nils, C., Nordal, I., 2005, **Environmental gradients in the Turkwel Riverine Forest, Kenya: Hypotheses on dam-induced vegetation change,** Forest Ecology and Management, Vol. 212, No. 1-3, PP. 184-198.

Sternberg, R., 2006, **Damming in River: a Changing Perspective on Altering Nature,** Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.10, No. 3, PP. 165-197.

Stevaux, J.C., Martins, D.P., Meurer, M., 2009, **Changes in a Large Regulated Tropical River: The Paraná River Downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil,** Geomorphology, Vol. 113, No. 3-4, PP. 230- 238.

Surian, N., Rinaldi, M., 2003, **Morphological Response to River Engineering and Management in Alluvial Channels in Italy,** Geomorphology, Vol. 50, No. 4, PP.307-326.

Tagliaferro, M., Miserendino, M.L., Liberoff, A., Quiroga, A., Pascual, M., 2013, **Dams in the Last Large Free-flowing Rivers of Patagonia, the Santa Cruz River, Environmental Features, and Macro Invertebrate Community,** Limnologica– ecology and Management of Inland Waters, Vol. 43, No. 6, PP. 500–509.

Vericat, D., Batalla, R.J., Garcia, C., 2006, **Breakup and Reestablishment of the Armour Layer in a Large Gravel-bed River below Dams: The Lower Ebro,** Geomorphology, Vol. 76, No. 1-2, PP. 122- 136.

Xu, K., Milliman, J.D., 2009, **Seasonal Variations of Sediment Discharge from the Yangtze River before and after Impoundment of the Three Gorges Dam,** Geomorphology, Vol.104, No. 3-4, PP. 276 -283.

Yuan, W., Yin, D., Finlayson, B., Chen, Zh., 2012, **Assessing the Potential for Change in the Middle Yangtze River Channel Following Impoundment of the Three Gorges Dam,** Geomorphology, Vol. 147–148, No. 1 PP. 27–34.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی