

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۸، پاییز ۱۳۹۵، صص ۱۸۱-۱۶۱

وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۲۵ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۲۴

بررسی الگوهای پیشروی و پسروی رودخانه‌ی بشار بر اساس تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و مطالعات زمینی

احمد نوحه‌گر^{*۱}

مجید خزایی^۲

رسول مهدوی نجف آبادی^۳

عبدالرسول تلوری^۴

چکیده

فرسایش کناره‌ای یکی از منابع اصلی رسوب‌گذاری در بسیاری از رودخانه‌های جهان است. هدف از این مطالعه، شناسایی بازه‌های فرسایش‌پذیر در رودخانه‌ی بشار بوده است. در این راستا الگوهای پیشروی و پسروی رودخانه‌ی بشار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی در یک دوره‌ی ۴۰ ساله مورد بررسی قرار گرفت. بعد از ایجاد پایگاه اطلاعاتی رودخانه‌ی بشار، اقدام به رقوم‌سازی خط کناری رودخانه در سال‌های مختلف گردید. سپس با مقایسه تغییرات متوالی در خط کناری رودخانه، میزان پیشروی و پسروی کناری تعیین گردید. به علت تأثیرگذاری دبی و زمین‌شناسی بر الگوهای فوق اثرات این عوامل نیز بررسی شد. به منظور بررسی صحت نتایج اقدام به بررسی میدانی بازه‌های فرسایش‌پذیر گردید. نتایج حاکی از تغییر الگوهای پیشروی و پسروی از سال ۱۹۹۴ تاکنون بوده است. بیشترین میزان پیشروی و پسروی در طی دوره‌های مورد بررسی

۱- استاد دانشکده فنی محیط زیست دانشگاه تهران (نویسنده‌ی مسئول).
Emial: nohegar@ut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه هرمزگان.

۳- استادیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری دانشگاه هرمزگان.

۴- بازنشسته سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور.

به ترتیب به میزان ۴/۷ هکتار در سال در ۱۹۷۵-۱۹۸۴ و ۸ هکتار در سال در دوره ۱۹۸۴-۱۹۹۰ مشاهده شده است. کمترین میزان پیشروی و پسروی به ترتیب در دوره‌های زمانی ۲۰۰۸-۲۰۱۱ به میزان ۲/۶ و ۲/۳ هکتار در سال محاسبه شده است. بررسی نسبت پیشروی و پسروی در بازه‌های مورد بررسی رودخانه‌ی بشار نشان داد که بازه‌ی پنجم و دوم به ترتیب به میزان ۶/۹ و ۶/۴ هکتار در سال بیشترین نسبت پیشروی و بازه‌های دوم و پنجم به ترتیب به میزان ۶/۷ و ۶/۵ هکتار در سال بیشترین نسبت پسروی را داشته‌اند. ضریب همبستگی بین نسبت پیشروی و پسروی با دبی متوسط سالانه به ترتیب به میزان ۰/۵۴ و ۰/۴۴ مشاهده شده است.

کلمات کلیدی: پسروی، پیشروی، تصاویر ماهواره‌ای، رودخانه‌ی بشار، سنجش‌ازدور.

مقدمه

در ایران همه ساله پهنه‌های وسیعی از اراضی مرغوب و حاصلخیز سواحل رودخانه و مسیل‌ها بر اثر عبور جریان‌های سیلابی فرسایش یافته و تخریب می‌شوند. پسروی رودخانه را می‌توان به طغیان سیلاب و نیروی وارده به کناره‌ی رودخانه نسبت داد. در مدت زمانی که سطح آب بالاست، فشار هیدرولیکی به کناره داخلی رودخانه وارد می‌شود. با افت تراز آب در مدت پسروی رودخانه، فشار هیدرولیکی دیوار کانال کاهش می‌یابد و جریان آب از کناره‌ی رودخانه به داخل کانال برمی‌گردد که سبب حرکت جانبی مواد کناری و گسیختگی پنجه‌ای می‌شود (تورن^۱، ۱۹۸۲). در رودخانه‌های آبرفتی فرایندهای مستمر پیشروی و پسروی^۲ سبب تغییرات کانال از بازه‌ای به بازه‌ی دیگر می‌شود. در این راستا بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌های آبرفتی به ویژه تغییرات کانال از طریق فرایندهای

1- Thorne

2- accretion

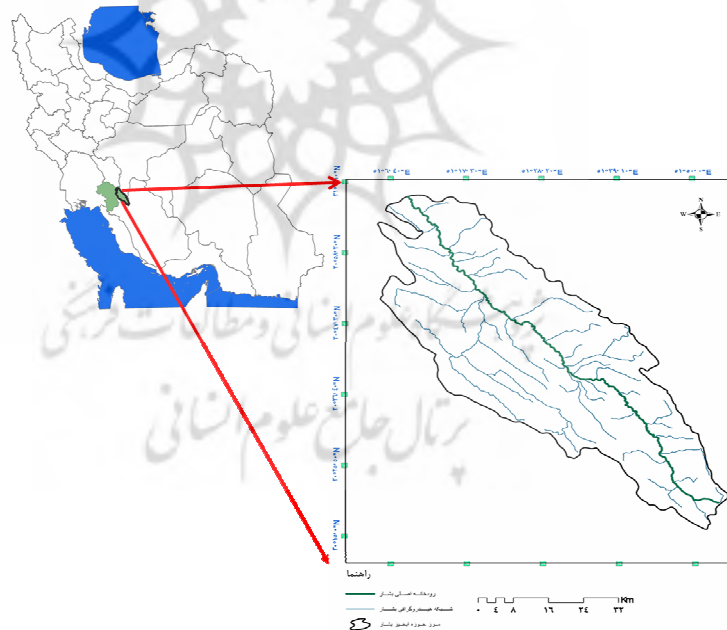
پیشروی و پسروی و همچنین تکنیک‌های تشخیص این تغییرات برای برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌های رودخانه‌های آبرفتی مفید است (حسین و همکاران، ۲۰۱۳). تعیین میزان پیشروی و پسروی منوط به تعیین و تشخیص دقیق خط ساحلی دارد. در دهه‌های اخیر مطالعات مختلفی روی مورفولوژی رودخانه‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام شده است. در داخل کشور رضایی مقدم و پیروزی‌نژاد (۱۳۹۳) بر اساس تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۳۴، ۱۳۴۸ و ۱۳۸۲ نشان دادند میزان سطوح پیشروی یافته نسبت به سطوح رسوب‌گذاری بیش‌تر بوده است. بررسی تغییرات مورفولوژیکی قسمتی از آبراهه‌ی بابل‌رود توسط یمانی و همکاران (۱۳۹۴) در طی سه بازه‌ی زمانی ۱۳۳۴، ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ با استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست نشان داده‌اند که الگوی رودخانه در محدوده‌ی مورد مطالعه نسبتاً ناپایدار بوده است. یائو و همکاران (۲۰۱۱) سطح کل پیشروی یافته بازه‌های رودخانه‌ی Yellow چین در طول سال‌های ۱۹۵۸ تا ۲۰۰۸ را در دو طرف رودخانه معادل ۵۱۸ کیلومترمربع گزارش نمودند. باسر و همکاران^۱ (۲۰۱۲) با استفاده از تصاویر لندست سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۰۳ رودخانه‌ی Jamuna هندوستان میانگین پیشروی و پسروی را به ترتیب به میزان ۲۲۷ و ۲۷۱ برای ساحل چپ و ۱۸۷ و ۱۴۸ متر در سال در ساحل راست برآورد نمودند. حسین و همکاران (۲۰۱۳) به ارزیابی تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ی Gonges با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و IRS در دوره‌ی زمانی ۱۹۷۳-۲۰۰۹ پرداختند. نتایج نشان داد که ساحل راست نسبت به ساحل چپ حساسیت بیشتری به پیشروی دارد. از تحقیقات صورت گرفته می‌توان این‌طور جمع‌بندی نمود که پیشروی کناری رودخانه یک معضل زیست‌محیطی، اکولوژیکی و مدیریتی است. بر همین اساس روش‌ها و مدل‌های مختلفی به‌منظور بررسی آن ارائه شده است، در این میان علم سنجش‌ازدور همواره

1- Basar et al.,

یکی از بهترین روش‌های مطالعه فرسایش رودخانه‌ای بوده است. بر این اساس تحقیق حاضر با هدف شناسایی بازه‌های فرسایش‌پذیر (بیشترین میزان پیشروی) در رودخانه‌ی بشار به لحاظ اهمیت توسعه‌ای و بهره‌برداری از آن در سطح ملی و همچنین مسائل زیست‌محیطی، صورت گرفته است.

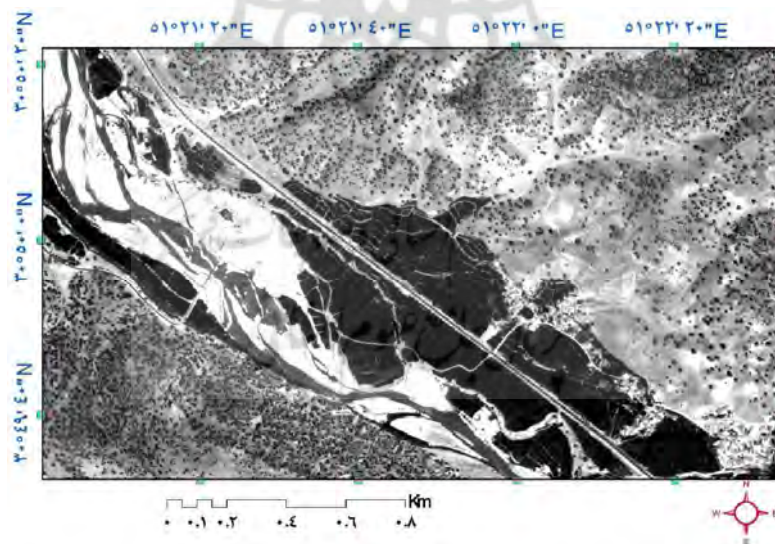
مواد و روش‌ها

حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی بشار از زیرحوضه‌های کارون بزرگ است که از کوه‌های سپیدان استان فارس سرچشمه گرفته و پس از عبور از دشت یاسوج و پیوستن رودخانه‌های کوچک و بزرگ به آن سرانجام به رودخانه‌ی ماربر پیوسته و رودخانه‌ی خرسان را تشکیل می‌دهد (شکل ۱).



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

در مجموع ۱۰ تصویر لندست از سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۵، عکس‌های هوایی سال‌های مختلف، تصاویر گوگل‌ارث و تصویر سال ۲۰۰۸ ماهواره IRS برای این مطالعه انتخاب شد. برای مقایسه مرزهای کناره‌های رودخانه و برای اجتناب از استفاده از ترازهای مختلف آب و جلوگیری از میزان خطا در تخمین نسبت پیشروی و پسروی کناره‌های رودخانه از تصاویر چند زمانی در زمان کم‌آبی استفاده شد. تصاویر در سال‌های ۱۹۷۵، ۱۹۷۸، ۱۹۸۴، ۱۹۹۰، ۱۹۹۴، ۱۹۹۹، ۲۰۰۳، ۲۰۰۸، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۵ تهیه شدند. باندهای ۱، ۲ و ۳ لندست MSS و باندهای ۲، ۳ و ۴ لندست TM ترکیب رنگی مشخصی از باندهای مرئی مادون قرمز تشکیل می‌دهند که برای تشریح و تفکیک اراضی آبی و خشکی مفید است (حسین و همکاران، ۲۰۱۳). به منظور افزایش کیفیت و وضوح تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار سنجش‌ازدور ENVI از روش HSV استفاده شد. در شکل (۲) تصویر بازه‌ای از رودخانه‌ی بشار به صورت نمونه ارائه شده است.



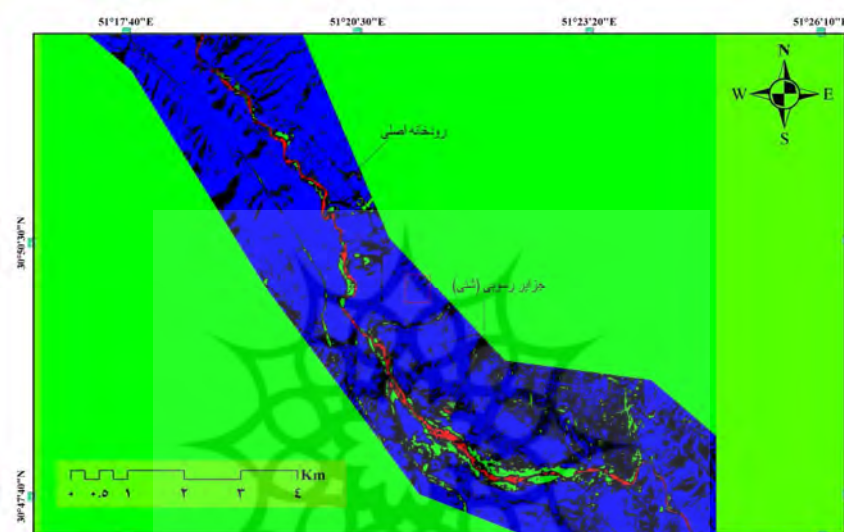
شکل (۲) تصویر ماهواره لندست یک بازه از رودخانه‌ی بشار

آشکارسازی مکانی تصاویر و انتخاب روش‌های جداسازی آب و زمین

در بخش‌هایی از بازه‌های مورد مطالعه، مقطع عرضی کانال وسیع و کم‌عمق است. به طوری که تغییرات کم در سطح آب منجر به ایجاد تغییرات بیشتر در موقعیت مرزهای کانال می‌گردد. برای اجتناب از این مسئله کانال رودخانه به عنوان منطقه‌ای با پوشش گیاهی کمتر از ۱۰ درصد فرض گردید. بنابراین کنتراست بین خاک لخت و مناطق دارای پوشش گیاهی واضح است. روش استفاده از پوشش گیاهی و خاک لخت برای تشخیص کانال رودخانه با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژیکی به طور موفقیت‌آمیزی به وسیله‌ی گارنل (۱۹۷۷) و وینترباتوم (۲۰۰۰) به کار رفته است. در این تحقیق بسته به نوع، زمان و وضوح تصاویر از روش‌های مختلف بارزسازی مثل بارزسازی لبه، بسط خطی اشباع، Density Slice و Tasseled Cap استفاده شد (شکل ۳). یکی دیگر از روش‌های تفکیک اراضی آبی و خشکی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت طبقه‌بندی تصاویر بود. در طبقه‌بندی، از روش نظارت شده استفاده شد که در آن تصاویر به سه کاربری و کلاس پوشش اراضی مختلف طبقه‌بندی گردید. به طوری که در نقشه‌ی طبقه‌بندی شده، آب (کانال رودخانه)، جزایر شنی و کاربری اراضی رقومی گردید (EGIS، ۱۹۹۹).

تشخیص بین کانال‌های فعال و متروک (غیرفعال) مشکل است. در این‌چنین مواردی از معیار EGIS (۱۹۹۹) استفاده می‌شود. در معیار ارائه شده توسط EGIS (۱۹۹۹) اجسام و موانع شنی و اراضی پوشش گیاهی واقع در بستر نیز در نظر گرفته می‌شود (شکل ۳). در این مطالعه تمام تصاویر ماهواره‌ای با دقت برای تشخیص خطوط ساحلی یا کناری رودخانه در نرم‌افزار Arcgis10 رقومی شدند. در ابتدا رودخانه‌ی بشار به ۷ بازه به طول ۱۱ کیلومتر تقسیم گردید سپس لبه‌های کناری رودخانه در هر بازه از بالادست به سمت پایین‌دست رقومی گردید. فرایند مشابه برای تصاویر زمان‌های مختلف انجام گردید. تغییرات لبه‌های چپ و راست

رودخانه با استفاده از مختصات کناری رودخانه به عنوان میزان پیشروی و پسروی محاسبه گردید.



شکل (۳) تصویر طبقه‌بندی‌شده‌ی بازه‌ای از رودخانه‌ی بشار

تغییرات کوتاه و بلندمدت برای هر دو ساحل چپ و راست آنالیز شد. برای آنالیز کوتاه‌مدت نسبت جابه‌جایی بر اساس تفاوت بین دو تصویر متوالی محاسبه گردید. در این مطالعه برای آنالیز کوتاه‌مدت نسبت جابه‌جایی بین تصاویر سال‌های ۱۹۸۴-۱۹۷۵، ۱۹۸۴-۱۹۹۰، ۱۹۹۴-۱۹۹۰، ۱۹۹۴-۱۹۹۹، ۱۹۹۹-۲۰۰۳، ۲۰۰۳-۲۰۰۸، ۲۰۱۱-۲۰۰۸ و ۲۰۱۱-۲۰۱۵ محاسبه شد. در مقابل در آنالیز بلندمدت، میزان پیشروی و پسروی سال‌های ۱۹۸۴، ۱۹۹۰، ۱۹۹۴، ۱۹۹۹، ۲۰۰۳، ۲۰۰۸، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۵ نسبت به سال ۱۹۷۵ محاسبه شدند.

تعیین سطح پیشروی و پسروی

در این بررسی خطوط ساحلی طی دوره‌های مختلف در داخل یک‌لایه‌ی رقومی واحد برای ایجاد پلی‌گون‌هایی که تفاوت بین دو مکان را نشان دهند ایجاد گردید. اگر پلی‌گون در سمت چپ خطوط ساحلی قرار گیرد پلی‌گون پیشروی و اگر پلی‌گون در سمت راست خط ساحلی قرار گیرد، پلی‌گون پسروی را نشان می‌دهد. از فرایند مشابه برای ارزیابی پیشروی و پسروی ساحل سمت راست استفاده شد. برای تعیین نوع تغییرات هر یک از سواحل ابتدا موقعیت هر خط ساحلی در بازه‌های مکانی مورد مطالعه با خط ساحلی دوره‌ی قبل مقایسه شد تا نوع جابه‌جایی در قالب پیشروی و پسروی مشخص شود. سپس سطح جابه‌جایی‌ها نیز نسبت به دوره‌ی قبل اندازه‌گیری شد. نسبت پیشروی و پسروی نیز از تقسیم میزان پیشروی و پسروی هر دوره نسبت به اختلاف زمان دو تصویر محاسبه گردید که برحسب هکتار بر سال است.

بحث و نتایج

بعد از تهیه، پردازش و رقومی‌سازی تصاویر ماهواره‌ای، مقادیر پیشروی و پسروی برای هر بازه و هر دوره‌ی زمانی محاسبه گردید (جدول ۱ تا ۴) ارائه شده‌اند. جداول (۱ و ۲) مقادیر پیشروی و پسروی را برای دوره‌های زمانی متوالی (تغییرات کوتاه‌مدت) ارائه نموده است و جداول (۳ و ۴) مقادیر پیشروی و پسروی را برای دوره‌های زمانی مختلف نسبت به دوره‌ی مرجع (تغییرات زمانی بلندمدت) که سال ۱۹۷۵ است ارائه کرده است.

از نتایج جدول بالا مشخص است که در دوره‌های بررسی شده میزان پیشروی در بازه‌های اول، دوم و پنجم بیشترین مقادیر را ارائه نموده است. در دوره‌ی اول

(۱۹۷۵-۱۹۸۴) میزان پیشروی برای ۹ سال محاسبه شده است. در صورتی که در بازه‌های دوم، سوم، چهارم، پنجم، ششم و هفتم میزان پیشروی به ترتیب برای ۱۵، ۱۹، ۲۴، ۲۸، ۳۲، ۳۵ و ۴۰ سال محاسبه شده است. نتایج مقادیر پیشروی در سال‌های مختلف نسبت به سال مرجع (۱۹۷۵) نشان داد که نمی‌توان روند خاصی را در افزایش یا کاهش پیشروی در طی دوره‌های مختلف ارائه نمود که بسته به شرایط هیدرولوژیکی هر دوره از لحاظ سیل و خشک‌سالی، تغییرات کاربری اراضی، اثرات فعالیت‌های انسانی و عوامل جانبی دیگری دارد. نتایج میزان تغییرات پسروی دوره‌های زمانی مختلف نسبت به سال مرجع ۹۷۵ (جدول ۲) نشان داده است که در دوره‌های بررسی شده میزان پسروی در بازه‌های اول، دوم و سوم بیشترین مقادیر را ارائه نموده است. به طور مشابه با نتایج جدول (۱) نتایج مقادیر پیشروی در سال‌های مختلف نسبت به سال مرجع (۱۹۷۵) (جدول ۲) نشان داده است که نمی‌توان روند خاصی را در افزایش یا کاهش پیشروی در طی دوره‌های مختلف ارائه نمود.

جدول (۱) میزان پیشروی طولانی‌مدت در بازه‌های مورد بررسی رودخانه‌ی بشار

ردیف	تغییرات زمانی	بازه اول	بازه دوم	بازه سوم	بازه چهارم	بازه پنجم	بازه ششم	بازه هفتم
۱	۱۹۸۴-۱۹۷۵	۰/۴۴*	۰/۴۸	۰/۵۴	۰/۴۹	۰/۵۸	۰/۲۴	۰/۲۹
۲	۱۹۹۰-۱۹۷۵	۰/۵۱	۰/۳۸	۰/۲۵	۰/۴۲	۰/۶۳	۰/۲۶	۰/۳۶
۳	۱۹۹۴-۱۹۷۵	۰/۵۲	۰/۴۷	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۸۶	۰/۱۶	۰/۲۳
۴	۱۹۹۹-۱۹۷۵	۰/۵۵	۰/۴۲	۰/۳۵	۰/۳۰	۰/۸۲	۰/۲۰	۰/۲۲
۵	۲۰۰۳-۱۹۷۵	۰/۴۸	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۷۶	۰/۱۷	۰/۱۹
۶	۲۰۰۸-۱۹۷۵	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۷۸	۰/۲۶	۰/۲۵
۷	۲۰۱۱-۱۹۷۵	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۳۶	۰/۲۶	۰/۶۰	۰/۳۷	۰/۲۶
۸	۲۰۱۵-۱۹۷۵	۰/۴۶	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۵۹	۰/۴۳	۰/۳۶

جدول (۲) میزان پسروری طولانی مدت در بازه‌های مورد بررسی رودخانه‌ی بشار

ردیف	تغییرات زمانی	بازه‌ی اول	بازه‌ی دوم	بازه‌ی سوم	بازه‌ی چهارم	بازه‌ی پنجم	بازه‌ی ششم	بازه‌ی هفتم
۱	۱۹۷۵-۱۹۸۴	۰/۴۷	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۳۶	۰/۴۷	۰/۳۳	۰/۲۶
۲	۱۹۷۵-۱۹۹۰	۰/۵۴	۰/۵۵	۰/۵۰	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۹	۰/۴۷
۳	۱۹۷۵-۱۹۹۴	۰/۴۵	۰/۶۱	۰/۵۵	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۰
۴	۱۹۷۵-۱۹۹۹	۰/۴۹	۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۴۴	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۳۲
۵	۱۹۷۵-۲۰۰۳	۰/۵۰	۰/۴۷	۰/۵۲	۰/۳۵	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۲۶
۶	۱۹۷۵-۲۰۰۸	۰/۶۵	۰/۳۷	۰/۶۲	۰/۴۰	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۲۷
۷	۱۹۷۵-۲۰۱۱	۰/۵۷	۰/۳۶	۰/۶۰	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۲۳
۸	۱۹۷۵-۲۰۱۵	۰/۴۸	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۳۲	۰/۴۶	۰/۲۳	۰/۲۲

* تمام مقادیر در واحد هکتار در سال محاسبه شده‌اند.

مقادیر پیشروی و پسروری برای دوره‌های متوالی (تغییرات کوتاه مدت) نشان داده است که میزان پیشروی و پسروری در دوره‌های اول تا سوم یعنی سال‌های ۱۹۷۵-۱۹۸۴، ۱۹۸۴-۱۹۹۰ و ۱۹۹۰-۱۹۹۴ بیشترین مقادیر را ارائه نموده است. از سال ۱۹۹۴ تاکنون میزان پیشروی و پسروری کاهش محسوسی را نشان داده است؛ که یکی از دلایل اصلی آن کاهش دبی طغیانی رودخانه‌ی بشار در طی سال‌های اخیر بوده است. در مقایسه بین بازه‌های مختلف بازه‌های دوم، سوم و پنجم نسبت به بازه‌های دیگر تغییرات جانبی رودخانه بیشتر بوده است. به طور کلی از نتایج جدول‌های (۱) تا (۴) می‌توان فهمید که نسبت پیشروی طی سال‌های ۱۹۷۵-۱۹۹۰ افزایش زیادی داشته است. سپس طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ کاهش یافته و در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ افزایش ناچیزی یافته است. تغییرات مقادیر پیشروی نسبت به میزان پسروری طی سال‌های مورد بررسی روند ثابتی را نشان نداده است به طوری که در بعضی سال‌ها مقدار پیشروی بیشتر بوده است و در بعضی سال‌ها نیز میزان پسروری بیشتر بوده است. در شکل (۹) پیشروی و پسروری رودخانه‌ی بشار در بعضی

از بازه‌ها به صورت نمونه ارائه شده است. در شکل (۵) میانگین پیشروی و پسروی در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت و تغییرات دبی در دوره‌های زمانی مختلف ارائه شده است

جدول (۳) میزان پیشروی کوتاه‌مدت در بازه‌های مورد بررسی رودخانه‌ی بشار

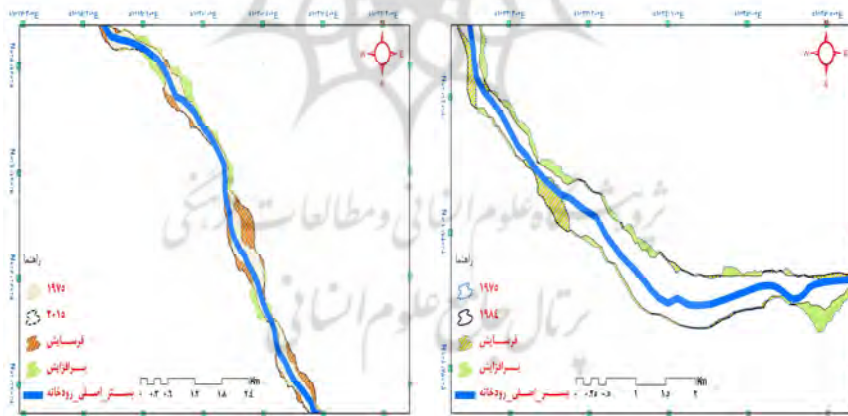
ردیف	تغییرات زمانی	بازه‌ی اول	بازه‌ی دوم	بازه‌ی سوم	بازه‌ی چهارم	بازه‌ی پنجم	بازه‌ی ششم	بازه‌ی هفتم
۱	۱۹۸۴-۱۹۷۵	۰/۴۴	۰/۴۸	۰/۵۴	۰/۴۹	۰/۵۸	۰/۲۴	۰/۲۹
۲	۱۹۹۰-۱۹۸۴	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۵۰	۰/۳۸	۰/۳۱
۳	۱۹۹۴-۱۹۹۰	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۳۱	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴۱
۴	۱۹۹۹-۱۹۹۴	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۳
۵	۲۰۰۳-۱۹۹۹	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۲
۶	۲۰۰۸-۲۰۰۳	۰/۰۹	۰/۳۴	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۱۶
۷	۲۰۱۱-۲۰۰۸	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۲۱	۰/۰۸
۸	۲۰۱۵-۲۰۱۱	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۲۴

میزان پیشروی و پسروی طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۸۴ به ترتیب به میزان ۴۳ و ۴۴ هکتار بوده است که نسبت پیشروی و پسروی طی این سال‌ها به ترتیب به میزان ۴/۷ و ۴/۸ هکتار در سال بوده است. بیشترین میزان پیشروی و پسروی در طی دوره‌های مورد بررسی به ترتیب به میزان ۴/۷ هکتار در سال در ۱۹۸۴-۱۹۷۵ و ۸ هکتار در سال در دوره‌ی ۱۹۹۰-۱۹۸۴ مشاهده شده است. کمترین میزان پیشروی و پسروی به ترتیب دوره‌های زمانی ۲۰۱۱-۲۰۰۸ به میزان ۲/۳ و ۲/۶ هکتار در سال محاسبه شده است. بررسی نسبت پیشروی در بازه‌های مورد بررسی رودخانه‌ی بشار نشان می‌دهد که بازه‌ی پنجم و دوم به ترتیب به میزان ۶/۹ و ۶/۴ هکتار در سال بیشترین نسبت پیشروی را نشان داده است. هم‌چنین بازه‌های دوم و

پنجم به ترتیب به میزان $6/7$ و $6/5$ هکتار در سال بیشترین نسبت پسروری را نشان داده است.

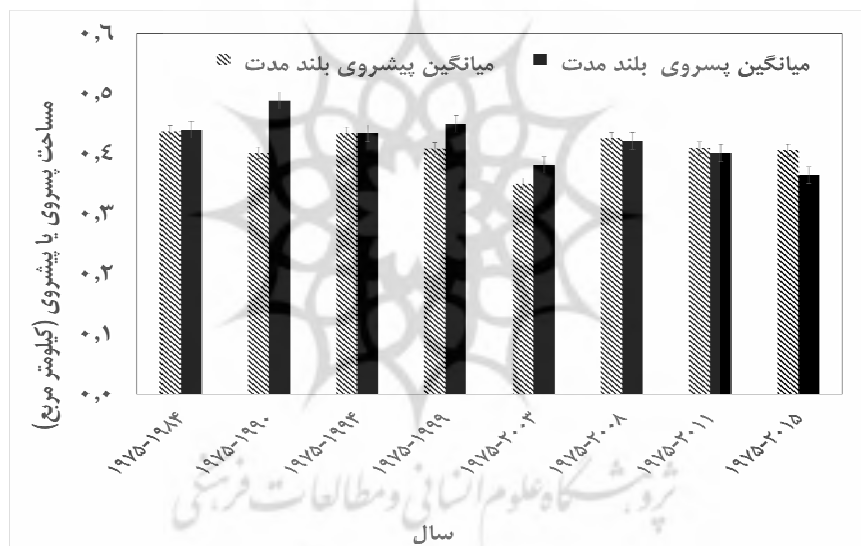
جدول (۴) میزان پسروری کوتاهمدت در بازه‌های مورد بررسی رودخانه‌ی بشار

ردیف	تغییرات زمانی	بازه‌ی اول	بازه‌ی دوم	بازه‌ی سوم	بازه‌ی چهارم	بازه‌ی پنجم	بازه‌ی ششم	بازه‌ی هفتم
۱	۱۹۷۵-۱۹۸۴	۰/۴۷	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۳۶	۰/۴۷	۰/۳۳	۰/۲۶
۲	۱۹۸۴-۱۹۹۰	۰/۴۱	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۴۲	۰/۵۲	۰/۴۴
۳	۱۹۹۰-۱۹۹۴	۰/۳۰	۰/۳۹	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۱۷	۰/۳۹	۰/۳۷
۴	۱۹۹۴-۱۹۹۹	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۵
۵	۱۹۹۹-۲۰۰۳	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۱۰
۶	۲۰۰۳-۲۰۰۸	۰/۱۸	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۰۸	۰/۱۱
۷	۲۰۰۸-۲۰۱۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۲۷	۰/۰۶	۰/۰۲
۸	۲۰۱۱-۲۰۱۵	۰/۰۹	۰/۳۵	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۲۹	۰/۱۱	۰/۱۳



شکل (۴) پیشروی و پسروری در بازه‌هایی از رودخانه‌ی بشار طی سال‌های ۱۹۷۵-۱۹۸۴ و ۱۹۸۴-۱۹۹۰

کمترین میزان پیشروی و پسروی به ترتیب به میزان ۵/۱۱ و ۴/۶ هکتار در سال در بازه هفتم محاسبه شده است که نشان‌دهنده‌ی پایداری این بازه از رودخانه‌ی بشار است. مجموع کل اراضی پیشروی یافته و پسروی یافته نیز حاکی از بالا بودن مقدار پیشروی (۱۴۰۷ هکتار) نسبت به پسروی (۱۳۷۸ هکتار) در رودخانه‌ی بشار بوده است که با نتایج کامو (۲۰۰۸) و روزو و همکاران (۲۰۱۴) مشابه است درحالی‌که وانگ و همکاران (۲۰۱۰) به نتایج متفاوتی در رودخانه‌ی هوانگ^۱ دست یافتند.



شکل (۵) میانگین پیشروی و پسروی در بازه‌ها زمانی بلند و کوتاه‌مدت رودخانه‌ی بشار

متوسط تغییرات کوتاه‌مدت پیشروی و پسروی در دوره‌های زمانی مختلف و ارتباط آن با دبی نشان می‌دهد که در دوره‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۴ مقادیر پیشروی و پسروی متناسب با بالا بودن دبی رودخانه‌ی بالا بوده است. ولی در دوره‌های ۱۹۹۴

1- Huanghe

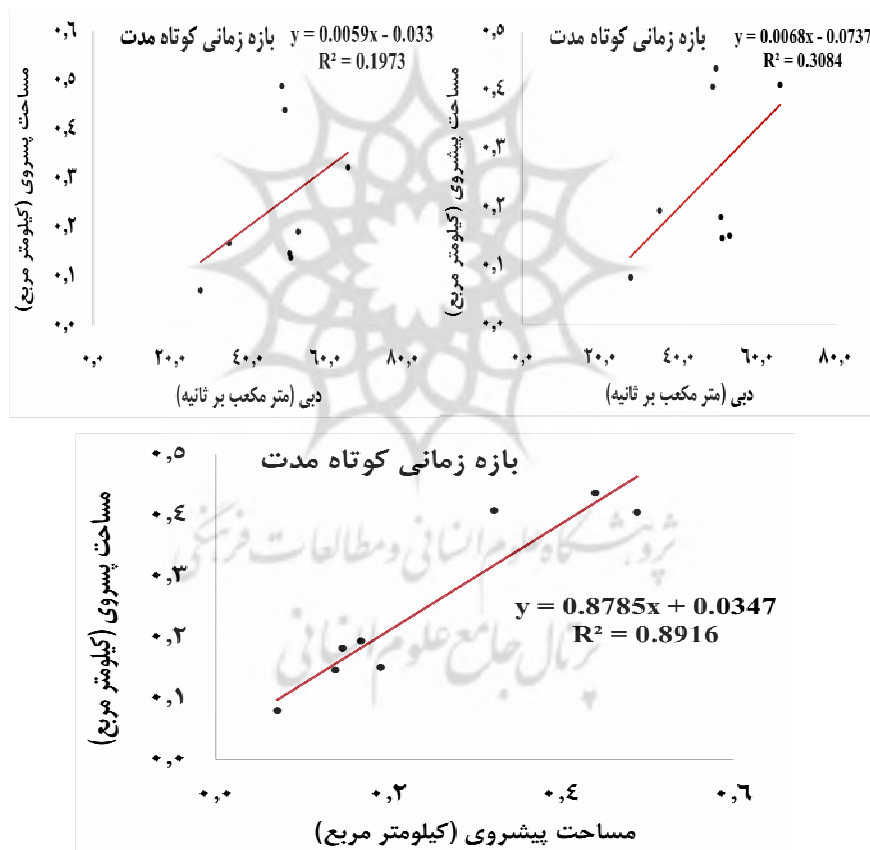
تا ۲۰۱۵ بر میزان پیشروی و پسروی کاسته شده است که این کاهش هماهنگ با سیر نزولی دبی است. با توجه به این که یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر میزان پسروی رودخانه‌ی بشار، دبی است. بین میزان دبی با میزان پیشروی و پسروی و بین مقادیر پیشروی با پسروی رابطه‌ی رگرسیونی برقرار گردید که در شکل (۶) ارائه شده است.

ضریب همبستگی بین نسبت پیشروی و دبی متوسط سالانه در بازه‌ی زمانی کوتاه‌مدت به ترتیب به میزان ۰/۵۴ و ۰/۴۴ بوده است. هر چند رابطه‌ی مثبتی بین میزان پیشروی و پسروی با دبی متوسط جریان مشاهده شده است ولی این رابطه کاملاً معنی‌دار نبوده است. در این میان رابطه‌ی پیشروی و دبی رودخانه بهتر از رابطه‌ی پسروی و دبی بوده است (شکل ۷). علت بهتر بودن رابطه‌ی بین دبی و پیشروی نسبت به دبی و پسروی این است که پیشروی تابع اولیه‌ی دبی سالانه است در حالی که پسروی تابع اولیه‌ی رسوب‌گذاری بار معلق است. بررسی رابطه‌ی همبستگی بین پیشروی و پسروی رابطه کاملاً معنی‌دار و مثبتی را ارائه نموده است که نشان‌دهنده‌ی ارتباط بالایی این دو متغیر است (شکل ۷).

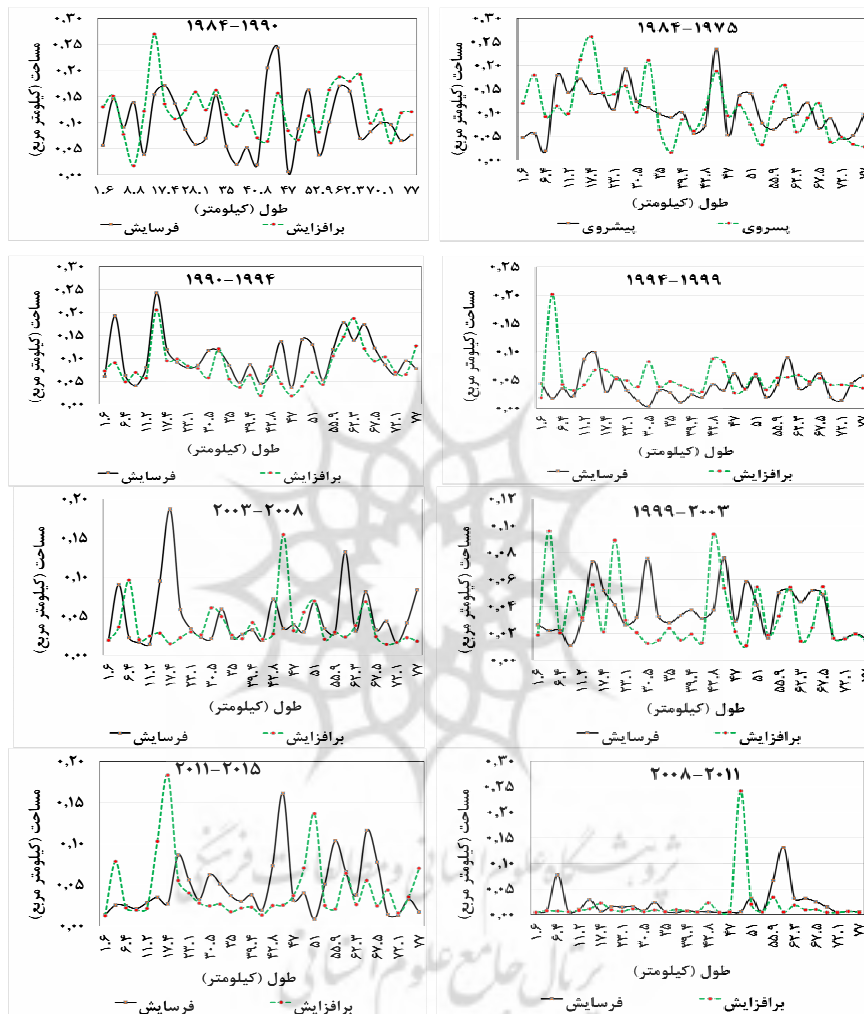
با توجه به اینکه وضعیت هندسی و مورفولوژی، شرایط جریان، تراس‌های آبرفتی کناری، اراضی حاشیه و وضعیت زمین‌شناسی رودخانه در فاصله‌های مختلف رودخانه تغییر می‌کند وضعیت پیشروی و پسروی نیز تغییر می‌کند بر این اساس تغییرات میزان پیشروی و پسروی در فاصله‌های مختلف رودخانه در شکل (۷) ارائه شده است.

تغییرات کوتاه‌مدت و بلندمدت پیشروی و پسروی نیز نشان داد که از سال ۱۹۹۴ تا کنون میزان پیشروی و پسروی در رودخانه‌ی بشار کاهش یافته است. با توجه به کاهش دبی رودخانه طی ده سال اخیر، کاهش مقادیر پیشروی و پسروی تا حد زیادی به کاهش دبی رودخانه بستگی دارد. البته رابطه‌ی بین دبی رودخانه‌ی

بشار با میزان پیشروی و پسروی رودخانه هر چند مثبت و دارای همبستگی نسبتاً خوبی است ولی این رابطه کاملاً معنی‌دار نبوده است به طوری که نقش عوامل دیگر در میزان پیشروی و پسروی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر و مطالعات و بازدیدهای صحرایی دلایل مختلفی در شکل‌گیری الگوی کنونی رودخانه‌ی بشار از جمله دبی، زمین‌شناسی، کاربری اراضی حاشیه‌ی رودخانه، عوامل انسانی، تنش برشی و... مؤثر است.



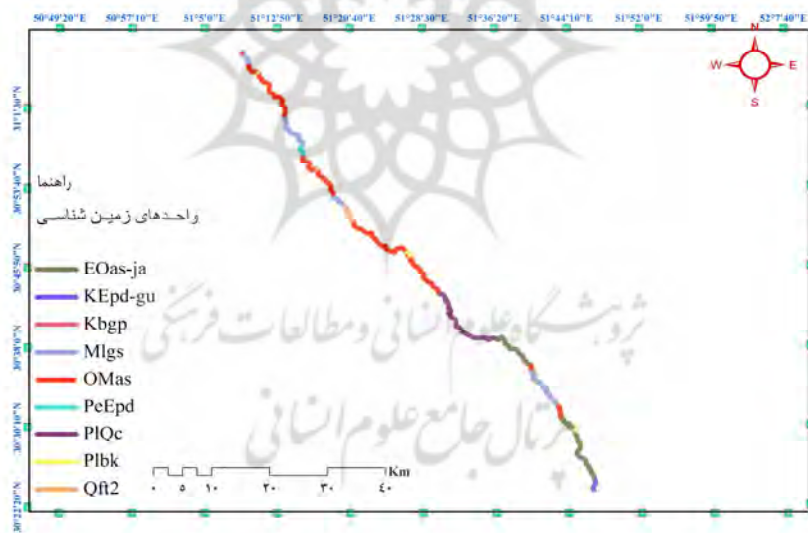
شکل (۶) رابطه‌ی پیشروی و پسروی با دبی و جابجای رودخانه‌ی بشار در بازه‌ی زمانی کوتاه مدت



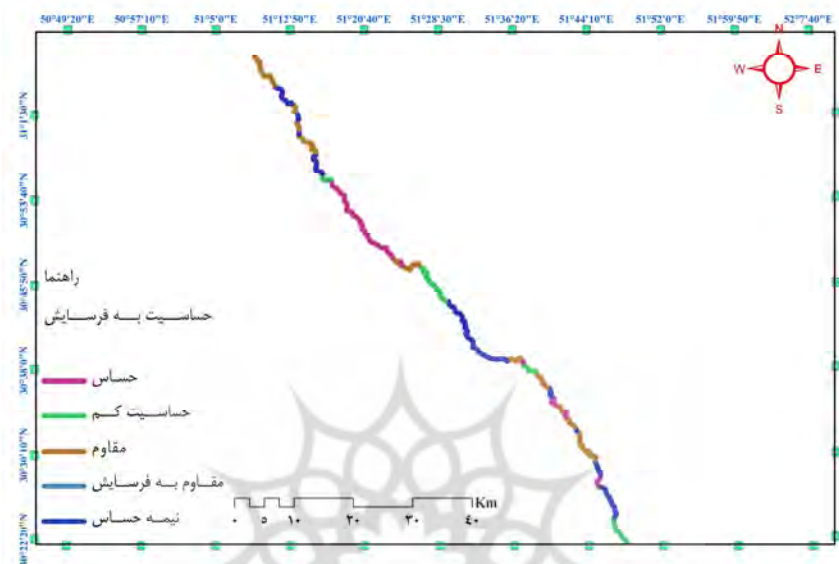
شکل (۷) مقادیر پیشروی و پسروی در فاصله‌های مختلف رودخانه‌ی بشار

یکی دیگر از عوامل مهم که در این تحقیق بررسی شده است وضعیت سازندهای

زمین‌شناسی است که رودخانه‌ی بشار از آن‌ها عبور می‌کند (شکل ۸). رودخانه‌ی بشار در طول مسیر خود از سازندهای آسماری، آسماری-چهرم، گچساران، رازک، پابده-گورپی و بختیاری عبور می‌نماید. مطالعات صورت گرفته از طریق بازدیدهای صحرایی و نقشه‌ی سنگ‌شناسی حوضه حکایت از متفاوت بودن مقاومت این سازندها در مقابل فرسایش کناری رودخانه است و این اختلاف مقاومت نقش و تأثیر سازندهای زمین‌شناسی را در فرسایش کناری رودخانه بیشتر مشخص می‌نماید. مقایسه‌ی نقشه‌های حساسیت به فرسایش از طریق تصاویر ماهواره‌ای با نقشه‌های به دست آمده از اطلاعات زمین‌شناسی، توپوگرافی و بازدیدهای میدانی حاکی از تطبیق بازه‌های با بیشترین پیشروی با مکان‌های حساس به فرسایش از نظرگاه زمین‌شناسی بوده است (شکل ۹).



شکل (۸) بخش‌های مختلف رودخانه از لحاظ زمین‌شناسی



شکل (۹) بخش‌های مختلف رودخانه از لحاظ حساسیت به فرسایش

نتیجه‌گیری

مطالعه‌ی پیشروی و پسروی رودخانه‌ی بشار بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که نسبت پیشروی طی سال‌های ۱۹۷۵-۱۹۹۰ افزایش قابل‌ملاحظه‌ای داشته است. سپس طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ کاهش یافته و در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ افزایش ناچیزی یافته است. تغییرات مقادیر پیشروی نسبت به میزان پسروی طی سال‌های مورد بررسی روند ثابتی را نشان نداده است به طوری که در بعضی سال‌ها مقدار پیشروی بیشتر بوده است و در بعضی سال‌ها نیز میزان پسروی بیشتر بوده است. بیشترین میزان پیشروی و پسروی در طی دوره‌های مورد بررسی به ترتیب به میزان ۴/۷ هکتار در سال در ۱۹۷۵-۱۹۸۴ و ۸ هکتار در سال در دوره‌ی ۱۹۸۴-۱۹۹۰ مشاهده شده است. کمترین میزان پیشروی و پسروی به

ترتیب دوره‌های زمانی ۲۰۰۸-۲۰۱۱ به میزان ۲/۶ و ۲/۳ هکتار در سال محاسبه شده است. بررسی نسبت پیشروی در بازه‌های مورد بررسی رودخانه‌ی بشار نشان می‌دهد که بازه پنجم و دوم به ترتیب به میزان ۶/۹ و ۶/۴ هکتار در سال بیشترین نسبت پیشروی را نشان داده است. همچنین بازه‌های دوم و پنجم به ترتیب به میزان ۶/۷ و ۶/۵ هکتار در سال بیشترین نسبت پسروی را نشان داده است. کمترین میزان پیشروی و پسروی به ترتیب به میزان ۵/۱۱ و ۴/۶ هکتار در سال در بازه‌ی هفتم محاسبه شده است که نشان‌دهنده‌ی پایداری این بازه از رودخانه‌ی بشار است. مجموع کل اراضی پیشروی یافته و پسروی یافته نیز حاکی از بالا بودن مقدار پیشروی (۴۰۷ هکتار) نسبت به پسروی (۱۳۷۸ هکتار) در رودخانه‌ی بشار بوده است.

از جمله مواردی که انسان در ایجاد فرسایش کناری رودخانه‌ی بشار نقش داشته است نحوه‌ی استفاده از اراضی حاشیه‌ی رودخانه است. در طول مسیر رودخانه از تراس‌های کناری برای زراعت گندم و برنج مورد استفاده قرار گرفته است. طی بازدیدی که از این اراضی به عمل آمد مشخص گردید که بخشی از فرسایش کناری در اثر استفاده از اولین تراس کناری رودخانه است.

منابع

- یمانی، مجتبی و سیامک شرفی (۱۳۹۰)، ژئومورفولوژی و عوامل مؤثر در پیشروی کناری رودخانه‌ی هُر رود در استان لرستان، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۲۳، صص ۱۵-۳۲.
- یمانی، مجتبی؛ گورابی، ابوالقاسم و زهرا عابدینی (۱۳۹۴)، تحلیل روند تغییرات مورفولوژیکی الگوی آبراهه بابل رود از طریق نیمرخ‌های متساوی‌البعد (ترانسکت) هیدروژئومورفولوژی، شماره ۳، صص ۱۳۷-۱۵۷.
- Baki, A.B. M., & Gan, T.Y. (2012), **Riverbank Migration and Island Dynamics of the Braided Jamuna River of the Ganges–Brahmaputra Basin Using Multi-Temporal Landsat Images**, Quaternary International, 263, PP. 148-161.
- Basar A, M., Baki, Thian., Yew Gan, (2012), **Riverbank Migration And Island Dynamics of The Braided Jamuna River of the Gangese Brahmaputra Basin Using Multi-Temporal Landsat Images**, Quaternary International, 263: PP. 148e161.
- Batalla, R.J., Gomez, C.M., Kondolf, G.M., (2004), **Reservoir-Induced Hydrological Changes in the Ebro River Basin (NE Spain)**, Journal of Hydrology, 290, PP. 117–136.
- Bi, N., Wang, H., Yang, Z. (2014), **Recent Changes in the Erosion–Accretion Patterns of The Active Huanghe (Yellow River) Delta Lobe Caused by Human Activities**, Continental Shelf Research, 90: PP. 70–78.
- Chu, Z.X., Sun, X.G., Zhai, S.K., Xu, K.H., (2006), **Changing Pattern of Accretion/Erosion of the Modern Yellow River (Huanghe) Subaerial Delta, China: Based on Remote Sensing Images**, Marine Geology, 227, PP. 13–30.
- Gurnell, A.M., (1997), **Channel Change on the River Dee Meanders, 1946–1992, from the Analysis of Air Photographs, Regulated Rivers: Research and Management**, 12, PP. 13–26.

- Hossain Md Altaf, Gan T.Y., Baki Abul Basar M. (2013), **Assessing Morphological Changes of The Ganges River Using Satellite Images**, Quaternary International, (304), PP. 145-155.
- **and Gis Thechniques**, Procedia Engineering, 116: PP. 855-862.
- Kesel, R.H., (2003), **Human Modifications to The Sediment Regime of the Lower Mississippi River Flood Plain**, Geomorphology, 56, PP. 325–334.
- Thorne, C.R., Tovey, N.K., (1981), **Stability of Composite River Banks**, Earth Surface Processes and Landforms, 6, PP. 469e484.
- Vanacker, V., Molina, A., Govers, G., Poesen, J., Dercon, G., Deckers, S., (2005), **River Channel Response to Short-Term Human-Induced Change in Landscape Connectivity in Andean Ecosystems**, Geomorphology, 72, PP. 340–353.
- Wang, J.J., Lu, X.X., (2010), **Estimation of Suspended Sediment Concentrations Using Terra MODIS: An Example From the Lower Yangtze River**, China, Science of the Total Environment, 408, PP. 1131e1138.
- Winterbottom, S., (2000), **Medium and Short-Term Channel Platform Changes of the Rivers Tay and Tummel, Scotland**, Geomorphology 34, PP. 195–208.
- Wu, J.M., Wang, R.S., Yao, J.H., (2006), **Remote Sensing Monitoring and Study on the Change of the Yellow River Course in Yinchuan Plain Sector**, Remote Sensing for Land & Resources 4, PP. 36–40 (in Chinese).
- Yao, Zhengyi, Ta Wanquan, Jia, Xiaopeng, Xiao, Jianhua (2011), **Bank Erosion and Accretion Along the Ningxia- Inner Mongolia Reaches of the Yellow River from 1958 to 2008**, Geomorphology, 127, PP. 99-106.