



تغییرات زمانی دبی مؤثر انتقال رسوبات معلق (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کورکورسر)

شراره رشیدی^۱، مهدی وفاخواه^{۲*}، محمد رضا جوادی^۱

^۱گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، نور، مازندران

^۲گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران

تاریخچه مقاله:

چکیده

دریافت: ۹۴/۰۱/۱۶

اصلاح: ۹۴/۰۸/۱۱

پذیرش: ۹۴/۱۱/۸

مقدار بار معلق حمل شده توسط رودخانه‌ها در میزان کیفیت آب شهرها و روستاهای واقع در پایین دست حوزه آبخیز نقش بسزایی دارد. از طرف دیگر دبی مؤثر به دبی اتلاق می‌گردد که بیشترین رسوب را در یک رودخانه و در دوره طولانی مدت نسبت به سایر دبی‌ها حمل نموده و شکل بستر رودخانه را نیز تحت کنترل دارد. بنابراین تعیین دبی مؤثر انتقال رسوب معلق و همچنین تحلیل تغییرات دبی مؤثر در مقیاس زمانی بسیار ضروری می‌باشد. هدف از این مطالعه، ارزیابی دبی مؤثر انتقال رسوب معلق در حوزه آبخیز کورکورسر با استفاده از آمار دبی جریان و رسوب روزانه برای دوره ۳۱ ساله ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۲ می‌باشد. برای این منظور، ابتدا منحنی سنج رسوب به دو روش USBR و حدواسط دسته‌ها در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و کل دوره آماری تهیه گردید. دبی جریان در هر پایه زمانی به چند طبقه با فواصل مساوی تقسیم و میزان متوسط دبی در هر یک از طبقات محاسبه شد. سپس با استفاده از ارقام دبی و نیز منحنی سنج رسوب تشکیل شده، میزان رسوب معلق برای هر یک از مقادیر دبی متوسط تعیین شد. در نهایت هیستوگرام دبی و رسوب کل در هر یک از پایه‌های زمانی ترسیم و دبی مؤثر مشخص شد. نتایج نشان می‌دهد که دبی مؤثر ماهانه از ۰/۲۴ تا ۲۵/۴۲ مترمکعب بر ثانیه و دبی مؤثر فصلی از ۴/۳۷ تا ۲۵/۴۲ مترمکعب بر ثانیه متغیر بوده است. همچنین، دبی مؤثر کل دوره برابر با ۲۴/۳۶ مترمکعب بر ثانیه بوده است و دارای دوره بازگشت ۱۰۰ سال می‌باشد. علاوه بر این، مقایسه دبی‌های مؤثر در پایه‌های زمانی مختلف نشان می‌دهد که میزان دبی مؤثر می‌تواند در پایه‌های زمانی فصلی و ماهانه نیز تغییرپذیری بالایی داشته باشد. تعیین دبی مؤثر و تغییرات زمانی آن در حوزه‌های آبخیز کشور گام مؤثری در جهت کاهش انتقال رسوب از طریق مدیریت بهتر بازه رودخانه و نیز اراضی به‌ویژه در زمان‌های وقوع دبی مؤثر می‌باشد.

واژگان کلیدی:

تغییرپذیری زمانی

روش USBR

روش حد واسط دسته‌ها

منحنی سنج رسوب

حوزه آبخیز کورکورسر

مقدمه

فرسایش و رسوب به‌عنوان مهمترین مشکلات مدیریت حوزه‌های آبخیز منجر به از دست رفتن خاک حاصلخیز کشاورزی و تحمیل خسارات جبران ناپذیر به طرح‌های عمرانی آب می‌گردد (Kakaei Lafdani *et al.*, 2013). مواد و ذرات فرسایش یافته در عرصه‌های آبخیز به سه صورت بار محلول، بار معلق و بار بستر به وسیله رودخانه‌ها جابجا می‌شوند. در برآورد رسوبدهی حوزه‌های آبخیز، دانستن میزان بار معلق و بستر رودخانه‌ها لازم است (Maidmant, 1992). ظرفیت حمل رسوب بستگی کامل به خصوصیات هیدرولیکی جریان در بازه‌ی مورد نظر و خواص فیزیکی مصالح تشکیل دهنده بستر و کناره‌ها دارد (Kiss *et al.*, 2009). از آنجا که عامل کنترلی برای انتقال بار رسوبی حوزه آبخیز میزان موجودیت و عرضه مواد است، نمی‌توان دبی رسوبات حوزه آبخیز را تنها به خصوصیات هیدرولیکی جریان مرتبط نمود و نقش مهم پارامترهای هیدرولوژیکی را نادیده گرفت. بنا بر تعریف لئوپلد^۱ (۱۹۹۵) دبی‌های کوچک با فراوانی زیاد در یک آبراهه بسیار اتفاق می‌افتند، اما این دبی‌ها فاقد قدرت لازم برای انتقال رسوب هستند؛ از طرفی دبی‌های خیلی بزرگ می‌توانند رسوبات خیلی زیادی را انتقال دهند، اما این دبی‌ها آنقدر به‌ندرت اتفاق می‌افتند که نمی‌توانند برای انتقال حجم زیادی از رسوب در یک دوره زمانی مؤثر باشند. بنابراین باید دبی‌های متوسطی وجود داشته باشند که هم دارای فراوانی و هم دارای قدرت کافی باشند تا بتوانند رسوبات زیادی در طی یک مدت طولانی منتقل نمایند که این دبی متوسط مؤثر برای انتقال رسوب همان جریان مؤثر است (Leopold, 1994؛ فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که اگرچه برای جریان‌هایی که از نظر بزرگی در حد بالایی اتفاق می‌افتند، در هر نوبت از وقوع چنین جریان‌هایی، رسوب معلق حمل شده نسبت به جریان‌هایی که در حجم پایین اتفاق می‌افتند، بیشتر است. ولی در طی یک دوره بلندمدت، جریان‌های با دبی پایین که از فراوانی بالایی برخوردار بوده‌اند، در حمل و انتقال رسوب در محدوده مطالعاتی تاثیر بیشتری داشته‌اند. به عبارت دیگر جریان‌های با میزان مختلف در مقیاس‌های زمانی مختلف تاثیرات متفاوتی بر جای می‌گذارند، به ویژه در دوره‌های زمانی درازمدت که این تاثیر از یک طرف جنبه بزرگی (حجم) جریان را در بر می‌گیرد و از سوی دیگر جریان‌های با بزرگی مختلف تکرار (فراوانی) متفاوتی را نیز دارا می‌باشند (اسماعیلی و مهدوی، ۱۳۸۱). بنابراین بررسی این مساله که کدام بخش از جریانات بیشترین میزان تاثیر را در حمل رسوب معلق دارا بوده‌اند و همچنین تحلیل تغییرات زمانی دبی‌های مؤثر انتقال رسوب معلق امکان مدیریت و کنترل بهتر رسوب را مهیا می‌کند. سیمون^۲ و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی و آنالیز بیش از ۲۹۰۰ رودخانه در سرتاسر ایالات متحده، مقدار دبی مؤثر این رودخانه‌ها را بین ۴۵/۱ تا ۳۳۲ مترمکعب بر ثانیه به‌دست آورده و نشان دادند که این دبی بیش‌ترین میانه غلظت‌های رسوب معلق در مناطق خشک و بیش‌ترین تولید رسوب در مناطق مرطوب با خاک‌های فرسایش‌پذیر و شیب‌های تند را به خود اختصاص داده است. لنزی^۳ و همکاران (۲۰۰۶) در رودخانه کوهستانی ریوکوردن^۴ در ایتالیا به بررسی و تعیین دبی مؤثر با استفاده از دو روش سنتی میلر و ولمن و روش میانگین پرداختند. ایشان مقدار دبی مؤثر را بین ۰/۴۵ تا ۸۵/۰ مترمکعب بر ثانیه به‌دست آورده و بر تاثیرپذیری شدید مقدار دبی مؤثر از تعداد طبقات مقادیر جریان،

¹ Leopold² Simon³ Lenzi⁴ Rio Kordon

نسبت رسوبات انتقالی و نیز روش مورد استفاده تجزیه تحلیل تاکید داشتند. اشمیت و مورچ^۱ (۲۰۰۶) نیز دبی مؤثر دو رودخانه پارتناچ و لاهنن ویسگارین^۲ در مناطق آلی آلمان را به ترتیب ۴/۵ و بین ۲۲ و ۲۵ مترمکعب بر ثانیه تعیین نموده که این مقادیر به ترتیب در جریان‌های کم و نزدیک به دبی میانگین و دبی‌های بیش‌تر و یا مساوی میانگین دبی بوده است. دلیل این امر را نیز غالباً به تفاوت تشکیلات زمین‌شناسی در دو حوزه آبخیز نسبت دادند. وو^۳ و همکاران (۲۰۰۸) به مقایسه تاثیرپذیری مقادیر دبی در شرایط مختلف کانال بر میزان انتقال رسوب در رودخانه زرد چین پرداختند. آن‌ها نشان دادند که دبی پر دارای دوره بازگشت ۵ تا ۶ سال بوده و تابع میزان دبی و شرایط رسوب چندین سال گذشته رودخانه بوده است. ما^۴ و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تغییرات مکانی میزان و تداوم دبی مؤثر در ۳ منطقه تپه ماهوری لسی با زمین‌شناسی متفاوت با انواع فرسایش آبکندی، شیاری و بادی در یک حوزه آبخیز در چین پرداختند. آن‌ها نشان دادند که مدت متوسط دبی مؤثر در دو منطقه لسی بین ۰/۲۶ تا ۳/۱۶ درصد و بین ۱۸/۷۵ تا ۹۱/۵۱ درصد در مناطق با بافت ماسه بادی متغیر بوده است. آن‌ها همچنین اظهار داشتند که مدت متوسط دبی مؤثر به‌طور قابل توجهی متأثر از تعداد و فواصل بین طبقات دبی و همچنین خصوصیات رژیم آب و رسوب بوده است. همچنین نتایج سعیدی و همکاران (۲۰۱۱) در حوزه آبخیز قهرود نشان می‌دهد که در یک دوره طولانی اگرچه جریان بیشینه مقدار بیشتری از رسوب معلق را انتقال می‌دهد اما فراوانی وقوع جریان‌های کمینه و متوسط نقش موثرتری در انتقال رسوب داشته است. همچنین دبی مؤثر برای ایستگاه مورد مطالعه در جریان‌های کم برابر با ۰/۱۲۵ مترمکعب بر ثانیه با فراوانی ۴۶ روز و مدت زمان جریان ۲۱/۸ درصد می‌باشد. روی و سینها^۵ (۲۰۱۴) دبی مؤثر رودخانه گنگا در کشور هند را با استفاده از دو روش مقدار-فراوانی و تحلیلی در شش ایستگاه با استفاده از آمار ۳۰ ساله دبی و رسوب به دست آوردند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که بیشتر مقدار انتقال رسوب در کمتر از ۴۰ درصد جریان انجام می‌گردد که این جریان می‌تواند به عنوان دبی مؤثر در نظر گرفته شود. همچنین ۵۰ درصد بار رسوب توسط ۱۴ تا ۴۰ درصد کل دبی در ایستگاه‌های مختلف انتقال پیدا می‌کند بونت^۶ و همکاران (۲۰۱۴) در ۴۱ حوزه آبخیز دارای ایستگاه واقع در رشته کوه‌های راکی آمریکا مقدار دبی مؤثر را تعیین نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که مقدار دبی مؤثر با مقدار دبی مقطع پر تقریباً برابر بوده و هر دو دارای مقداری نزدیک به مقدار دبی متوسط که دارای دوره بازگشت ۱/۵ سال می‌باشد هستند. بیشترین مقدار جریان که سنگ و سنگریزه را با خود حمل می‌نماید دارای دوره بازگشت در حدود ۵۰ سال بوده و با دبی مقطع پر مساوی نیست. این جریان قدرت شکل‌دهی این رودخانه‌ها را دارد. فیض‌نیا و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی و مطالعه ۶ ایستگاه رسوب‌سنجی در حوزه آبخیز گرگان به این نتیجه رسیدند که مقدار دبی مؤثر رسوب معلق در ایستگاه‌های مورد بررسی ۰/۱۱ تا ۷۵/۴ مترمکعب بر ثانیه بوده و فراوانی آن به‌طور متوسط بین ۰/۰۷ تا ۱۶/۵ روز در سال و دوره بازگشت آن از ۰/۹۶ تا ۲/۰۷ و به‌طور متوسط ۱/۴۵ سال بوده است. همچنین نسبت رسوب انتقالی سالانه توسط دبی مؤثر در ایستگاه‌های مطالعاتی بین ۲/۳ تا ۱۵ درصد متغیر بوده است. رستمی و همکاران (۱۳۸۹) با هدف ارزیابی دبی مؤثر انتقال رسوبات معلق در حوزه آبخیز کجور با استفاده از آمار دبی و رسوب

^۱Schmit and Morch

^۲Partnach and Lahnenwiesgraben

^۳Wu

^۴Ma

^۵Roy and Sinha

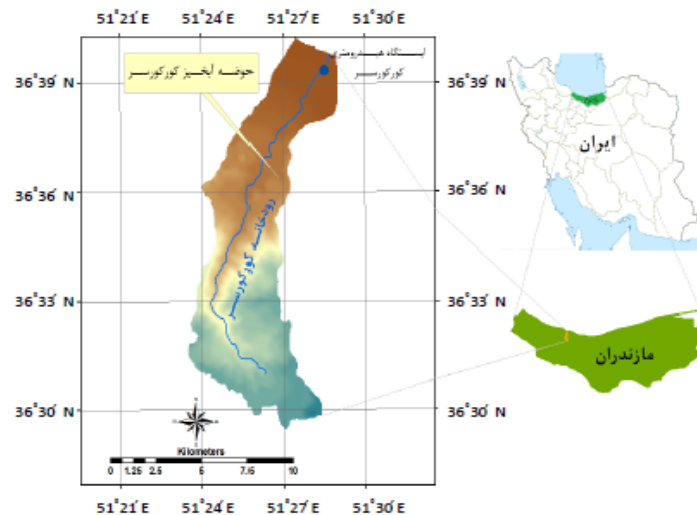
^۶Bunt

اندازه‌گیری شده به صورت روزانه در ایستگاه هیدرومتری به مدت یک سال به این نتیجه رسیدند که برای ایستگاه مورد مطالعه دبی مؤثر جهت انتقال رسوبات معلق دارای مقدار کمتر یا مساوی ۱/۶۲۵ مترمکعب بر ثانیه بوده است. بررسی مطالعات مربوط به تعیین و تحلیل دبی مؤثر انتقال رسوب در نقاط مختلف جهان و نیز در داخل کشور دلالت بر محدودیت تحقیقات مرتبط با این مقوله و نیز تنوع رویکردهای به کار بسته شده برای تعیین آن داشته است. و به‌ویژه مرور منابع نشان می‌دهد که تحلیل تغییرات دبی مؤثر در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه کمتر مورد توجه محققان، مدیران، برنامه‌ریزان و کارشناسان قرار گرفته است. از آنجایی که انتقال رسوب به صورت بار معلق در رودخانه‌ها سبب کاهش کیفیت منابع آبی برای مصارف شرب، کشاورزی، صنعتی و تفریحی می‌شود، از این رو تعیین دبی مؤثر و خصوصیات آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرف دیگر با توجه به مرور منابع تعیین دبی مؤثر در حوزه آبخیز با کاربری غالب جنگلی انجام نشده و لذا نتایج می‌تواند با دیگر پژوهش‌های مرتبط در راستای تعیین اثر کاربری اراضی بر دبی مؤثر مورد مقایسه و تحلیل قرار گیرد. بنابراین پژوهش حاضر با دو هدف اصلی تعیین و تحلیل دبی مؤثر انتقال رسوب معلق و همچنین بررسی تغییرات دبی مؤثر در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه در حوزه آبخیز کورکورسر در طول دوره آماری ۹۲-۱۳۶۲ صورت پذیرفته است. از جمله دلایل انتخاب حوزه آبخیز مذکور می‌توان به وضعیت خاص کاربری متراکم جنگلی در بیش از ۸۸ درصد سطح حوزه آبخیز، کمیت و کیفیت داده‌های متناظر دبی و رسوب و نیز امکان دسترسی و برداشت نمونه برای تکمیل داده‌ها اشاره نمود.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کورکورسر در شمال ایران با مساحت ۷۵/۴۹۵ کیلومتر مربع می‌باشد و از نظر تقسیمات سیاسی در استان مازندران و جزء شهرستان نوشهر و از لحاظ تقسیمات هیدرولوژیکی به عنوان یکی از زیر حوزه های آبریز خزر محسوب می‌گردد. این حوزه آبخیز در بین طول جغرافیایی "۲۸' ۲۳" ۵۱° الی "۳۳' ۲۹" ۵۱° شرقی و عرض جغرافیایی "۴۸' ۲۹" ۳۶° الی "۳۳' ۳۹" ۳۶° شمالی واقع شده است (شکل ۱). وسعت حوزه در بالادست ایستگاه هیدرومتری نوشهر حدود ۷۵/۴۹۵ کیلومتر مربع است. ارتفاع متوسط حوزه آبخیز کورکورسر ۸۶۰ متر است. براساس بررسی‌های انجام شده مقدار شیب حوزه آبخیز کورکورسر ۱۲/۳ درجه و جهت آن ۱۱۱ درجه شرقی بدست آمده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

روش

اطلاعات مورد نیاز برای پژوهش حاضر شامل داده‌های دبی جریان، غلظت رسوب، داده‌های حاصل از قرائت اشل بوده که با استفاده از نمونه‌گیری به صورت یک روز در میان از ۱۶ فروردین سال ۱۳۹۲ تا ۱۶ فروردین سال ۱۳۹۳ از رودخانه کورکورس و همچنین مراجعه به سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران برای به دست آوردن داده‌های سال‌های قبل، انجام پذیرفت. نمونه برداری رسوب معلق همواره از کرانه راست رودخانه به دلیل سهولت دسترسی به وسیله ظروف پلاستیکی ۲ لیتری به منظور افزایش دقت نمونه برداری و حصول اطمینان بیشتر از برداشت تمامی ستون آب و به روش انتگراسیون عمقی به صورت یک روز در میان و به مدت یک سال صورت پذیرفت. بعد از نمونه برداری، غلظت رسوب با استفاده از روش تخلیه آب^۱ (Walling *et al.*, 2001) تعیین شد. به طور هم‌زمان با برداشت هر نمونه از رودخانه مذکور، دبی آب با استفاده از مقدار اشل اندازه‌گیری شده و رسم نمودار دبی-اشل (منحنی تراز) با استفاده از داده‌های دبی اندازه‌گیری شده توسط مولینه و اشل قرائت‌شده توسط سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران طی سال‌های آبی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ استفاده گردید. سپس با استفاده از روش هیدرولوژیکی بر اساس غلظت مواد معلق (C) برحسب میلی‌گرم بر لیتر و دبی جریان متناظر با آن (Q_w) برحسب متر مکعب بر ثانیه، بار معلق (Q_s) برحسب تن در روز با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$Q_s = 0.0864 \times C \times Q_w \quad (1)$$

سپس برای تهیه منحنی سنجه رسوب از دو روش منحنی سنجه رسوب معمولی (USBR) و حدواسط دسته‌ها به شرح ذیل استفاده شده است.

الف) روش اداره عمران ایالات متحده (USBR)

در این روش یک رابطه ریاضی (معمولاً غیرخطی) بین بار رسوبی معلق رودخانه (Q_s) و دبی آب (Q_w) آن برقرار می‌گردد. در این روش با توجه به داده‌های دبی جریان و دبی رسوب متناظر با آن هر دو سری داده‌ها به صفحه لگاریتمی منتقل شده و

^۱Decantation

خط بهترین برازش بر مبنای روش حداقل مربعات، از میان آن‌ها عبور داده شد و رابطه‌ی به صورت رابطه (۲) که به منحنی سنججه معروف است بین دو متغیر برقرار گردید.

$$Q_s = aQ_w^b \quad (2)$$

در این رابطه a و b ضرایب ثابت معادله و متغیر برای هر منطقه و بدون واحد می‌باشند.

ب) روش حد وسط دسته‌ها

در این روش برای هر Q_w بار معلق متوسط اندازه‌گیری شده همان دسته را برآورد می‌کنند. به این ترتیب که دبی‌هایی را که در آن‌ها نمونه‌گیری غلظت انجام شده مد نظر قرار داده و آن‌ها را بر اساس حجم جریان (از کوچک به بزرگ) مرتب می‌کنند. سپس این داده‌ها به دسته‌هایی (حدود ۱۰ دسته یا بیش‌تر) تقسیم می‌شود (Johnson, 1996). در مرحله بعد دبی متوسط هر دسته (دبی میانه) را در نظر گرفته و غلظت متوسط دسته را به دست می‌آورند. در مرحله بعد بین این دو سری داده غلظت و جریان رابطه رگرسیون توانی برقرار می‌شود، ادامه کار مانند روش USBR می‌باشد (Johnson, 1996; Zanganeh et al., 2011).

تعداد طبقات مورد استفاده در محاسبه دبی مؤثر بسیار تاثیرگذار است. انتخاب تعداد طبقات به طوری که در تحقیقات پیشین بیان شده است عموماً تجربی می‌باشد (Lenzi et al., 2006). به طوری که در تحقیقات مختلف تاثیر تعداد طبقات بر روی تعیین دبی مؤثر مورد بررسی قرار گرفته است (Crowder and Knapp, 2005; Ma et al., 2010) و تغییرپذیری جریان به عنوان عامل مؤثر معرفی شده است. بنابراین تعیین تعداد مناسب طبقات در این پژوهش نیز ضروری می‌نمود. در این پژوهش برای تعیین فواصل طبقات برای انجام محاسبات دبی مؤثر از روش پیشنهاد شده توسط Biedenharn¹ و همکاران (۱۹۹۹) استفاده گردید. در این روش ابتدا ۲۵ کلاس در نظر گرفته می‌شود. سپس تعداد وقایع جریان اتفاق افتاده در هر کلاس مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صورتی که در هر یک از کلاس‌ها حداقل یک واقعه قرار نگرفته باشد. تعداد کلاس‌ها به تدریج کاهش می‌یابد تا حداقل یک واقعه در هر کلاس قرار گیرد. سپس محل قرارگیری حداکثر مقدار رسوب در هیستوگرام رسوب بررسی می‌شود. در صورتی که در طبقه اول قرار گرفته باشد فواصل به تدریج افزایش تا حداکثر رسوب در طبقه اول قرار نگیرد. حداقل فاصله‌ای که باعث می‌شود حداکثر رسوب در طبقه اول قرار نگیرید به عنوان فاصله مورد قبول در محاسبات استفاده می‌شود (Crowder and Knapp, 2005; Lenzi et al., 2006). بعد از تعیین مقادیر دبی رسوب برای هر کدام از دبی‌های متوسط طبقات بر حسب تن در روز با توجه به رابطه رگرسیونی بین مقادیر دبی آب و رسوب، آن‌ها را در فراوانی طبقه مربوطه ضرب و میزان تولید رسوب با توجه به احتمال وقوع دبی بر حسب تن تعیین شد. پس از محاسبه دبی‌های متوسط جریان بر حسب متر مکعب بر ثانیه و دبی رسوب بر حسب تن، هیستوگرام دبی رسوب معلق رسم گردید و به کمک هیستوگرام به دست آمده، طبقه‌ای از دبی با بیش‌ترین میزان حمل بار معلق در طول دوره آماری، به عنوان دبی مؤثر انتخاب گردید. در نهایت، مقایسه مقادیر دبی مؤثر ماهانه و فصلی با مقدار دبی مؤثر کل سری داده‌ها و همچنین مقایسه بین مقادیر دبی مؤثر ماهانه و فصلی

¹ Biedenharn

به‌طور جداگانه با استفاده از آزمون t یک نمونه‌ای^۱ و با فرض مبنا قرار دادن دبی مؤثر هر یک از پایه‌های زمانی دوره‌های مطالعاتی و با کمک نرم افزار SPSS 18.0 صورت گرفت.

۲-۱- تعیین دوره بازگشت دبی مؤثر

در این تحقیق با استفاده از داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای، آنالیز فراوانی سیل با روش انتخاب توزیع آماری مناسب انجام شد. بدین صورت که ابتدا دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با توزیع‌های آماری مختلف (گاما دو پارامتری، گمبل، لوگ پیرسون نوع سه، نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، لوگ نرمال سه پارامتری، پیرسون نوع سه، ویبول دو پارامتری، ویبول سه پارامتری) با استفاده از نرم‌افزار Easy Fit برازش داده شد و با استفاده از آزمون کای-اسکوئر مناسب‌ترین توزیع آماری مشخص گردید. سپس با تعیین دبی مؤثر بارمعلق از نمودار تابع چگالی احتمال رسوب، دوره بازگشت دبی مؤثر بار معلق با استفاده از مناسب‌ترین توزیع آماری به‌طور تقریبی تخمین زده شد.

یافته‌ها (نتایج)

جدول (۱) مشخصات آماری دبی رسوب و دبی جریان در طول دوره مطالعاتی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات آماری دبی جریان و رسوب معلق حوزه آبخیز کورکورسر

پایه زمانی	تعداد داده متناظر دبی - رسوب	دبی متوسط m^3 / s	دبی حداقل m^3 / s	دبی حداکثر m^3 / s	انحراف از معیار	ضریب تغییرات	رسوب متوسط ton / day	رسوب کل ton
فروردین	۴۳	۲/۰۵۶	۰/۲۰۷	۲۵/۲۴	۴/۰۶۵	۰/۶۱۲	۱۵۲/۵۵	۶۵۵۹/۸
اردیبهشت	۵۲	۰/۸۵۳	۰/۱۲	۴/۳۶۶	۰/۹۲۶	۰/۵۵۶	۲۲/۶۴۶	۱۰۸۶/۵۴
خرداد	۴۹	۰/۶۵۸	۰/۲۲	۴/۶	۰/۷۷۵	۰/۴۵۲	۱۳/۸۸۹	۶۶۶/۶۹
تیر	۵۲	۰/۹۴۰	۰/۱۴	۸/۶۶	۱/۷۰۲	۰/۷۴۷	۱۰۴/۲۵۷	۵۱۰۸/۶۰
مرداد	۴۸	۰/۳۷۱	۰/۱۱	۱/۱۶	۰/۳۱۷	۰/۰۸۲۱	۶/۰۶۸	۲۷۳/۰۶۱۹
شهریور	۴۴	۰/۷۸۱	۰/۰۸۶	۳/۲۵	۰/۷۳۸	۰/۶۳۶	۲۰/۱۲۸	۸۴۵/۴۱۷
مهر	۴۳	۲/۳۳	۰/۲۱	۱۳/۲۶	۳/۵۱	۰/۸۳۷	۳۲۱/۶۷	۱۳۵۱۰
آبان	۳۷	۳/۰۶	۰/۲۹	۲۳/۳۰	۴/۹۱۹	۰/۸۱	۶۴۰/۵۹	۲۰۴۹۹
آذر	۴۶	۱/۹۲	۰/۱۸۵	۱۷/۵۵	۳/۰۷	۰/۶۵۹	۱/۹۲	۶۷۷۷/۱
دی	۴۷	۱/۲۴	۰/۲۷	۷/۲۲۸	۱/۲۹	۰/۴۷	۳۰/۵۴	۱۴۰۴/۹
بهمن	۳۹	۱/۱۴۰	۰/۲۰۹	۴/۴۲	۰/۸۱۳	۰/۷۳۶	۳۱/۴۵	۱۲۲۶/۸
اسفند	۳۹	۱/۶۸	۰/۱۹	۸/۶۷	۱/۶۸	۰/۶۲۴	۴۳/۲۰۶	۱۶۸۵
بهار	۱۴۴	۱/۱۴	۰/۱۲	۲۵/۲۴	۲/۳۹	۰/۵۷۷	۵۸/۴۵۵	۸۴۱۷/۵
تابستان	۱۴۴	۰/۶۹	۰/۰۸۶	۸/۶۶	۱/۱۱۴	۰/۶	۴۵/۸۲۲	۶۵۹۸/۳
پاییز	۱۲۶	۲/۳۹	۰/۱۸۵	۲۳/۳۰	۳/۸۳	۰/۷۶	۳۵۴/۱۲	۴۴۶۱۹
زمستان	۱۲۴	۱/۳۴	۰/۱۹	۸/۶۷	۱/۳۲۵	۰/۵۵	۳۴/۸۲۷	۴۳۱۸/۵
کل دوره	۵۴۲	۱/۳۶	۰/۰۸۶	۲۵/۲۴	۲/۴۵	۰/۶۶۵	۱۱۸/۸۷	۶۴۴۲۸

^۱One sample t-test

ضرورت تعیین مدل بهینه با توجه به برازش بهترین خط داده‌های دبی آب-دبی رسوب منجر به ترسیم منحنی‌های سنجه رسوب با دو روش معمولی و حدواسط برای هر یک از پایه‌های زمانی مورد نظر گردید. نتایج حاصل از تهیه منحنی سنجه رسوب در پایه‌های زمانی ماهانه، کل دوره و فصلی در جدول‌های ۲ تا ۴ آمده است.

جدول ۲- نتایج حاصل از تهیه معادلات سنجه رسوب ماهانه به دو روش معمولی و حدواسط دسته‌ها درحوزه آبخیز کورکورسر

پایه زمانی	روش	تعداد داده‌ها	معادله سنجه	ضریب همبستگی	سطح معنی‌داری	ضریب کارایی
فروردین	سنجه معمولی	۴۳	$Q_s = 15.29Q_w^{1.24}$	۰/۶۱۲	۰/۰۰	۰/۶۰۳
	حدواسط داده-ها	۴	$Q_s = 17.86Q_w^{1.59}$	۰/۹۵	۰/۰۲۲	۰/۴۴۴
اردیبهشت	سنجه معمولی	۵۲	$Q_s = 18.834Q_w^{1.0438}$	۰/۵۵	۰/۰۰	۰/۵۴۸
	حدواسط داده-ها	۸	$Q_s = 21.368Q_w^{1.1488}$	۰/۸۰	۰/۰۰۲	-۰/۱۱۴
خرداد	سنجه معمولی	۴۹	$Q_s = 12.773Q_w^{1.031}$	۰/۴۵	۰/۰۰	۰/۴۴۱
	حدواسط داده-ها	۶	$Q_s = 20.868Q_w^{0.8974}$	۰/۶۵	۰/۰۵۲	-۰/۱۹۴
تیر	سنجه معمولی	۵۲	$Q_s = 21.614Q_w^{1.4078}$	۰/۷۴	۰/۰۰	۰/۷۴۲
	حدواسط داده-ها	۶	$Q_s = 26.914Q_w^{1.5861}$	۰/۷۱	۰/۰۳۵	۰/۰۹۶
مرداد	سنجه معمولی	۴۸	$Q_s = 6.6127Q_w^{0.4466}$	۰/۰۸۲	۰/۰۴۸	۰/۰۶۲
	حدواسط داده-ها	۹	$Q_s = 9.7984Q_w^{0.6242}$	۰/۴۱	۰/۰۶	۰/۱۱۲
شهریور	سنجه معمولی	۴۴	$Q_s = 16.478Q_w^{1.2471}$	۰/۶۴	۰/۰۰	۰/۶۲۷
	حدواسط داده-ها	۸	$Q_s = 21.565Q_w^{1.3031}$	۰/۸۰	۰/۰۰۳	۰/۷۷۲
مهر	سنجه معمولی	۴۳	$Q_s = 18.162Q_w^{1.5533}$	۰/۸۴	۰/۰۰	۰/۸۳۴
	حدواسط داده-ها	۹	$Q_s = 30.828Q_w^{1.4935}$	۰/۵۸	۰/۰۱۷	۰/۷۶۵
آبان	سنجه معمولی	۳۷	$Q_s = 14.28Q_w^{1.66}$	۰/۸۱	۰/۰۰	۰/۸۰۳
	حدواسط داده-ها	۸	$Q_s = 24.925Q_w^{0.144}$	۰/۵۷	۰/۰۳۰	۰/۴۹۸
آذر	سنجه معمولی	۴۶	$Q_s = 19.606Q_w^{1.2685}$	۰/۶۶	۰/۰۰	۰/۶۵۲
	حدواسط داده-ها	۶	$Q_s = 27.145Q_w^{1.4547}$	۰/۸۷	۰/۰۰۷	۰/۶۶
دی	سنجه معمولی	۴۷	$Q_s = 15.409Q_w^{0.986}$	۰/۴۷	۰/۰۰	۰/۴۵۹

۰/۷۰۴	۰/۰۲۳	۰/۷۶	$Q_s = 17.487Q_w^{1.1647}$	۶	حدواسط داده- ها
۰/۷۲۹	۰/۰۰	۰/۷۴	$Q_s = 14.481Q_w^{1.485}$	۳۹	سنجه معمولی
۰/۸۳۶	۰/۰۰۲	۰/۸۶	$Q_s = 15.68Q_w^{1.82}$	۷	حدواسط داده- ها
۰/۶۱۴	۰/۰۰	۰/۶۲	$Q_s = 10.343Q_w^{1.49}$	۳۹	سنجه معمولی
۰/۷۲۶	۰/۰۰۴	۰/۷۶	$Q_s = 12.30Q_w^{1.53}$	۸	حدواسط داده- ها

جدول ۳- نتایج حاصل از معادلات سنجه رسوب دوره آماری به دو روش معمولی و حدواسط درحوزه آبخیز کورکورسر

دوره آماری	روش	تعداد داده- ها	معادله سنجه	ضریب همبستگی	سطح معنی داری	ضریب کارایی
۱۳۶۲-۱۳۹۳	سنجه معمولی	۵۴۲	$Q_s = 16.65Q_w^{1.27}$	۰/۶۶۵	۰/۰۰	۰/۶۶۵
	حدواسط داده‌ها	۸	$Q_s = 25.16Q_w^{1.52}$	۰/۷۳۲	۰/۰۰۷	۰/۶۸۸

جدول ۴- نتایج حاصل از معادلات سنجه رسوب فصلی به دو روش معمولی و حدواسط دسته‌ها درحوزه آبخیز کورکورسر

پایه زمانی	روش	تعداد داده‌ها	معادله سنجه	ضریب همبستگی	سطح معنی داری	ضریب کارایی
بهار	سنجه معمولی	۱۴۴	$Q_s = 16.30Q_w^{1.12}$	۰/۵۸	۰/۰۰	۰/۵۷۵
	حدواسط داده‌ها	۵	$Q_s = 18.591Q_w^{1.53}$	۰/۹۵	۰/۰۰۵	۰/۹۳۶
تابستان	سنجه معمولی	۱۴۸	$Q_s = 16.959Q_w^{1.2302}$	۰/۶	۰/۰۰	۰/۵۹۷
	حدواسط داده‌ها	۸	$Q_s = 23.44Q_w^{1.591}$	۰/۶۷	۰/۰۱۲	۰/۶۲۵
پاییز	سنجه معمولی	۱۲۶	$Q_s = 17.73Q_w^{1.48}$	۰/۷۶	۰/۰۰	۰/۷۶۵
	حدواسط داده‌ها	۹	$Q_s = 22.68Q_w^{1.62}$	۰/۷۶	۰/۰۰۱	۰/۷۳۶
زمستان	سنجه معمولی	۱۲۴	$Q_s = 13.63Q_w^{1.20}$	۰/۵۵	۰/۰۰	۰/۵۴۹
	حدواسط داده‌ها	۹	$Q_s = 17.815Q_w^{1.40}$	۰/۷۵۵	۰/۰۰۲	۰/۷۲۰

نتایج حاصل از طبقه‌بندی داده‌های دبی جریان در پایه‌های زمانی ماه، فصل و دوره آماری مورد مطالعه براساس روش ارائه شده توسط بیدن‌هارن^۱ و همکاران (۱۹۹۹) در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در اکثر پایه‌های زمانی تعداد طبقات مناسب داده‌های دبی جریان ۱۰ طبقه بوده است. تعداد نهایی شده طبقات داده‌های مذکور در پایه‌های زمانی مختلف با نتایج پژوهش‌های پیشین بیدن‌هارن و همکاران (۱۹۹۹) و بسیاری دیگر از پژوهش‌گران پیشین مبنی بر تعیین تعداد مناسب طبقات برای تعیین دبی مؤثر مربوط به دوره آماری مورد مطالعه موافق بوده است..

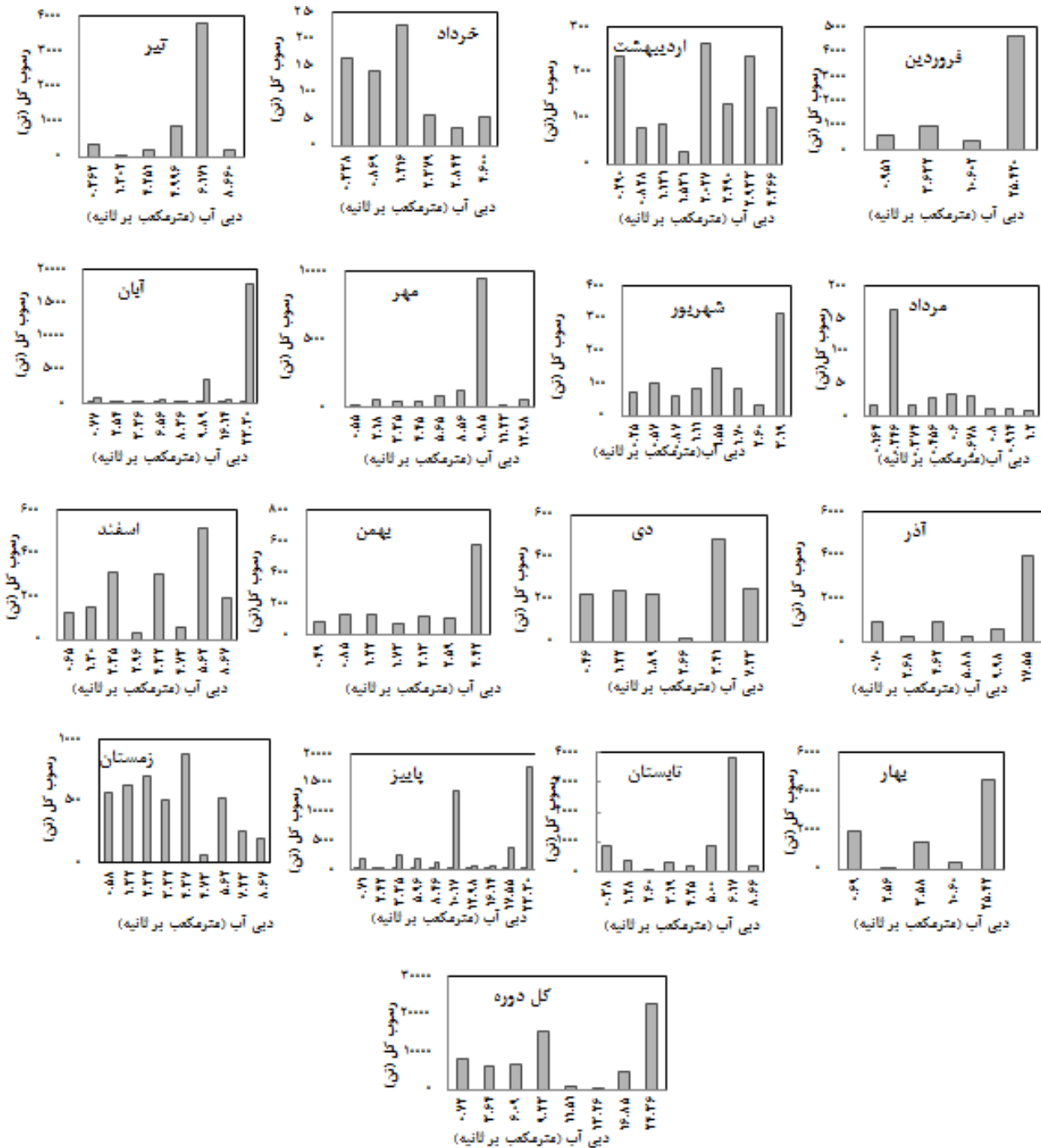
جدول ۵- نتایج حاصل از طبقه‌بندی داده‌های دبی جریان در پایه ماهانه، فصلی و کل دوره آماری درحوزه آبخیز کورکورسر

پایه زمانی	تعداد طبقات	تعداد طبقات فاقد فراوانی	طبقه دبی مؤثر
فروردین	۴	۶	۴
اردیبهشت	۸	۲	۷

¹Biedenharn et al.

۳	۴	۶	خرداد	
۵	۴	۶	تیر	
۲	۱	۹	مرداد	
۸	۲	۸	شهریور	
۷	۱	۹	مهر	
۸	۲	۸	آبان	
۶	۴	۶	آذر	
۵	۴	۶	دی	
۷	۳	۷	بهمن	
۷	۲	۸	اسفند	
۵	۵	۵	بهار	
۷	۲	۸	تابستان	فصل
۹	۱	۹	پاییز	
۵	۱	۹	زمستان	
۸	۲	۸	کل دوره	

پس از تهیه منحنی سنجه به دو روش معمولی و حدواسط داده‌ها در هریک از پایه‌های زمانی، مناسب‌ترین رابطه رگرسیونی بین مقادیر دبی جریان و دبی رسوب با توجه به معیارهای ضریب همبستگی، سطح معنی‌داری و ضریب کارایی تعیین گردید و با توجه به آن میزان رسوب معلق دبی‌های متوسط هر طبقه محاسبه شده و هیستوگرام دبی رسوب معلق در هر پایه زمانی بصورت ارائه شده در شکل (۲) تهیه شد. پس از رسم هیستوگرام‌های انتقال رسوب معلق برای پایه‌های زمانی ماهانه، فصلی و کل دوره آماری، طبقاتی از دبی که دارای بیش‌ترین مقدار از انتقال بار معلق بودند، به‌عنوان دبی مؤثر انتخاب شدند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل هیستوگرام‌ها میزان دبی مؤثر و خصوصیات مربوط به آن در هر پایه زمانی در جدول ۶ نشان داده شده است.



شکل ۲- هیستوگرام رسوب معلق ماهانه، فصلی و کل دوره مطالعاتی درحوزه آبخیز کورکورسر

جدول ۶- نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل هیستوگرام‌ها، دبی مؤثر و خصوصیات آن درحوزه آبخیز کورکورسر

دوره زمانی	معادله سنجه	طبقه دبی مؤثر	دبی مؤثر (m3/s)	فراوانی	رسوب کل (ton)
فروردین	$Q_s = 17.86Q_w^{1.59}$	۲۵/۴۲ - ۲۲/۸۹	۲۵/۴۲۰	۱	۶۲۱۲/۲۰۵
اردیبهشت	$Q_s = 21.368Q_w^{1.1488}$	۱/۸۱۸ - ۲/۲۴۳	۲/۰۲۷	۴	۲۶۵/۴۵۱
خرداد	$Q_s = 20.868Q_w^{0.8974}$	۱/۱۰۲ - ۱/۵۳۹	۱/۲۱۶	۳	۲۲۷/۳۴۲
تیر	$Q_s = 26.914Q_w^{1.5861}$	۶/۱۰۵ - ۶/۹۵	۶/۱۷۱	۱	۳۷۸۹/۲۷۱
مرداد	$Q_s = 9.7984Q_w^{10.6242}$	۰/۲۱۵ - ۰/۳۲	۰/۲۴۶	۲۳	۱۶۵/۰۸۷
شهریور	$Q_s = 21.565Q_w^{1.3031}$	۲/۹۳ - ۳/۲۵	۳/۱۹	۲	۳۱۳/۲۸۵

ماه

۹۴۱۰/۵۱۷	۱	۹/۸۵	۹/۳۵-۱۰/۶۶	$Q_s = 30.828Q_w^{1.4935}$	مهر
۱۷۸۳۸/۲۶	۱	۲۳/۳۰	۲۱-۲۳/۳۰	$Q_s = 24.925Q_w^{1.44}$	آبان
۳۹۵۶/۰۸	۱	۱۷/۵۵	۱۵/۸۲-۱۷/۵۸	$Q_s = 27.154Q_w^{1.4547}$	آذر
۴۸۰/۳۴	۴	۳/۴۱	۳/۰۲-۳/۷۲	$Q_s = 17.487Q_w^{1.1647}$	دی
۵۷۸/۹۴	۱	۴/۴۲۰	۳/۹۹-۴/۴۲۰	$Q_s = 15.68Q_w^{1.82}$	بهمن
۵۱۵/۵۸	۱	۵/۶۲	۵/۲۸-۶/۱۳	$Q_s = 12.292Q_w^{1.53}$	اسفند
۴۶۱۲/۲۰۵	۱	۲۵/۴۲	۲۲/۸۹-۲۵/۴۲	$Q_s = 18.591Q_w^{1.53}$	بهار
۳۷۸۹/۲۷	۱	۶/۱۷	۶/۰۸۷-۶/۹۴	$Q_s = 23.44Q_w^{1.591}$	تابستان
۱۷۸۳۸/۲۶	۱	۲۳/۳۰	۲۰/۹۹-۲۳/۳۰	$Q_s = 22.68Q_w^{1.62}$	پاییز
۸۸۰/۵۸	۲	۴/۳۷	۳/۵۸۲-۴/۴۳	$Q_s = 17.51Q_w^{1.40}$	زمستان
۲۲۴۵۰/۴۶	۲	۲۴/۳۶	۲۲/۸۹-۲۵/۴۲	$Q_s = 25.162Q_w^{1.52}$	دوره آماری

جهت مقایسه و تحلیل پذیری زمانی دبی مؤثر، مقادیر دبی مؤثر ماهانه، فصلی با مقدار دبی مؤثر کل دوره آماری بصورت جداگانه و میانگین مقادیر دبی مؤثر ماهانه و فصلی با دبی مؤثر کل دوره آماری با استفاده از آزمون t یک نمونه‌ای مورد بررسی قرار گرفت و مقایسه شد. که نتایج آن در جداول ۷ تا ۹ نشان داده شده است. همچنین مقادیر دبی مؤثر ماهانه و فصلی و میزان رسوب حمل شده نیز بطور جداگانه با استفاده از آزمون t یک نمونه‌ای با فرض مبنا قرار دادن هر یک از پایه‌های زمانی مورد مقایسه قرار گرفته و نتایج حاصل از آن در جداول ۱۰ تا ۱۱ ارائه شده است.

جدول ۷- نتایج آزمون t یک نمونه‌ای مقایسه مقادیر دبی مؤثر ماهانه و فصلی با دبی مؤثر کل داده‌ها درحوزه آبخیز کورکورسر

متغیر	سطح معنی داری	درجه آزادی	مقدار t	حد اطمینان در سطح ۹۵٪		اختلاف میانگین
				پایین	بالا	
دبی مؤثر ماه‌ها و کل سری داده‌ها	۰/۰۰۶	۱۱	۳/۳۹۰	۲/۹۹	۱۴/۰۷	۸/۵۳۵
دبی مؤثر فصل‌ها و کل سری داده‌ها	۰/۰۷۵	۳	۲/۶۷	-۲/۱۸	۳۲/۴۴	۱۴/۸۱

جدول ۸- نتایج آزمون t یک نمونه‌ای مقایسه مقادیر دبی مؤثر برای هریک از ماه‌های مبنا با سایر ماه‌ها درحوزه آبخیز کورکورسر

ماه مبنا	سطح معنی داری	درجه آزادی	مقدار t	حد اطمینان در سطح ۹۵٪		اختلاف میانگین
				پایین	بالا	
فروردین	۰/۰۰۹	۱۰	۳/۲۰۲	۲/۱۳	۱۱/۸۷	۷
اردیبهشت	۰/۰۰۷	۱۰	۳/۴۰۵	۳/۱۵۴	۱۵/۰۹۹	۹/۱۲۶
خرداد	۰/۰۰۶	۱۰	۳/۴۵۹	۳/۲۷	۱۵/۱۲	۹/۲۰
تیر	۰/۰۱۰	۱۰	۳/۱۸۵	۲/۶۲	۱۴/۸۷	۸/۷۵۰
مرداد	۰/۰۰۵	۱۰	۳/۵۳۰	۳/۳۴	۱۵/۱۵۱	۹/۳۰
شهریور	۰/۰۰۸	۱۰	۳/۳۳۴	۲/۹۹	۱۵/۰۵۰	۹/۰۲۱

مهر	۰/۰۱۲	۱۰	۳/۰۵۶	۲/۲۷	۱۴/۵۵	۸/۴۱۶
آبان	۰/۰۱۲	۱۰	۳/۰۴۸	۱/۹۹	۱۲/۳۹۱	۷/۱۹۳
آذر	۰/۰۱۴	۱۰	۲/۹۶	۱/۹۰	۱۳/۵۲	۷/۷۱۶
دی	۰/۰۰۸	۱۰	۳/۳۲۲	۲/۹۶	۱۵/۰۳۹	۹/۰۰۱۸
بهمن	۰/۰۰۸	۱۰	۳/۲۶۷	۲/۸۳	۱۴/۹۸	۸/۹۱
اسفند	۰/۰۰۹	۱۰	۳/۲۰۹	۲/۶۹	۱۴/۹۱	۸/۸۰۰

جدول ۹- نتایج آزمون t یک نمونه‌ای مقایسه مقادیر دبی مؤثر برای هر یک از فصل‌های مینا با سایر فصول درحوزه آبخیز کورکورسر

فصل مینا	سطح معنی داری	درجه آزادی	مقدار t	حد اطمینان در سطح ۹۵٪		اختلاف میانگین
				پایین	بالا	
بهار	۰/۲۰۲	۲	۱/۸۷۰	-۱۴/۶۷	۳۷/۲۳	۱۱/۲۸
تابستان	۰/۱۱۸	۲	۲/۶۴۵	-۱۱/۰۹۴	۴۶/۴۸	۱۷/۶۹
پاییز	۰/۲۱۷	۲	۱/۷۷	-۱۶/۹۹	۴۰/۹۷	۱۱/۹۸
زمستان	۰/۰۹۵	۲	۳/۰۰۲	-۷/۹۲	۴۴/۵۱	۱۸/۲۹۶

جدول ۱۰- نتایج آزمون t یک نمونه‌ای مقایسه مقادیر رسوب حمل شده توسط دبی مؤثر برای هر یک از ماه‌های مینا با سایر ماه‌ها درحوزه آبخیز کورکورسر

ماه مینا	سطح معنی داری	درجه آزادی	مقدار t	حد اطمینان در سطح ۹۵٪		اختلاف میانگین
				پایین	بالا	
فروردین	۰/۰۶۹	۱۰	۲/۰۳۴	-۳۲۶/۱۳۴۳	۷۱۵۱/۶۱۶	۳۴۱۲/۷۴
اردیبهشت	۰/۰۴۴	۱۰	۲/۳۰۸	۱۳۱/۰۰۷۸	۷۴۸۴/۷۹	۳۸۰۷/۹
خرداد	۰/۰۴۳	۱۰	۲/۳۱۱	۱۳۶/۱۳۹	۷۴۸۶/۵۹	۳۸۱۱/۳۶۵
تیر	۰/۰۶۵	۱۰	۲/۰۷۴	-۲۵۸/۷۷۱	۷۲۳۳/۸۷۷	۳۴۸/۵۵۳
مرداد	۰/۰۴۳	۱۰	۲/۳۱۶	۱۴۴/۵۶۶	۷۴۸۹/۴۸	۳۸۱۷/۰۲۴
شهریور	۰/۰۴۴	۱۰	۲/۳۰۴	۱۲۴/۵۹۵	۷۴۸۲/۵۰۹	۳۸۰۳/۵۵
مهر	۰/۰۸۸	۱۰	۱/۸۹	-۵۳۴/۳۲	۶۴۸۷/۳۸	۲۹۷۶/۵۳
آبان	۰/۰۳۲	۱۰	۲/۴۸	۲۲۶/۸۲	۴۱۹۳/۹۲	۲۲۱۰/۳۷
آذر	۰/۰۶۶	۱۰	۲/۰۶۶	-۲۷۳/۱۴	۷۲۱۷/۹۲	۳۴۷۲/۳۸
دی	۰/۰۴۵	۱۰	۲/۲۹۰	۱۰۲/۴۴	۷۴۷۴/۲۸	۳۷۸۸/۳۶
بهمن	۰/۰۴۶	۱۰	۲/۲۸۲	۸۹/۵۵۸	۷۴۶۹/۲۴	۳۷۷۹/۴۰۱
اسفند	۰/۰۴۵	۱۰	۲/۲۸۷	۹۷/۸۲	۷۴۷۲/۴۹	۳۷۸۵/۱۶

مقایسه مقادیر دبی‌های مؤثر ماهانه و فصلی با مقدار دبی مؤثر کل دوره آماری و همچنین مقایسه دبی مؤثر در پایه‌های زمانی ماه و فصل به‌طور جداگانه با فرض مینا قرار دادن هر یک از ماه‌ها و فصول با استفاده از آزمون t یک نمونه‌ای نشان داد که اختلاف بین میانگین مقادیر دبی مؤثر ماهانه با مقدار دبی مؤثر کل داده آماری مورد مطالعه معنی دار نبوده و همچنین مقایسه مقادیر دبی مؤثر هر یک از ماه‌های مینا با سایر ماه‌ها نشان داد که ماه‌های مهر، آبان و آذر در سطح ۰/۰۵ معنی دار بوده و اختلاف میانگین مقادیر دبی مؤثر فصلی با مقدار دبی مؤثر کل داده‌ها و مقایسه مقادیر دبی مؤثر هر فصل مینا با سایر فصل‌ها رابطه معنی داری دارد.

جدول ۱۱- نتایج آزمون t یک نمونه‌ای مقایسه مقادیر رسوب حمل شده توسط دبی مؤثر برای هر یک از فصل‌های مینا با سایر فصول درحوزه آبخیز کورکورسر

فصل مبنا	سطح معنی داری	درجه آزادی	مقدار t	حد اطمینان در سطح ۹۵٪		اختلاف میانگین
				پایین	بالا	
بهار	۰/۲۸۸	۲	۱/۴۳	-۱۵۰۲۴/۰۴۵	۳۰۰۲۹/۴۵	۷۵۰۲/۷۰۳۳
تابستان	۰/۲۷۰	۲	۱/۵۱۲	-۱۴۳۵۸/۶۹	۲۹۹۱۲/۷۲	۷۷۷۷/۰۱۵
پاییز	۰/۱۱۲	۲	۲/۷۳۳	-۱۷۷۶/۲۷۷	۷۹۶۴/۳۱	۳۰۹۴/۰۱۸
زمستان	۰/۱۹۵	۲	۱/۹۲	-۱۰۸۳۹/۲۸	۲۸۳۳۲/۴۴	۸۷۴۶/۵۷۸

بحث و نتیجه گیری

این پژوهش به منظور بررسی تغییر پذیری زمانی دبی مؤثر جهت انتقال رسوبات در حوزه آبخیز کورکورس صورت گرفت. در این پژوهش نتایج بدست آمده از منحنی سنجه‌های معمولی و حدوسط دسته‌ها، بیانگر این موضوع است که روش حدوسط دسته‌ها در اکثر پایه‌های زمانی از جمله ماه‌های اردیبهشت، شهریور، آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند و فصل بهار، تابستان و زمستان و کل دوره آماری مورد مطالعه، عملکرد بهتری نسبت به روش منحنی سنجه به روش معمولی داشته است. همچنین در ماه‌های فروردین، خرداد، تیر، مهر، آبان و فصل پاییز منحنی سنجه به روش معمولی نتایج بهتری از روش حدوسط دسته‌ها ارائه داد. در ارتباط با رابطه برتر اردیبهشت ماه باید عنوان نمود که علی‌رغم وجود ضریب همبستگی ۸۰ درصدی مدل مذکور بدلیل ضریب کارایی منفی فاقد اعتبار لازم در زمینه برآورد باررسوبی بود. علت این امر را می‌توان به تغییرات به وقوع پیوسته در پیچیدگی شرایط حاکم بر اکوسیستم و تغییرات زمانی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز کورکورس نسبت داد. در ماه‌های خرداد و مرداد رابطه معنی داری بین داده‌های دبی جریان و دبی رسوب یافت نشد که علت این امر را می‌توان به وقوع بارش‌های تند و رگباری در حوزه آبخیز نسبت داد. بررسی دبی‌های مؤثر در پایه‌ی زمانی ماهانه نشان داد که در فروردین ماه با دبی مؤثر ۲۵/۴۲ مترمکعب و فراوانی یک روزه و میزان رسوب انتقالی ۶۲۱۲/۲۰۵ تن در روز بیش‌ترین میزان رسوب را نسبت به دیگر ماه‌ها انتقالی داده است که علت این امر را می‌توان به ریزش‌های جوی غالباً به صورت باران نسبت داد. در پایه‌های زمانی فصلی نیز نتایج نشان داد که در فصل پاییز نیز دبی مؤثر با میزان ۲۳/۳۰ با فراوانی یک روزه و میزان رسوب ۱۷۸۳۸/۲۶ تن در روز بیش‌ترین میزان رسوب را نسبت به سایر فصل‌ها انتقال داده است. علت این امر را می‌توان به ریزش‌های جوی و همچنین خزان کننده بودن درختان این حوزه آبخیز و در نتیجه فرسایش بیش‌تر خاک نسبت به سایر فصول سال دانست. بررسی هیستوگرام‌های هریک از پایه‌های زمانی مورد مطالعه نشان می‌دهد که دبی مؤثر جهت انتقال رسوبات معلق در اکثر پایه‌های زمانی رویدادی با بزرگی بالا بوده است. به طوری که نسبت بالای انتقال رسوبات با جریان‌هایی با حجم بالا و فراوانی پایین همراه بوده است. بررسی هیستوگرام‌ها در پایه‌های زمانی نشان داد که دبی‌های حد منفرد به عنوان دبی مؤثر انتخاب شدند. لازم به ذکر است که توجه بیش‌تر به این مطلب موید این نکته می‌باشد که در بعضی از مواقع بزرگترین جریان واقع شده در طول دوره آماری به عنوان دبی مؤثر شناخته می‌شود که با اظهارات صادقی و همکاران (۲۰۰۸)، مارکوس و دمیس^۱ (۲۰۰۶) و اسماعیلی و مهدوی (۱۳۸۱) در خصوص تاثیر وقایع خاص در انتقال بخش عمده‌ای رسوبات حوزه آبخیز در نقاط مختلف جهان مطابقت دارد. نتایج نشان داد که درصد بیشتری از رسوبات معلق توسط دبی مؤثر انتقال یافته است. همچنین نتایج به دست

¹Markus and Demis

آمده دلالت بر تغییرپذیری بالای میزان دبی مؤثر در پایه‌های زمانی مختلف مورد مطالعه در این پژوهش داشته است. از نتایج به‌دست آمده طی پژوهش حاضر می‌توان جمع‌بندی نمود که میزان دبی مؤثر حتی در پایه‌های زمانی کوتاه مدت نیز می‌تواند از تغییرپذیری بالایی برخوردار باشد. چرا که مقادیر دبی مؤثر ماه‌ها از ۰/۲۴ تا ۲۵/۴۲ و دبی مؤثر فصل‌ها از ۴/۳۷ تا ۲۵/۴۲ متر مکعب بر ثانیه متغیر بود و مقدار دبی مؤثر کل دوره آماری برابر با ۲۴/۳۶ متر مکعب بر ثانیه بود. در نهایت دو نتیجه زیر از پژوهش حاضر حاصل می‌شود:

۱- مساوی یا کمتر بودن دبی مؤثر انتقال رسوب حوزه آبخیز کورکورسر (۲۴/۳۶ متر مکعب بر ثانیه) از دبی میانه سری

زمانی موجود در رودخانه با مقدار ۲۴/۳۶ متر مکعب بر ثانیه

۲- عدم تغییرپذیری دبی مؤثر در ماه‌ها و همچنین تغییر پذیری دبی مؤثر در فصول مختلف سال

بر اساس روش پژوهش دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه هیدرومتری نوشهر با توزیع‌های مختلف آماری برازش داده شد و توزیع لوگ نرمال سه پارامتری به عنوان توزیع مناسب انتخاب گردید. بر اساس این توزیع آماری دوره بازگشت دبی مؤثر ۱۰۰ سال به دست آمد. از نتایج این پژوهش می‌توان برای مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب و خاک از حوزه آبخیز مورد مطالعه استفاده نمود. به‌منظور بهبود بخشیدن به نتایج مطالعه حاضر پیشنهاد می‌شود بررسی طول دوره آماری در تغییرپذیری دبی مؤثر حوزه آبخیز مورد مطالعه از طریق تداوم طول دوره آماربرداری مورد بررسی قرار گیرد.

فهرست منابع

- اسدالهی، ذ.، وفاخواه، م.، صادقی، س.ح.، ۱۳۹۳. تهیه مدل دینامیک رسوب روزانه در حوزه آبخیز جنگلی کجور، مرتع و آبخیزداری، ۶۷(۱): ۱-۱۵.
- اسماعیلی ن.، مهدوی م.، ۱۳۸۱. بررسی دبی مؤثر جهت انتقال رسوبات معلق در آبراهه‌های حوزه آبخیز سد زاینده رود، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۵(۳): ۲۹۵-۳۰۵.
- رستمی م.، ۱۳۸۹. دبی مؤثر انتقال رسوبات معلق در حوزه جنگلی کجور. مجموعه مقالات ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری و چهارمین همایش ملی فرسایش و رسوب، ۸ و ۹ اردیبهشت ۱۳۸۹.
- سعیدی پ.، صادقی س.ح.ر.، ۱۳۸۸. قابلیت مفهوم رگرسیون در شبیه سازی رسوب‌نگار، پنجمین همایش ملی علوم مهندسی آبخیزداری (مدیریت پایدار بلایای طبیعی)، گرگان، ۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۸۸: ۶ص.
- فیض‌نیا س.، احمدی ح.، قدوسی ج.، دستورانی ج.، ۱۳۸۶. بررسی مقدار- فراوانی دبی مؤثر بار معلق در زیر حوزه‌های حوزه آبخیز گرگان. مجله منابع طبیعی ایران، ۶۰(۳): ۷۹۹-۸۰۹.

6. Biedenharn, D.S., C.R. Thorne, P.J. Soar, R.D. Hey and C.C. Watson. 1999. A practical guide to effective discharge calculation. In: Watson, C.C.

7. Bunte, K., Abt, S.R., Swingle, K.W. and D.A. Cenderelli. 2014. Effective Discharge in Rocky Mountain Headwater Streams. Journal of Hydrology. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.080>

8. Jansson, M.B., 1996. Estimating sediment rating curves of the Reventazon River at Palomo using logged mean loads within discharge classes, Journal of Hydrology, 183:4.241-227.

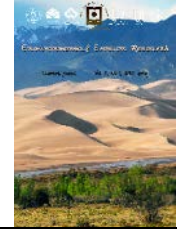
9. Kakaei Lafdani, E., A. Moghaddam Nia, and A. Ahmadi 2013. Daily suspended sediment load prediction using artificial neural networks and support vector machines. Journal of Hydrology: 478(25): 50-62.

10. Kisi, Ö, T. Haktanir, M. Ardiclioglu, O. Ozturk, E. Yalcin and S. Uludag. 2009. Adaptive neuro-fuzzy computing technique for suspended sediment estimation. *Advances in Engineering Software*, 40 (6): 438-444.
11. Lenzi, M.A., L. Mao and F. Comiti. 2006. Effective discharge for sediment transport in a mountain river: computational approaches and geomorphic effectiveness. *J. Hydro*, 326: 257-276.
12. Leopold, L.B. 1994. *A view of the river*, Harvard University press, Cambridge, Massachusetts, 298 pp.
13. Ma, Y., H.G. Hung, J. Xu, G.J. Brierly and Z. Yao. 2010. Variability of effective discharge for suspended sediment transport in a large semi-arid river basin. *J. Hydro*, 388: 357-369.
14. Maidment, D. R. 1992. *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill Inc.
15. Markus, M and M. Demise. 2006. Predictability of annual sediment loads based on flood events. *Journal of Hydrologic Engineering*, 114:345-361
16. Roy, N.G. and Sinha, R. 2014. Effective discharge for suspended sediment transport of the Ganga River and its geomorphic implications. *Geomorphology*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.04.029>
17. Sadeghi, S. H. R., T. Mizuyamab, S. Miyata, T. Gomi, K. Kosugi, T Fukushima, S. Mizugaki and Y. Onda. 2008. Determinate factors of sediment graphs and rating loops in a reforested watershed. *Journal of Hydrology*, 356:271-282.
18. Sadeghi, S.H.R. and P. Saeidi. 2010. Reliability of sediment rating curves for a deciduous forest watershed in Iran. *Hydrological Sciences Journal*, 55(5):821-831.
19. Saeidi, P., J. Tabatabaei and T. Saedi. 2011. Effective discharge for suspended sediment transportation in Ghohruod watershed. *African Journal of Agricultural Research*, 6(23): 5360-5366.
20. Schmidt, K and D, Morch. 2006. Sediment output and effective discharge in two small high mountain catchments in the Bavarian Alps, Germany. *Geomorphology*, 80: 131-145.
21. Simon, A., W. Dickerson and A. Heinz. 2004. Suspended-sediment transport rates at the 1.5-year recurrence interval for Eco regions of the United States: Transport Conditions at the Bank full and Effective Discharge. *Geomorphology*, 58: 243-262.
22. Walling, D.E., Collins, A. L., Sickingabula, H. A and G. J. L, Leeks: (2001). Integrated assessment of catchment suspended sediment budgets: A Zambian Example. *Land Degrad. Dev.*, 12: 387-415
23. Wu, B.S., G. Q. Wang, J. Q. Xia, X. D. Fu and Y. F. Zhang: 2008. Response of bankfull discharge to discharge and sediment load in the Lower Yellow River. *Geomorphology*, 100, 366-376.
24. Zanganeh, M.E., Mosaedi, A., Meftah Halghi, M and A. A. deghani. 2011. Determination of Suitable Method for Estimating Suspended Sediments Discharge in Arazkoose Hydrometric Station (Gorganrood Basin). *J. of Water and Soil Conservation*, Vol. 18(2), 85-103 (In Persian)..



Environmental Erosion Research

journal homepage: <http://magazine.hormozgan.ac.ir>



Temporal Changes of Effective Discharge for Suspended Sediments Transport

(Case Study: Korkorsar Watershed)

Rashidi, Sh.¹, Vafakhah, M.^{2*}, Javadi, M. R.¹

¹ *Rangeland & Watershed Management Department, Faculty of Agricultural & Natural Resources, Nour Islamic Azad University*

² *Watershed Management Engineering Department, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University*

Abstract

Suspended sediment transport by rivers is important in water quality of cities and villages fed by certain drainage basins. On the other hand, the effective discharge refers to discharge that transports the most sediment over long time and controls the shape of river bed. Therefore, determination of effective discharge for suspended sediment transport and analysis the variation of effective discharge at temporal scale is very important. The aim of this study is evaluating the effective discharge for sediment transport using flow discharge and sediment discharge for a thirty one year period (1983-2013) in Korkorsar watershed, Mazandaran Province. For this purpose at first, sediment rating curve was provided based on monthly, seasonally and total period time scale by using USBR and clusters average limit methods. Flow discharge was clustered into several equal clusters and mean flow discharge was calculated for each cluster. Then, for each mean flow discharge, amount of suspended sediment was determined based on flow discharge and sediment rating curves. Finally, the histogram of flow discharge and total sediment was plotted and effective discharge was determined. Results indicate monthly effective discharge and seasonally effective discharge vary from 0.24-25.42 m³ s⁻¹ and 4.37-25, respectively. The effective discharge in whole studied period was equal to 24.36 with return period of 100-year. In addition, the comparison of effective discharge in different time scale demonstrated that effective discharge amount could have high variability in monthly and seasonal time scale. Determining the effective discharge and its temporal variation in watersheds plays the effective role on decreasing sediment transport via. Appropriate rive reach and land management specially at the time of occurrence of effective discharge.

Article History:

Received:
05 April 2015
Revised:
02 November 2015
Accepted:
28 January 2016

Keywords:

*Temporal Variability
USBR Method
Clusters Average
Limit Method
Sediment Rating
Curve
Korkorsar watershed*

* Corresponding Author Email: vafakhah@modares.ac.ir