Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017

پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال پنجم، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۵
صص. ۶۵-۵۳

مقایسه الگوی تغییرات زمانی مقادیر دبی و رسوب ماهانه در تعدادی از رودخانه‌های استان آذربایجان غربی

فریبا اسفندیاری‌درآباد – دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی
رئوف مصطفی‌زاده*– استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
پیروزه فقه‌زاده– دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۰۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۴/۱۱

چکیده

برآورد صحیح میزان رسوبات حمل شده توسط جریان رودخانه در مدیریت رودخانه‌ها و طراحی پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک ضروری می‌باشد. با توجه به تغییرات مقدار رسوب متناسب با دبی رودخانه، ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی تغییرات رواناب و رسوب می‌تواند در تعیین و کنترل منشأ تولید رسوب مؤثر باشد. در پژوهش حاضر تغییرات ماهانه دبی و رسوب در ۱۵ ایستگاه هیدرومتری، استان آذربایجان غربی در یک دوره آماری ۲۰ ساله مورد تحلیل قرارگرفته است. بر اساس ارتباط تغییرات بار رسوبی و دبی، از معادله خطی شده سنجه‌رسوب با تبدیل لگاریتمی داده‌های دبی جریان و رسوب استفاده گردید. سپس دوره‌های کم‌آبی و پرآبی با استفاده از تئوری Run تعیین گردید، و به‌منظور تعیین الگوی وقوع دوره‌های کم‌آبی و پرآبی از روش Power Laws Analysis استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد که حداکثر مقادیر دبی و رسوب ایستگاه‌ها به‌صورت هم‌زمان و در فصل بهار (خصوصاً در ماه اردیبهشت) اتفاق افتاده است که با مقادیر بالای بارندگی، ذوب برف بهاره و موجودیت رسوب در این فصل در ارتباط بوده است. علیرغم اینکه بیش‌ترین مقدار دبی در ایستگاه ساری‌قمیش ۴۳۴/۱ مترمکعب بر ثانیه بوده، اما برخلاف انتظار، بیش‌ترین مقدار رسوب در ایستگاه قاسملو ۵۱۷۴/۹ تن در روز در طول دوره آماری مشاهده شد که این مورد بر عدم تبعیت حمل رسوب از مقدار بالای دبی اشاره دارد. هم‌چنین بیش‌ترین دامنه تغییرات لگاریتم دبی و رسوب مربوط به ایستگاه پل‌بهراملو با مقادیر ۱/۲ مترمکعب بر ثانیه و ۲/۳ تن در روز می‌باشد. در ادامه مقادیر وقوع تعداد و تکرار دوره‌های کم‌آبی و پرآبی در ایستگاه‌های مختلف با استفاده از پلات لگاریتمی دوگانه رسم شد، و مشخص شد که در ایستگاه‌های موردمطالعه، تکرار دوره‌های کم‌آبی با رسوب پایین، بیش‌تر از تکرار دوره‌های پرآبی و مقادیر رسوب بالا بوده است. بر این اساس، دوره‌های کم‌آب با فراوانی بیش‌تری اتفاق افتاده است که نشان‌دهنده تمایل رفتار رودخانه‌ها به وضعیت فصلی بودن است و نیز تکرار بالای دوره‌های کم‌رسوب نشان‌دهنده این است که در اکثر ماه‌های سال، میزان رسوب جریان قابل‌توجه نیست. هم‌چنین تداوم دوره‌های پرآب و نیز دوره‌های کم‌رسوب بسیار بیش‌تر بوده است. بر اساس نتایج می‌توان گفت که در منطقه موردمطالعه، حمل مقادیر بالای رسوب مربوط به ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد محدودشده است. مقایسه پلات‌های لگاریتمی دوگانه نشان داد که در ایستگاه‌های چپرآباد، دورود، نقده، اشنویه و پی‌قلعه تغییرات مقادیر رواناب و رسوب در دوره‌های مختلف در یک راستا بوده ولی در سایر ایستگاه‌ها وقوع مقادیر رواناب و رسوب هم‌زمان نبوده و از الگوهای متفاوتی پیروی می‌کنند.

واژگان کلیدی: تغییرات دبی و رسوب، تئوری Run، دوره‌های کم‌آبی و پرآبی، Power Laws Analysis، استان آذربایجان غربی

* نویسنده مسئول: E-mail: raoofmostafazadeh@yahoo.com

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017

مقدمه

مطالعه فرآیند رسوب‌زایی به‌عنوان یکی از معضلات اساسی مطرح بوده و مدیریت آن بدون شناخت ماهیت پیچیده و عوامل مؤثر در وقوع آن امکان‌پذیر نیست. جریان آب مهم‌ترین عوامل فرسایشی پوسته زمین بوده و در مسیر حرکت خود موادی را به‌صورت محلول معلق و بار بستر حمل می‌کند که این فرآیند، انتقال رسوب گفته می‌شود (پیری و همکاران، ۱۳۸۳، ۳۲؛ آرنیلد[1]، ۱۹۹۹، ۱۲۲). هرساله بالغبر ۲۰ تا ۵۲ میلیارد تن رسوب توسط رودخانه‌های جهان انتقال می‌یابد و در آب‌های ساکن ته‌نشین می‌شود (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۱، ۴). کشور ما نیز از عواقب زیان‌بار این پدیده مصون نبوده و سالانه بخش عمده‌ای از خاک‌های حاصلخیز زراعی و مرتعی، در اثر بهره‌برداری نادرست و بارندگی شسته شده، از بین می‌رود. هم‌چنین به دلیل شرایط آب و هوایی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و فشار بیش‌ازحد به اراضی حوضه‌های آبخیز، رودخانه‌های کشور ما در مقایسه با رودخانه‌های جهان رسوب بیشتری را حمل می‌کنند (رفاهی، ۱۳۷۵، ۳۴۱؛ کرادر[2] و همکاران، ۲۰۰۷، ۲۵۳). شناخت وضعیت رسوب‌دهی و میزان رسوب خروجی یک حوضه، درک درستی از پدیده فرسایش و عواقب آن را فراهم می‌نماید (پیری و همکاران، ۱۳۸۳، ۳۲؛ کرافورد[3]، ۱۹۹۱، ۳۳۲). تغییرات میزان رسوب در حال حاضر در رودخانه‌ها اغلب تابع تغییرات دبی می‌باشد. روش اندازه‌گیری بار معلق که بر پایه اندازه‌گیری غلظت رسوب معلق و دبی جریان استوار است، روشی است که مستلزم اندازه‌گیری پیوسته می‌باشد و معمولاً تنها برای رودخانه‌های مهم و دائمی مقدور می‌باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۶، ۲۳۴). به‌منظور برآورد رسوب انتقالی رودخانه‌ها به‌طورمعمول از معادله سنجه‌رسوب استفاده می‌شود (مساعدی و همکاران، ۱۳۸۵، ۳۳۲؛ پوپلوسکی[4] و همکاران ۱۹۸۹، ۷۸). معادله سنجه‌رسوب را فلیمینگ[5] در سال ۱۹۷۹ به نقل از والینگ[6] (۱۹۷۸) و اسلمن[7] (۲۰۰۰، ۲۳۵)، با بررسی آمار رسوب معلق ۲۵۰ رودخانه دنیا، برای حوزه‌های فاقد آمار ارائه داد، درعین‌حال برآورد رسوب از طریق معادله همواره با مقداری خطا همراه می‌باشد. (رابرت[8]، ۱۹۸۵، ۱۳۸۱). تغییرات ماهانه دبی و رسوب حاصل از منحنی سنجه‌رسوب در ایستگاه‌های مختلف مورد تحلیل قرار می‌گیرد، و برای دوره‌های کم‌آبی و پرآبی یک حد آستانه مشخص، معمولاً از روش تئوری ران استفاده‌شده است. منظور از ران، دنباله‌ی ممتدی از دنباله‌ها است که مقدار آن‌ها بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از حد (مبنا) باشد (یالدیز[9]، ۲۰۱۴، ۱۱۷۸). هم‌چنین برای تحلیل و بررسی تداوم دوره‌های بیش‌تر و کم‌تر از میانگین دبی و رسوب نیز از روش آنالیز توانی استفاده می‌شود (سن[10]، ۲۰۰۸، ۲۶۶). در تعیین تغییرات زمانی– مکانی رسوب‌دهی در حوضه آبریز قره‌سو در استان اردبیل اسفندیاری‌درآباد و قراچورلو (۱۳۹۴) به‌منظور ارائه‌ی مدلی، برآوردی از بار رسوبی در زیر حوضه‌های موردنظر، را مورد آزمون قراردادند. ایشان از داده‌های ۶ ایستگاه باران‌سنجی و هیدرومتری طی یک دوره ۲۲ ساله استفاده گردید. روش تحقیق مبتنی بر تحلیل آماری رگرسیونی متغیرهای بارش، بار رسوب و هم‌چنین تحلیل تغییرات متغیرهای بارش و رسوب بود. نتایج حاصل از تحلیل‌های رگرسیونی، نشان‌دهنده همبستگی ضعیف متغیر بارش با رسوب‌دهی ایستگاه‌ها در مقیاس میان‌سالی و در مقابل همبستگی خوب آن‌ها در مقیاس درون‌سالی بود. رضایی بنفشه و عابدی (۱۳۹۴) به بررسی عوامل مؤثر در تولید رسوب در حوضه آبخیز لیقوان‌چای پرداختند، ایشان دبی رسوب معلق را، برای روزهای بدون آمار با استفاده از مدل‌سازی رابطه بین دبی جریان و دبی معلق رسوب و برنامه‌ریزی ژنتیک برآورد

[1]- Arnild
[2]- Crowder
[3]- Crawford
[4]- Popolawski
[5]- Fleming
[6]- Waling
[7]- Asselman
[8]- Robert
[9]- Yildiz
[10]- Sen

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017

کردند. نتایج ایشان نشان داد که بین متغیر دبی متوسط جریان و دبی رسوب معلق رابطه معنی‌داری با ضریب همبستگی بالای ۹۰ ٪ وجود داشته و بین متغیر بارش و دبی رسوب معلق رابطه معنی‌داری با ضریب همبستگی پایین نسبت به دبی متوسط جریان برقرار است. در بررسی تغییرات فصلی رسوب معلق، خوجینی و نژادهاشمی (۱۹۸۸) و محمدی و همکاران (۲۰۰۷) به ترتیب با بررسی رسوب‌دهی حوضه آبخیز طالقان و گرگان‌رود نتیجه گرفتند که بیش‌ترین رسوبات حوضه در فصل بهار حمل می‌گردد. ونفنگ و کاتب[1] (۲۰۱۱) در تحقیقی، به تغییرات دبی و رسوب حوضه رودخانه جیالینگ[2] در چین طی ۵۰ سال (۲۰۰۶-۱۹۵۶) پرداختند، آن‌ها به این نتیجه رسیدند که طی دوره موردمطالعه مقدار رسوب کاهش‌یافته، به‌طوری‌که در سال ۱۹۸۵ یک تغییر اساسی در میزان رسوب رخداده است و یک رابطه معنی‌دار میان دبی و رسوب وجود دارد. بر اساس نتایج آن‌ها عامل حفاظت آب‌وخاک باعث کاهش دبی و رسوب رودخانه موردمطالعه شده است. هو[3] و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه خود، به تغییرات زمانی و مکانی رسوب معلق و دلایل تغییرات آن در سه ایستگاه بالادست، میان و پایین‌دست رود یانگ‌تسه در چین طی پنج دهه پرداختند، سپس به این نتیجه رسیدند که رسوب معلق تحت تأثیر خصوصیات حوضه آبخیز و فعالیت‌های انسانی تغییر می‌کند. وانگ[4] و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات زمانی و مکانی ته‌نشست رسوب معلق را در پنج ایستگاه واقع در زیرشاخه‌های رودخانه زرد چین طی ۵۰ سال با روش بیلان رسوب موردبررسی قراردادند و عامل اصلی تغییرات رسوب را، فعالیت‌های انسانی ازجمله ساخت سدهای اصلاحی در بازه‌های رودخانه موردمطالعه معرفی نمودند.

مرور منابع نشان می‌دهد که تحقیقات انجام‌شده به‌خصوص در داخل کشور، به بررسی روش‌هایی برای برآورد رسوب معلق پرداخته‌اند و یا تغییرات مکانی رسوب‌دهی را با استفاده از مدل‌ها و به‌صورت مقایسه رسوب خروجی در زیر حوضه‌ها مورد ارزیابی قرار داده‌اند. هم‌چنین در مطالعات مشابه خارج از کشور که در زمینه تغییرات زمانی و مکانی رسوب معلق رودخانه انجام‌شده است، نقش دبی در تغییرات رسوب یکسان در نظر گرفته‌شده است در حالیکه تغییرات دبی در هر ایستگاه می‌تواند دارای تأثیر متفاوتی در تغییرات رسوب باشد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، تعیین الگوی تغییرات ماهانه دبی و رسوب در ایستگاه‌های واقع در منطقه موردمطالعه است. به عبارتی در تحقیق حاضر امکان استفاده از روش آنالیز توانی در مقایسه تغییرات تکرار و تداوم وقوع دوره‌هایی با مقادیر دبی و رسوب متفاوت از روی مقادیر شیب منحنی لگاریتمی دوگانه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

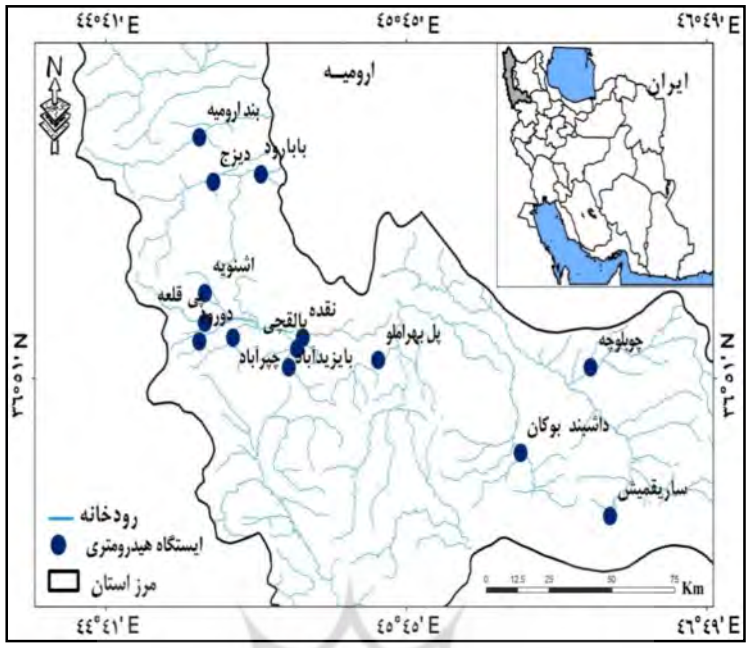
مواد و روش‌ها

خصوصیات منطقه موردمطالعه

استان آذربایجان‌غربی با مساحت ۳۷۴۰۰ کیلومترمربع که حدود ۲/۶۵ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد، در شمال‌غربی کشور قرار دارد. در این تحقیق ایستگاه‌های هیدرومتری دارای آمار رسوب واقع در مرکز و جنوب آذربایجان غربی مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته است. میانگین بارندگی سالانه حوضه بین مقدار ۳۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر در مناطق مختلف تغییر می‌کند و متوسط دما حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد است.

[1]- Wenfeng and Kateb
[2]- Jialing
[3]- Hu
[4]- Wang

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017



شکل ۱: موقعیت و پراکنش ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در استان آذربایجان غربی

روش تحقیق

با توجه به وجود ایستگاه‌ها در مناطق مختلف استان و در شرایط آب و هوایی تقریباً متفاوت و هم‌چنین طولانی بودن طول دوره آماری مورداستفاده، امکان بررسی وضعیت دوره‌های پرآبی و کم‌آبی هیدرولوژیک در منطقه موردمطالعه وجود دارد. برای انجام این پژوهش، بر اساس طول دوره آماری ۲۰ ساله و نیز کامل بودن داده‌های دبی روزانه ایستگاه‌ها، تعداد ۱۵ ایستگاه هیدرومتری شرکت مدیریت منابع ایران که بر رودخانه‌های قسمت‌های مختلف استان واقع‌شده‌اند، انتخاب گردید که مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری و مقادیر شاخص محاسباتی آن‌ها در جدول (۱)، ارائه‌شده است.

برای برآورد بار رسوب معلق روش‌های متعددی وجود دارد که با توجه به وضعیت آمار منطقه موردبررسی، در اکثر موارد در این روش‌ها از رابطه توانی بین دبی جریان و دبی رسوب معلق یا همان منحنی سنجه‌رسوب استفاده می‌شود. در این روش پس از تعیین غلظت نمونه‌های رسوب، بااطلاع از مقدار آبدهی رودخانه در زمان برداشت نمونه، یک رابطه ریاضی (معمولاً غیرخطی) بین بار رسوبی معلق رودخانه و آبدهی آن برقرار شد. در عمل با توجه به داده‌های دبی آب و دبی رسوب متناظر با آن، هر دو سری داده به صفحه مختصات لگاریتمی منتقل‌شده و خط بهترین برازش بر مبنای روش کم‌ترین مربعات از میان آن‌ها عبور داده شد. درنهایت، نمودار دبی آب– دبی رسوب به همراه معادله مربوطه و ضریب همبستگی آن برای منطقه موردمطالعه به دست آمد و معادله‌ای به‌صورت رابطه (۱) که به منحنی سنجه‌رسوب معروف است بین دو متغیر برقرار گردید (بهبودیان، ۲۰۰۹، ۲۸۴).

$$Q_S = aQ_w^b \qquad (۱)$$

که در آن، Q_s دبی مواد رسوبی معلق (تن در روز)، Q_w دبی جریان آب (مترمکعب بر ثانیه)، a و b ضرایب معادله بوده و با رسم خط بهترین برازش محاسبه‌شده است.

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017

جدول ۱: مقادیر شاخص محاسباتی دبی و رسوب در تعدادی از ایستگاه‌های استان آذربایجان غربی

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	حداکثر		متوسط		انحراف معیار		ضریب تغییرات	
			رسوب	دبی	رسوب	دبی	رسوب	دبی	رسوب	دبی
بایزیدآباد	۳۶/۸	۴۵/۳	۲۳۱/۴	۴/۰	۷/۰	۰/۴	۲۵/۵	۰/۵	۳/۶	۱/۵
چپرآباد	۳۶/۹	۴۵/۱	۷/۱	۴/۹	۰/۸	۰/۸	۱/۰	۰/۸	۱/۳	۱/۰
دورود	۳۶/۹	۴۵/۰	۱۴/۰	۱۰/۶	۱/۱	۱/۲	۲/۰	۱/۷	۱/۸	۱/۴
قاسملو	۳۶/۵	۴۵/۰	۵۱۷۴/۹	۷۰/۶	۶۹/۱	۲/۳	۴۱۳/۳	۶/۶	۶/۰	۲/۹
نقده	۳۶/۵	۴۵/۲	۱۴۴۱/۶	۹۱/۳	۹۳/۲	۱۰/۱	۱۸۸/۹	۱۴/۸	۲/۰	۱/۵
داشبند	۳۶/۳	۴۶/۱	۱۶۵۰/۱	۷۰/۶	۲۴/۳	۲/۳	۱۳۴/۳	۶/۶	۵/۵	۲/۹
پی‌قلعه	۳۷/۰	۴۵/۰	۹۵۹/۲	۶۱/۲	۷۱/۳	۸/۱	۱۵۰/۶	۱۱/۵	۲/۱	۱/۴
بالقچی	۳۶/۵	۴۵/۲	۴۹۶/۶	۷/۷	۱۸/۷	۰/۷	۵۷/۸	۱/۱	۳/۱	۱/۵
ارومیه	۳۷/۵	۴۵/۰	۲۷۹۴/۲	۳۹/۱	۱۴۶/۹	۵/۰	۳۸۴/۹	۷/۰	۲/۶	۱/۴
دیزج	۳۷/۳	۴۵/۰	۱۶۲۸/۱	۴۵/۱	۱۴۰/۳	۷/۸	۲۶۶/۷	۸/۷	۱/۹	۱/۱
بابارود	۳۷/۴	۴۵/۲	۱۱۴۹/۵	۳۶/۲	۲۲/۱	۲/۰	۸۹/۴	۳/۹	۴/۱	۲/۰
چوپلوچه	۳۶/۵	۴۶/۲	۲۴۵۲/۷	۵۲/۱	۸۰/۵	۴/۱	۲۳۰/۳	۶/۶	۲/۹	۱/۶
ساری قمیش	۳۶/۲	۴۶/۲	۲۷۴۸/۶	۴۳۴/۱	۲۱۹/۶	۵۱/۴	۳۸۵/۶	۶۶/۰	۱/۸	۱/۳
اشنویه	۳۷/۰	۴۵/۰	۲۸۱/۶	۱۱/۳	۱۷/۵	۱/۳	۴۲/۴	۲/۱	۲/۴	۱/۶
پل‌بهراملو	۳۶/۵	۴۵/۳	۳۶۸۵/۳	۹۰/۱	۲۲۸/۴	۱۰/۵	۵۴۷/۲	۱۶/۹	۲/۴	۱/۶

تعیین دوره‌های پرآبی و کم‌آبی

در این راستا پس از استخراج منحنی سنجه‌رسوب، تغییرات ماهانه دبی و رسوب در ایستگاه‌های مختلف مورد تحلیل قرار گرفت، سپس با استفاده از تئوری Runs تعداد و تداوم دوره‌های پرآبی و کم‌آبی مشخص گردید و هم‌چنین مقادیر دبی و رسوب در دوره‌های مذکور نیز محاسبه گردد (یوجیچ[1]، ۱۹۶۷). رسوب‌دهی و ضرورت آگاهی از تغییرات زمانی- مکانی آن در ایستگاه‌های موردنظر، باهدف تشخیص و تعیین تغییرات بار رسوبی ماهانه در ارتباط با دبی ماهانه ایستگاه‌های هیدرومتری انجام‌گرفته است. (بوردی[2] و همکاران، ۲۰۰۴، ۸۱). دوره‌های پرآبی و کم‌آبی در جریان رودخانه‌ای می‌تواند در مقیاس‌های زمانی متفاوت در نظر گرفته شود که در پژوهش حاضر، مبنای ماهانه انتخاب‌شده است (سیندریک[3] و همکاران، ۲۰۱۰، ۱۷۵؛ میشرا و سینگ[4]، ۲۰۱۰، ۲۰۴). برای تعیین تداوم دوره کم‌آبی، از بررسی و تحلیل دنباله‌ها استفاده‌شده است که در روش تئوری دنباله‌ها اگر مقادیر دبی از یک حد آستانه کم‌تر باشد کم‌آبی رخ خواهد داد. بنابراین

[1]- Yevjevich
[2]- Bordi
[3]- Cindric
[4]- Mishra and Singh

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017

از روش تئوری Run برای تعیین دوره‌های پرآبی و کم‌آبی استفاده گردید. بر این اساس میانگین‌های (۱۲ ماه) دبی و رسوب در کل دوره آماری برای تعیین حد آستانه در انتخاب دوره‌های پرآبی و کم‌آبی استفاده‌شده است (یالدیز، ۲۰۱۴، ۱۱۷۸). در این مرحله، مقادیر مثبت و منفی پس از کم نمودن مقادیر دبی و رسوب هر ماه از مقدار میانگین مقادیر دبی ماهانه، به‌صورت یک سری داده‌ها به دست آمد (هربست[1] و همکاران، ۲۰۰۹، ۲۶۶). پس از محاسبه تفاضل مقادیر دبی و رسوب ماهانه از میانگین درازمدت تعداد دوره‌های پرآبی و کم‌آبی و نیز مقادیر رسوب معلق زیاد و کم در طول کل دوره آماری به ترتیب از کم‌ترین مقیاس زمانی (۱ ماهه) تا بیش‌ترین آن (۴۷ ماهه) برای هر ایستگاه محاسبه گردید. سپس با افزایش مقیاس زمانی (تعداد ماه‌های بیش‌تر)، تعداد وقوع دوره‌های پرآبی و کم‌آبی کاهش پیدا کرد.

آنالیز توانی

برای تحلیل و بررسی تداوم دوره‌های بیش‌تر و کم‌تر از میانگین دبی و رسوب از روش آنالیز توانی بر اساس روابط (۲) و (۳) استفاده گردید (سن، ۲۰۰۸، ۲۶۶). ازآنجاکه روش آنالیز توانی با مفاهیم احتمالاتی دوره‌های کم‌آبی و پرآبی مرتبط است، درواقع از مشکلاتی همچون نرمال بودن داده‌ها، مقادیر حدی و سایر اثرات آن مستثنی است. در این روش به‌جای تغییرات مقادیر فصلی یا سالانه، دوره‌های کم‌آبی و پرآبی دبی و رسوب ماهانه موردتوجه است.

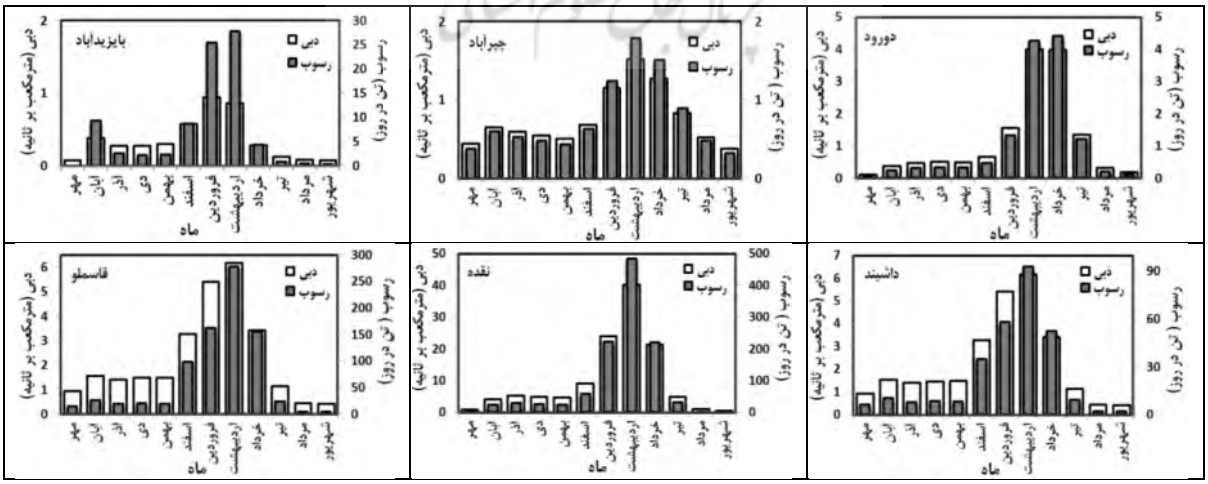
$$Y_w = a_w\, x_w^{-b_w} \quad (۲)$$

$$Y_d = a_d\, x_d^{-b_d} \quad (۳)$$

که در آن‌ها، Y_w و Y_d به ترتیب مقیاس زمانی دوره‌های پرآبی و کم‌آبی، x_w و x_d به ترتیب تعداد دوره‌های پرآبی و کم‌آبی می‌باشند و پارامترهای x_w، b_w، x_d و b_d به خصوصیات دوره‌های پرآبی و کم‌آبی بستگی دارند. برآورد این پارامترها با استفاده از نمودار لگاریتمی دوگانه بر روی یک خط مستقیم امکان‌پذیر است. بر روی نمودار لگاریتمی دوگانه مقادیر ثابت و شیب‌خط رابطه مذکور به‌صورت خط مستقیم در خواهد آمد که نشان‌دهنده مقادیر a و b هستند.

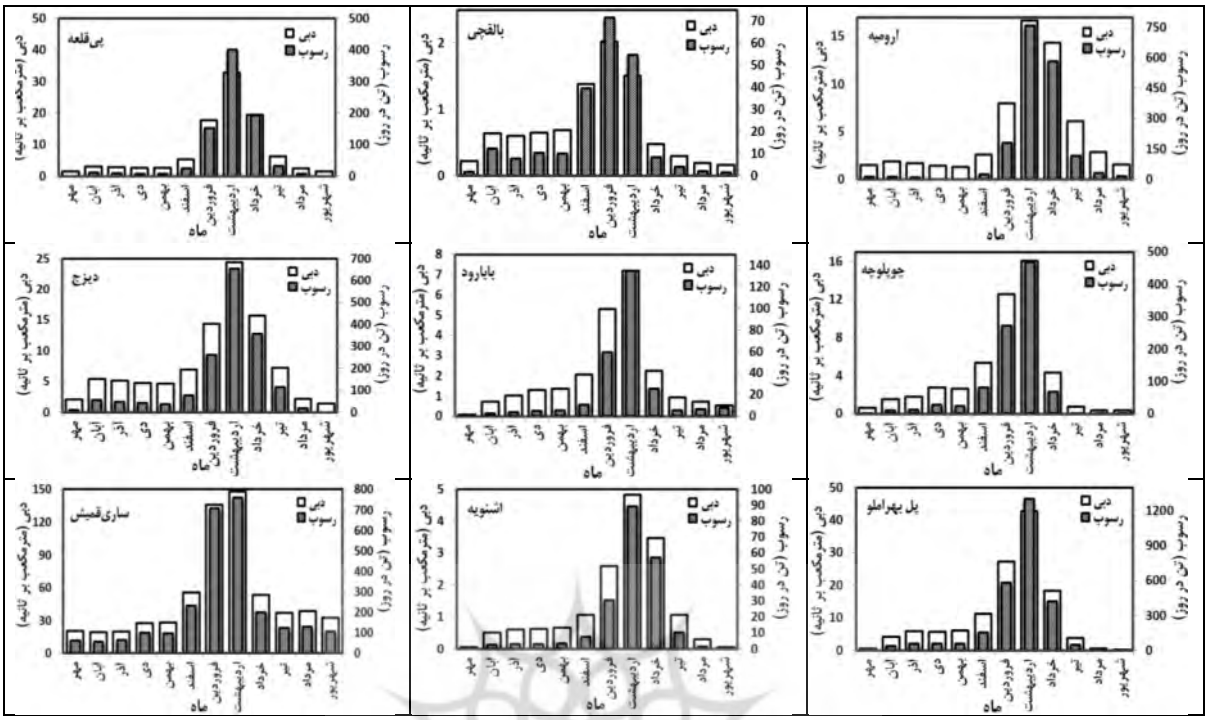
نتایج

مقادیر تغییرات دبی و رسوب در ماه‌های مختلف از سال در تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری استان آذربایجان غربی در شکل (۲) ارائه‌شده است.



[1]- Herbst

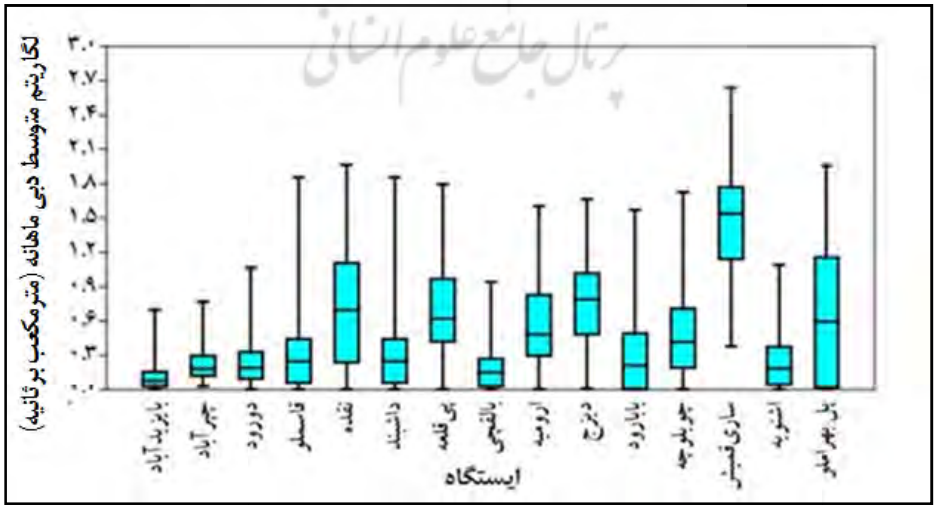
Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017



شکل ۲: مقایسه الگوی تغییرات زمانی مقادیر دبی و رسوب ماهانه در تعدادی از رودخانه‌های استان آذربایجان غربی

نتایج حاصل از محاسبات آماری مربوط به تغییرات دبی و رسوب ماهانه ایستگاه‌های موردمطالعه در شکل (۲) نشان می‌دهد که بیش‌ترین یکنواختی دبی و رسوب در اردیبهشت‌ماه و کم‌ترین دبی و رسوب در شهریورماه بوده است. به‌عبارتی می‌توان گفت که در ایستگاه‌های موردمطالعه، بیش‌ترین مقادیر رسوب و دبی فصل بهار و کم‌ترین مقادیر آن در فصل پاییز و تابستان می‌باشد. ازآنجایی‌که در این مطالعه رسوب مدنظر است وجود دبی جریان برای حمل و اندازه‌گیری رسوب الزامی می‌باشد، به همین دلیل می‌توان بالا بودن رسوب معلق در فصل بهار که در آن باران‌های بهاری باعث ایجاد جریان زیاد می‌شود را توجیه نمود.

نمودار جعبه‌ای مربوط به مقادیر لگاریتم حداقل، حداکثر و متوسط دبی ماهانه در شکل (۳) نشان داده‌شده است.

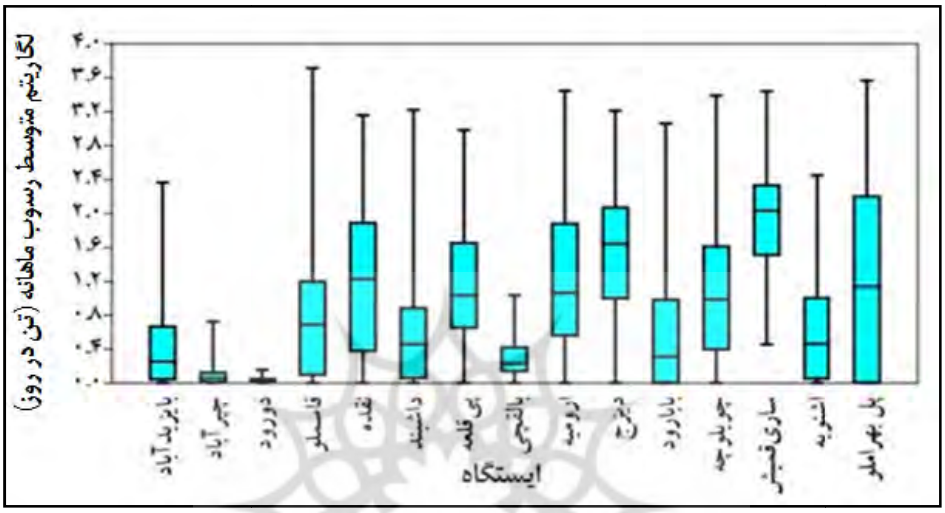


شکل ۳: نمودار جعبه‌ای لگاریتم دبی ماهانه در تعدادی از ایستگاه‌های آذربایجان غربی

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017

نتایج به‌دست‌آمده در نمودار جعبه‌ای مربوط به لگاریتم دبی ماهانه نشان می‌دهد که بیش‌ترین و کم‌ترین دامنه تغییرات به ترتیب در ایستگاه‌های پل‌بهراملو و بایزیدآباد با مقادیر ۱/۲ و ۰/۱ مترمکعب بر ثانیه می‌باشند، و هم‌چنین حداکثر دبی ماهانه در ایستگاه ساری‌قمیش با مقدار ۲/۳ مترمکعب بر ثانیه، نشان‌دهنده این است که مقدار دبی در بالادست رودخانه بیش‌تر بوده است.

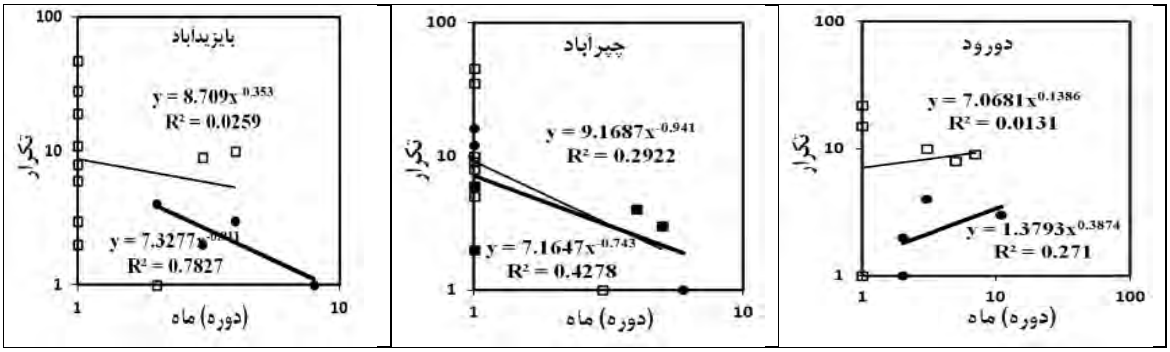
مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط لگاریتم رسوب ماهانه در نمودار جعبه‌ای به‌صورت شکل (۴) ارائه‌شده است.



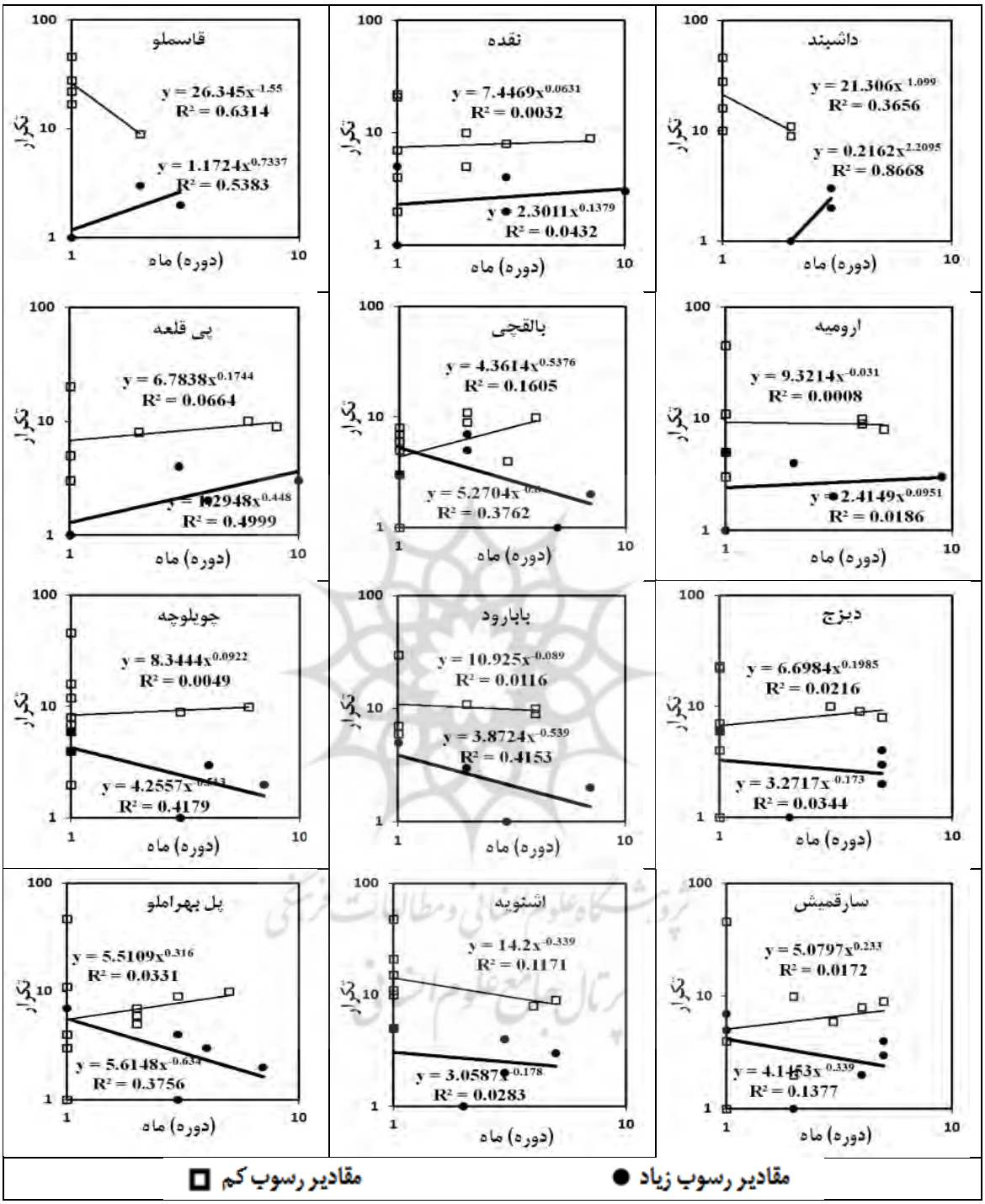
شکل ۴: نمودار جعبه‌ای لگاریتم رسوب ماهانه در تعدادی از ایستگاه‌های آذربایجان غربی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از نمودار جعبه‌ای مربوط به لگاریتم رسوب ماهانه، مشاهده می‌شود که حداکثر مقدار لگاریتم رسوب در ایستگاه قاسملو، ۳/۸ تن در روز برآورد شده است. درحالی‌که بیش‌ترین و کم‌ترین دامنه تغییرات رسوب به ترتیب در ایستگاه‌های پل‌بهراملو و دورود با مقادیر ۲/۳ و ۰/۱ تن در روز می‌باشند. هم‌چنین می‌توان گفت که تغییرات دبی منجر به روند تغییرات رسوب شده درنتیجه بیش‌ترین دامنه تغییرات لگاریتم دبی و رسوب مربوط به ایستگاه پل‌بهراملو می‌باشد.

پلات لگاریتمی دوگانه طول دوره‌های کم‌آبی و پرآبی و نیز ماه‌هایی با مقادیر رسوب ماهانه کم‌وزیاد، به ازای فراوانی وقوع در شکل (۵) نشان داده‌شده است که خطوط رگرسیونی متناسب با هر دوره در هر ایستگاه برازش داده‌شده است.



Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017



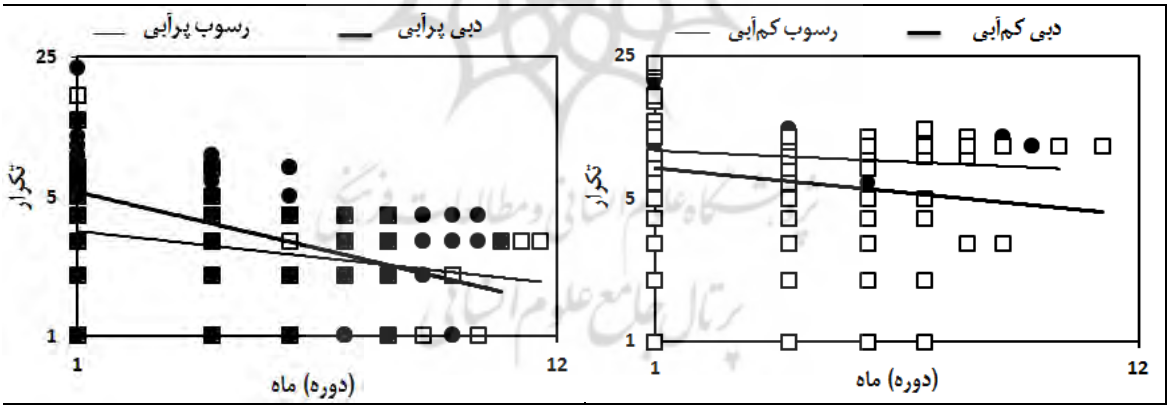
شکل ۵: پلات لگاریتمی دوگانه تعداد وقوع دوره‌های مختلف با مقادیر رسوب ماهانه زیاد و کم در ایستگاه‌های هیدرومتری استان آذربایجان غربی

بر اساس نتایج شکل (۵)، می‌توان گفت که در پلات لگاریتمی دوگانه تکرار و تداوم دوره‌های پرآبی و کم‌آبی رسوب به ازای فراوانی وقوع نشان‌دهنده این است که خطوط رگرسیونی متناسب با هر ایستگاه در هر دوره برازش داده‌شده است. رابطه معکوس میان تداوم و تعداد وقوع ماه‌های متوالی با مقادیر رسوب زیاد و کم وجود دارد. بدین ترتیب که با افزایش تداوم دوره موردنظر از تعداد وقوع ماه‌های متوالی رسوب کم و رسوب زیاد کاسته می‌شود. روش خط مستقیم رگرسیونی

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017

بر روی پلات لگاریتمی دوگانه مبنای تعیین دوره‌های رسوب کم‌وزیاد خواهد بود. در تفسیر نمودارهای لگاریتمی دوگانه و خطوط برازش داده‌شده رگرسیونی، نزدیکی ابر نقاط به خط مستقیم نشان می‌دهد که دوره‌های رسوب زیاد و کم در جریان رودخانه‌ای دارای یک رژیم همگن می‌باشند. خطوط نزدیک یا موازی بدون تقاطع دو دوره مختلف بیانگر عدم تغییرات زمانی در رسوب است و هرگونه انحراف منظم از خط مستقیم بیان‌گر شرایط یکنواخت است. عدم تلاقی خطوط دوره‌های کم‌رسوب و رسوب زیاد نشان می‌دهند که دوره‌های مذکور همیشه کوتاه‌تر یا طولانی‌تر از یکدیگر هستند. اگر خط مربوط به دوره رسوب زیاد بالاتر از خط مربوط به رسوب پایین جریان قرار گیرد، در ایستگاه موردنظر مقادیر رسوب بالا غالبیت بیش‌تری داشته، در غیر این صورت مقادیر کم‌رسوب غالب خواهد بود (مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴، ۴۳۵). در بعضی ایستگاه‌ها مانند چپرآباد و بالقچی تلاقی میان خطوط مستقیم رسوب کم‌وزیاد دیده می‌شود. درحالی‌که در سایر ایستگاه‌های نقده، پی‌قلعه، ارومیه، اشنویه که خطوط مستقیم مربوط به دو دوره‌ی رسوب زیاد و کم موازی هستند، به این معنی است که دوره‌های کم‌رسوب همیشه بلندتر از دوره‌های پر رسوب می‌باشند. سپس در ایستگاه‌های داشبند و قاسملو با افزایش تداوم دوره، دوره‌های رسوب زیاد افزایش‌یافته ولی از دوره‌های کم‌رسوب کاسته می‌شود. هم‌چنین در ایستگاه‌های پل‌بهراملو، ساری‌قمیش، چویلوچه، دیزج شیب خطوط دوره‌های کم‌رسوب مثبت است، که بیانگر تکرار بیش‌تر دوره‌های طولانی‌مدت با رسوب پایین است. به‌عبارتی در ایستگاه‌های مذکور، تعداد دوره‌هایی با مقادیر کم‌رسوب دارای وقوع بیش‌تر هستند و سایر ایستگاه‌ها دارای رفتاری متفاوت می‌باشند.

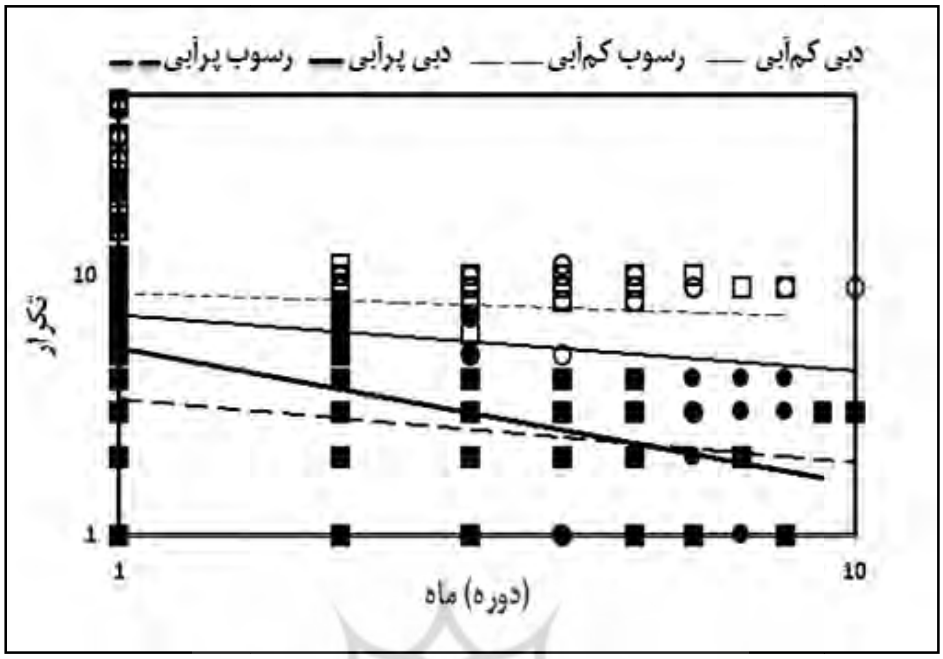
پلات لگاریتمی دوگانه در شکل (۶)، نشان‌دهنده وقوع تعداد دوره‌های کم‌آبی و پرآبی دبی و رسوب ماهانه، به ازای فراوانی وقوع می‌باشد، هم‌چنین خطوط رگرسیونی متناسب با هر دوره از دبی و رسوب در تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه برازش داده‌شده است.



شکل ۶: پلات لگاریتمی دوگانه وقوع تعداد و تکرار دوره‌های مختلف کم‌آبی و پرآبی و رسوب کم‌وزیاد در ایستگاه‌های هیدرومتری استان آذربایجان غربی

بر اساس نتایج در شکل (۶)، پلات لگاریتمی دوگانه ایستگاه‌های هیدرومتری در طول دوره‌ی آماری موردنظر نشان می‌دهد که، نزدیکی ابر نقاط به خط مستقیم در دوره‌های پرآبی دبی و رسوب بالا دارای یک رژیم همگن بوده و هم‌چنین نزدیک یا موازی بدون تقاطع دو دوره مختلف در نمودار کم‌آبی و رسوب پایین، بیانگر عدم تغییرات زمانی در دبی و رسوب است. هم‌چنین قرارگرفتن خط بالاتر رسوب نسبت به دبی، نمایانگر رسوب بیش‌تر در طول دوره کم‌آبی است. اما در نمودار مربوط به پرآبی، تقاطع دو خط مربوط به پرآبی دبی و رسوب نشان می‌دهد که با افزایش دبی، رسوب کم‌تر شده و با کاهش دبی، رسوب افزایش پیداکرده است.

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017



شکل ۷: پلات لگاریتمی کم‌آبی و پرآبی بر روند تغییرات دبی و رسوب در تعدادی از ایستگاه‌های استان آذربایجان غربی

قرار گرفتن دوره کم‌آبی و رسوب پایین، بالاتر از دوره‌ی پرآبی و رسوب بالا در شکل (۷) نشان می‌دهد که در طول دوره‌ی آماری با کاهش کم‌آبی، مقادیر رسوب نیز کم‌تر می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش روند تغییرات دبی و رسوب در ۱۵ ایستگاه هیدرومتری در استان آذربایجان غربی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که تغییرات و بی‌نظمی مقادیر رسوب‌دهی ایستگاه‌های منتخب به‌خصوص در مقیاس ماهانه قابل‌توجه است. هم‌چنین افزایش تغییرپذیری رسوب‌دهی ماهانه با افزایش شرایط کم‌آبی و دبی ایستگاه‌ها بر وجود روابط نزدیک دبی با وضعیت رسوب‌دهی ایستگاه‌های منتخب دلالت دارد. مقادیر تغییرات دبی و رسوب در ماه‌های مختلف از سال در تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه در شکل (۲) نشان می‌دهد که، حداکثر مقادیر دبی و رسوب در فصل بهار و خصوصاً در ماه اردیبهشت اتفاق افتاده است و می‌توان نتیجه گرفت که علاوه بر عامل بارندگی، عامل ذوب برف زمستانه نیز بر میزان آبدهی بالای رودخانه‌ها در این فصل تأثیرگذار بوده است که با نتایج ، خوجینی و نژادهاشمی (۱۹۸۸) و محمدی و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر تولید رسوب در فروردین‌ماه به دلیل تمرکز بارش مطابقت دارد. نتایج بین دو نمودار جعبه‌ای دبی و رسوب در شکل‌های (۳) و (۴) نشان‌دهنده این است که کم‌ترین لگاریتم دبی و رسوب به ترتیب در ایستگاه‌های بایزیدآباد (۰/۱ مترمکعب بر ثانیه) و دورود (۰/۱ تن در روز) می‌باشد. اما علیرغم اینکه ایستگاه نقده و پل‌بهراملو دارای لگاریتم دبی یکسان هستند اما رسوب در پل‌بهراملو بیش‌تر است. درنتیجه بیش‌ترین دامنه تغییرات لگاریتم دبی و رسوب مربوط به ایستگاه پل‌بهراملو با مقادیر ۱/۲ مترمکعب بر ثانیه و ۲/۳ تن در روز می‌باشد که با یافته رضایی بنفشه و عابدی (۱۳۹۴)، ازلحاظ معنی‌داری دبی و رسوب در یک راستا است. در تفسیر نمودارهای لگاریتمی دوگانه و خطوط برازش داده‌شده رگرسیونی در شکل (۵)، تلاقی میان خطوط مستقیم رسوب کم‌وزیاد در ایستگاه‌های مانند چپرآباد و بالقچی دیده می‌شود. درحالی‌که دوره‌های رسوب پایین در ایستگاه‌های نقده، پی‌قلعه، ارومیه، اشنویه همیشه بلندتر از دوره‌هایی با رسوب زیاد می‌باشند، به‌عبارتی در این ایستگاه‌ها دوره‌های کم‌رسوب غالبیت بیش‌تری دارد. هم‌چنین شیب خطوط دوره‌های کم‌رسوب مثبت بوده و بیانگر تکرار بیش‌تر دوره‌های طولانی‌مدت

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017

کم‌رسوب در ایستگاه‌های پل‌بهراملو، ساری‌قمیش، چویلوچه، دیزج است. به‌عبارتی در ایستگاه‌های مذکور، تعداد دوره‌های کم‌رسوب با دوره وقوع بیش‌تر اتفاق افتاده است و سایر ایستگاه‌ها دارای رفتاری متفاوت می‌باشند. پلات لگاریتمی دوگانه در شکل‌های (۶) و (۷)، نشان‌دهنده وقوع تعداد دوره‌های کم‌آبی و پرآبی و تغییرات رسوب ماهانه، به ازای فراوانی وقوع در ایستگاه‌های هیدرومتری در طول دوره آماری موجود می‌باشد. در تمامی دوره‌ها، وقوع کم‌آبی و رسوب پایین بیش‌تر از پرآبی و رسوب بالا بوده است، و هم‌چنین ارتباط بین دبی و رسوب همیشه به‌صورت یک رابطه مستقیم نمی‌باشد، نتایج این پژوهش با یافته‌های اسفندیاری‌درآباد و قراچورلو (۱۳۹۴)، هو و همکاران (۲۰۱۱) و وانگ و همکاران (۲۰۱۲) در یک راستا است. ازآنجایی‌که بیش‌ترین مقدار رسوب در دبی‌های بالا انتقال پیدا می‌کنند، پیشنهاد می‌گردد در جریان‌های سیلابی به تعداد کافی نمونه‌برداری صورت گیرد. درمجموع بر اساس نتایج، حمل مقادیر بالای رسوب در منطقه موردمطالعه در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد اتفاق افتاده است. مقایسه پلات‌های لگاریتمی دوگانه نشان داد که در ایستگاه‌های چپرآباد، دورود، نقده، اشنویه و پی‌قلعه تغییرات مقادیر رسوب در دوره‌های مختلف متأثر از الگوی تغییرات رواناب بوده ولی در سایر ایستگاه‌ها وقوع مقادیر رواناب و رسوب هم‌زمان نبوده و از الگوهای متفاوتی پیروی می‌کنند. پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آتی، عوامل مؤثر بر میزان دبی و رسوب معلق تولیدشده در هر حوضه، شامل ویژگی‌های فیزیکی حوضه بالادست در هر ایستگاه ازجمله وسعت حوضه بالادست، طول آبراهه‌ها با درجه انشعاب مختلف، مجموع طول کل آبراهه‌ها، تراکم آبراهه‌ها و فاصله از بالادست با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی باید محاسبه و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گیرد. هم‌چنین ارزیابی اثرات اختلال در شرایط هیدرولوژیکی، کاربری اراضی و شبکه زهکشی بر فرآیندهای کنترل‌کننده مؤلفه‌های دبی و تولید رسوب معلق از مواردی است که در ارزیابی هم‌زمانی وقوع مقادیر حداکثر و تغییرات رواناب و رسوب نیازمند مطالعات دقیق‌تری است.

منابع

- اسفندیاری‌درآباد، فریبا و مرتضی قراچورلو، ۱۳۹۴، بررسی روابط مکانی– زمانی بار رسوب معلق با بارش در حوضه آبریز قره‌سو، هیدروژئوموفولوژی، شماره ۴، صص ۱۴۲– ۱۲۵.
- پیری، عبدالاسلام، احمدی، میرخالق ضیاءتبار، حبیب نژادروشن، محمود، مساعدی، ابوالفضل و کریم سلیمانی، ۱۳۸۳، بهینه‌سازی رابطه دبی آب و رسوب در حوضه معرف امامه، جنگل و مرتع، شماره ۶۵، صص ۴۰–۳۰.
- رضایی‌بنفشه، مجید و رضا عابدی، ۱۳۹۴، تحلیل روابط حاکم بر بارش، دبی جریان و دبی رسوب حوضه آبریز لیقوان‌چای (با استفاده از برنامه‌ریزی ژنتیک در بازه‌ی زمانی فصلی)، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۴، صص ۷۷–۵۷.
- رفاهی، حسینقلی، ۱۳۷۵، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، صص ۵۵۱.
- فیض‌نیا، سادات، مجدآبادی فراهانی، فرهاد، محسنی‌ساروی، محسن و محمود عرب‌خدری، ۱۳۸۱، طول دوره آماری مناسب برای برآورد میانگین رسوب سالانه و روابط آن با مساحت، تغییرات رسوبدهی سالانه، خصوصیات اقلیمی، زمین‌شناسی و پوشش گیاهی حوضه آبخیز، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۳، صص ۱۶–۳.
- محمدی، امین، مساعدی، ابوالفضل و علی حشمت‌پور، ۱۳۸۶، تعیین مناسب‌ترین روش برآورد رسوب معلق در ایستگاه هیدرومتری قزاقلی رودخانه گرگانرود، علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد ۱۴، شماره ۴، صص ۲۴۰–۲۳۲.
- مساعدی، ابوالفضل، محمدی، امین، نجفی‌نژاد، علی و فرهاد یغمایی، ۱۳۸۵، بهینه‌سازی روابط دبی جریان و دبی رسوب معلق در ایستگاه‌های منتخب رودخانه گرگانرود، منابع طبیعی ایران، جلد ۵۹، شماره ۲، صص ۳۴۲–۳۳۱.
- مصطفی‌زاده، رئوف، وفاخواه، مهدی و محسن ذبیحی، ۱۳۹۴، تحلیل الگوی وقوع ماه‌های پرباران و کم‌باران در استان گلستان با استفاده از روش آنالیز توانی، اکوهیدرولوژی، دوره ۲، شماره ۴، صص ۴۴۳–۴۲۹.
- *Arnild, J.G., 1999, Water resources of the Texas Gulf Basin, Water Science and Technology, pp. 121- 133.*

Downloaded from geomorphologyjournal.ir at 10:01 +0430 on Sunday April 23rd 2017

- *Asselman, M.E.M., 2002, Fitting and interpretation of sediment rating curves, Journal of Hydrology, Vol. 234, No. 4, pp. 228-248.*
- *Behboodian, J., 2009, Non Parametric Statistics, Fifth edition, Shiraz University press, 280 pp. (In Persian)*
- *Bordi, I., Fraedrich, K., Jiang, J., and Sutera, A., 2004, Spatio- temporal variability of dry and wet periods in eastern China, Journal of Theoretical and Applied Climatology, Vol. 79, No. (1-2), pp. 81-91.*
- *Cindric, K., Pasaric, Z., and Gajic-Capka, M., 2010, Spatial and temporal analysis of dry spells in Croatia, Theoretical and Applied Climatology, Vol. 102, No. (1-2), pp. 171-184.*
- *Crawford, C.G., 1991, Estimation of suspended sediment rating curves and mean suspended sediment loud, Journal of Hydrology, Vol. 129, pp. 331-348.*
- *Crowder, D., Demissiie, W., and Markus, M., 2007, The accuracy of sediment load when log-transformation produces nonlinear sediment load-discharge relationship, Journal of Hydrology, Vol. 336, pp. 250-268.*
- *Fleming, G., 1979, Deterministic model in hydrology, Irrigation and Drainage paper, PP. 32-80.*
- *Herbst, P.H., Bredenkamp, D.B., and Barker, H.M.G., 1966, A technique for the evaluation of drought from rainfall data, Journal of Hydrology, No. 4, pp. 264-272.*
- *Hu, B., Wang, H., Yang, Z., and Sun, X., 2011, Temporal and spatial variations of sediment rating curves in the Changjiang (Yangtze River) basin and their implications, Quaternary International, Vol. 230, pp. 34-43.*
- *Khodjeini, A., and Hashemi Nejad, M., 1988, Study of suspended sediment yield in Taleghan basin, Pajohesh & Sazandegi, Vol. 11, No. 2, pp. 10-13. (In Persian)*
- *Mishra, A.K., and Singh, V.P., 2010, A review of drought concepts, Journal of Hydrology,Vol. 39, pp. 202-216.*
- *Mohamadi, A., Mosaedi, A., and Heshmatpour, A., 2007, Determination of the bestmodel to estimate suspended sediment loud in Ghazaghli gauge station Gorganroud river, Journal of Agriculture Science and Natural Resources, Vol. 14, No. 4, pp. 232-240. (In Persian).*
- *Popolawski,W.A., Piorewicz, J., and Gourlay, M.R., 1989, Sediment transport in an Inland river in North Queensland, Hydrobiology, pp. 77-92.*
- *Robert, B.T., 1985, Estimating total suspended sediment yield with probability sampling,Water Resources Research, Vol. 21, No. 9, pp. 1381-1388.*
- *Sen, Z., 2008, Wadi Hydrology, CRC Press, Taylor and Francis Group, pp. 347.*
- *Walling, D.E., 1978. Suspended sediment and solute response characteristics of the river Exe, Devon, England. In: DavidsonArnott R., Nickling W. (Eds.), Research in fluvial systems. Geoabstracts, Norwich, pp. 169–197.*
- *Wang, S., Yan, Y., and Li. Y., 2012, Spatial and temporal variations of suspended sediment deposition in the alluvial reach of the upper Yellow River from 1952 to 2007, Catena, Vol. 92, pp. 30-37.*
- *Wenfeng. D., and Kateb, H.E., 2011, Annual discharge and sediment load variation in Jialing River during the Past 50 Years, Journal of Mountain Science, No. 8, pp. 664–676.*
- *Yevjevich, V., 1967, An objective approach to definition and investigations of continental hydrologic droughts, Hydrology papers, Colorado State University, Fort Collins, USA, pp. 23.*
- *Yildiz, O., 2014, Spatiotemporal analysis of historical droughts in the Central Anatolia, Turkey, Gazi University Journal of Science, Vol. 27, No. 4, pp. 1177-1184.*