



شماره ۱۱۸، بهار ۱۳۹۷

پژوهش‌های آبخیزداری

(پژوهش و سازندگی)

تحلیل تغییرات زمانی انتقال مواد معلق در رود ماربره دره تخت لرستان

مه‌دی مردیان*

(نویسنده‌ی مسئول)* دانشجوی دکترای آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

کریم سلیمانی

استاد سنجش از دور و GIS، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

کاکا شاهدهی

دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

عطاله کاویان

دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

فریدون قدیمی

دانشیار زمین‌شناسی دانشگاه صنعتی اراک

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۷

* Corresponding Email: mehdimardian@gmail.com

چکیده

شفاف‌سازی تغییرات عرضی مواد معلق در مقیاس‌های زمانی برای برنامه‌های مدیریتی ضروری است. در این پژوهش تغییرات انتقال مواد معلق در مقیاس‌های زمانی در رود ماربره دره تخت، لرستان بررسی شد. چهار دیدگاه آستانه‌ی فصلی، فصلی، سالانه و دوره‌ی کاربری زمین بر اساس داده‌های اندازه‌گیری‌شده‌ی ۱۳۹۵-۱۳۵۰ با استفاده از روش‌های آماری تحلیل شدند. آب‌دهی آستانه‌ی فصلی با استفاده از بهترین توزیع آماری برای دوره‌ی بازگشت ۲ سال تعیین، و روابط رسوب‌دهی برای رویدادهای بزرگ و کوچک تهیه شد. برای مقیاس کاربری زمین نیز نقشه‌ی کاربری زمین سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۹۵ با فن‌آوری سنجش از دور تهیه شد. براساس نتایج، بیش‌ترین ظرفیت انتقال مواد معلق مربوط به روی داده‌های بیش‌تر از آستانه‌ی بهار است که شیب منحنی سنجی آن ۱/۴۶۹ است. تغذیه و ظرفیت انتقال مواد معلق در آب‌دهی‌های بیش‌تر از آستانه‌ی پاییز بیش‌تر از زمستان است. در دوره‌ی کاربری زمین، هرچند تغییر کاربری مرتع به دیم مشاهده شد، اما تأثیر سایر دخالت‌های انسانی مانند احداث ۲ سد مخزنی و بندهای پرشمار در سرشاخه‌ها، منجر به کاهش میانگین انتقال مواد معلق روزانه متناسب با کاهش آب‌دهی پاییز، زمستان و بهار شده است.

واژه‌های کلیدی: آب‌دهی آستانه، الگوهای زمانی، تغییر کاربری زمین، کارایی مدل، منحنی سنجی مواد معلق

Analysis of Temporal Variations for the Suspended Load Transport in the Marboreh River, Darreh-Takht, Lorestan Province, Iran

Mehdi Mardian*

(Corresponding Author)* PhD candidate in watershed management engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

Karim Solimani

Professor in RS and GIS, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

Kaka Shahedi

Associate Professor in Watershed Management Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

Ataollah Kavyan

Associate Professor in Watershed Management Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran

Fereydoon Ghadimi

Associate Professor in geology, Arak University of Technology, Iran

Abstract

Clarification of suspended load (SL) supply variations at different temporal scales is essential to provide a logical management program. In this study, the SL transport variations were investigated at different time scales in the Marboreh River, Darreh-Takht, Lorestan Province, Iran. The four seasonal, seasonal threshold, annual and land use period approaches were analyzed using statistical methods based on the collected data from 1971 to 2016. The seasonal threshold runoff was determined using the best statistical distribution for the return period of 2 years, and the SL concentration-runoff relationships were prepared for large and small events. The land use map was prepared using remote sensing data for the years 1977 and 2016. According to the results, supply and SL transport capacity were high in the large events of spring, when the slope of the sediment rating curve is 1.469. The supply and SL capacity for large events of the autumn was higher than that of the winter. In the study period, although the land use change from rangeland to dry-farming was observed, the impact of other human activities including dam construction on the tributaries has caused a decrease in the mean SL transport, corresponding with the daily runoff in autumn, winter and spring.

Keywords: land use change, model efficiency, sediment rating curve, temporal patterns, threshold runoff

مقدمه

این که تغییرات اقلیمی و کاهش پیش‌رونده در نسبت منابع طبیعی به جمعیت انسانی بر آن تأثیر گذاشته‌اند. موادمعلق مهم‌ترین پی‌آمد فرسایش خاک و انتقال این مواد به آب‌راه‌ها دانسته می‌شود (قورقی و همکاران ۲۰۱۳) و محرکی تنش‌زا است و مهم‌ترین تهدید برای بوم‌نظام‌ها است. این تنش زیست‌محیطی منجر به آشفتگی و مشکلات چشم‌اندازها در دو بخش درون

فرسایش خاک از مهم‌ترین معضلات زیست محیطی و تولید غذا در جهان است که اثر مخربی بر زیست‌بوم‌های طبیعی مدیریت‌شده‌ی انسان دارد. هرچند فرسایش خاک در طول تاریخ بوده است، در سال‌های اخیر به دلیل کاربری نامناسب زمین شدت یافته است (صادقی و همکاران ۲۰۱۵)؛ به‌ویژه

را در ماه مهر، و خزایی موغانی و همکاران (۲۰۱۴) در گرگان رود گلستان ۵۰ تا ۷۰٪ حمل موادمعلق سالانه را در بهار برآورد کرده‌اند. ابراهیمی محمدی و همکاران (۲۰۱۲) تغییرپذیری بسیار زیاد موادمعلق را در مقیاس زمانی رگبار در آبخیز زریوار گزارش کرده‌اند. بخشی تیرگانی (۲۰۱۱)، نظری سامانی و همکاران (۲۰۱۳) و اسفندیاری و همکاران (۲۰۱۴) تغییرات تولید مواد معلق را در نتیجه‌ی نوع استفاده از زمین دانستند.

رسوب‌دهی آبخیزهای منطقه‌ی نیویورک در زمستان، به دلیل تغییر زمان ذوب برف و کاهش نسبت باران به برف تغییر زیادی کرده‌است (موکاندان و همکاران ۲۰۱۳) تغذیه‌ی مواد معلق رود یانگ‌تسه بر اثر عوامل زمانی (اقلیم) و مکانی (ریخت‌شناسی و فعالیت‌های انسانی) پیچیده است (دای و لو ۲۰۱۴). تأثیر ساخت سدهای آب‌گیر در مسیر جریان رود (فان و همکاران ۲۰۱۳)، و عملیات جامع آبخیزداری (شای و همکاران ۲۰۱۲) در حوزه‌های آبخیز چین بر تغییرات مکانی رسوب‌دهی چشم‌گیر بود. اولیویرا و کوارسما (۲۰۱۸) نتیجه گرفتند که در مقیاس ماهانه و فصلی، تقریباً ۹۴٪ از مواد معلق رود داس برزیل در فصل مرطوب انتقال می‌یابد. مائو و کاریلو (۲۰۱۷) و کومار و همکاران (۲۰۱۸) فرآیند تشکیل روان‌آب ذوب برف را در نوع الگوی‌های پس‌ماندی (هیستریکی) انتقال مواد معلق رودهای کوهستانی و یخچالی موثر می‌دانند.

رودهای ایران، به دلیل شرایط آب‌وهوایی، آب‌شناسی، زمین‌شناسی و فشار بیش‌ازحد به زمین‌های حوزه‌های آبخیز، موادمعلق بیش‌تری را حمل می‌کنند، و همواره آسیب‌ها و خسارت‌های زیادی به‌دنبال دارند (احمدی و همکاران ۲۰۱۲). با توجه به اهمیت پیچیدگی انتقال موادمعلق رودها، ضروری است تا با شفاف‌سازی رفتار رسوب‌دهی بر اثر عوامل طبیعی و انسانی، فرسایش و موادمعلق حوزه‌ی آبخیز را به‌درستی نمایش داد. این تحقیق نیز با هدف تحلیل زمانی غلظت مواد معلق در حوزه‌ی آبخیز ماربره‌ی دره‌تخت از سرشاخه‌های کارون بزرگ انجام شده است.

روش‌شناسی

معرفی منطقه مورد بررسی

حوزه‌ی آبخیز ماربره‌ی دره‌تخت در استان لرستان با مساحت ۲۱۹۶ کیلومتر مربع یکی از زیرحوزه‌های سد دز از سرشاخه‌های کارون بزرگ است. رود اصلی این آبخیز از دو شاخه‌ی اصلی (کمندان و حوضیان) شروع شده و تا خروجی آن که ایستگاه آب‌سنجی ماربره‌ی دره‌تخت است، امتداد دارد (شکل ۱). آب‌دهی پایه‌ی این رود از روان‌آب ذوب برف ارتفاع‌های اشتران‌کوه تغذیه می‌شود، که آب‌دهی پایه‌ی آن از ساختگاه سد کمندان تا خروجی دائمی است؛ ولی به‌دلیل ذخیره‌ی روان‌آب در سد، بستر رود از ساختگاه سد حوضیان تا خروجی، در بیش‌تر ماه‌های سال خشک است. ساختار زمین‌شناسی حوزه‌ی آبخیز ماربره‌ی دره‌تخت در بالادست رود کمندان، از منطقه‌ی زاگرس (مرتفع) است؛ درحالی‌که بقیه‌ی حوزه‌ی آبخیز عمدتاً متشکل از منطقه‌ی دگرگونی سندانج-سیرجان است. جدول ۱ ویژگی‌های حوزه‌ی آبخیز ماربره‌ی دره‌تخت را فهرست می‌کند.

و برون منطقه‌ی می‌شود. مشکلات درون منطقه‌ی آن از دیدگاه فرسایش خاک بسیار است؛ درحالی‌که مشکلات برون منطقه‌ی مستقیمانه در ارتباط با بوم‌نظام‌های آبی است (بیلوتا و همکاران ۲۰۱۲). تغییرات رسوب‌دهی در اکثر رودها در نتیجه‌ی تغییرات زیست‌محیطی پیش‌روی آن‌ها است (والینگ ۲۰۰۸) که از عوامل مختلفی مانند اقلیم، پستی‌وبلندی و فعالیت‌های انسانی تأثیر می‌گیرد (نصری و همکاران ۲۰۱۱). افزایش غلظت موادمعلق ممکن است بر جوامع و محیط‌زیست تأثیر منفی داشته باشد؛ از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان کاهش تولید کشاورزی، کیفیت بدتر آب، کاهش سطح آب مخزن‌ها، سیل‌آب و تخریب زیست‌بوم‌ها را نام برد (جیمز ۲۰۰۴؛ موری و همکاران ۲۰۱۳؛ ورکرایس و همکاران ۲۰۱۷).

ثابت طولانی‌مدت داده‌های آب‌دهی جریان و موادمعلق، علاوه‌بر دادن درک بهتر از فرآیند تکامل رود، در برنامه‌های کاهش تلفات خاک رویدادهای بزرگ به‌کار برده می‌شود (اولیویرا و اورسما ۲۰۱۸). در بررسی رسوب‌دهی آبخیزها بیش‌تر به غلظت موادمعلق پرداخته می‌شود، زیرا رودها مانند نوار حامل، این موادمعلق را به پایین‌دست انتقال می‌دهند (هو و همکاران ۲۰۱۱). به اثبات رسیده است که رسوب‌دهی رودها بر اثر تغییرات زمانی و مکانی در مقیاس آبخیز است (گاؤ و جازفسون ۲۰۱۲). بنابراین شناسایی الگوهای مکانی و زمانی بار رسوب برای درک و پیش‌بینی فرسایش خاک و فرآیندهای انتقال رسوب، و مدیریت آبخیزها از موادمعلق و آلاینده‌های مربوط مهم است (موکاندان و همکاران ۲۰۱۳).

در تحلیل تغییرات رسوب‌دهی، به‌دلیل محدودیت‌های مختلف از جمله زمان و هزینه، مدل‌هایی با دست‌رسی آسان‌تر به نتایج، محبوبیت بیش‌تری دارند. اگر مدل‌های مبتنی بر رگرسیون با داده‌های اندازه‌گیری شده واسنجی شود، می‌تواند به‌دلیل سادگی، دست‌رسی آسان به داده‌های ورودی، و درک بیش‌تر از عوامل مهارکردن انتقال مواد معلق، بهتر از مدل‌های پیچیده و محاسباتی باشد (ریمزویز و همکاران ۲۰۱۸). در مدل‌های رگرسیونی، اغلب از روی کردهای تجربی مانند منحنی سنجی مواد معلق استفاده می‌شود. منحنی درجه‌ی رسوب ارتباط بین تخلیه‌ی آب و غلظت رسوب، یا تخلیه‌ی مواد معلق را در لحظه یا مقیاس زمانی روزانه، بیان می‌کند، که رابطه‌ی آن به‌صورت زیر است (ایسیک ۲۰۱۳؛ سیویتسکی و همکاران ۲۰۰۰؛ ژنگ ۲۰۱۸).

$$SSC = aQ^b$$

(۱)

SSC غلظت موادمعلق (جرم در واحد حجم) است، Q تخلیه‌ی آب است (حجم در واحد زمان)، و a و b ضرایب‌های رگرسیونی است.

در بررسی تغییرات زمانی رسوب‌دهی پژوهش‌های متعددی در داخل و خارج از کشور انجام شده است. فرج‌زاده و قره‌چولو (۲۰۱۲) ضمن تأیید تغییرات زمانی مواد معلق در مقیاس فصلی در حوزه‌ی آبخیز قره‌سو در استان اردبیل، بیش‌ترین میزان رسوب را در فروردین ماه اندازه گرفته‌اند، در حالی که خوش رفتار و مازینی (۲۰۱۲) بیش‌ترین آورد موادمعلق رود قره‌سو در استان گلستان

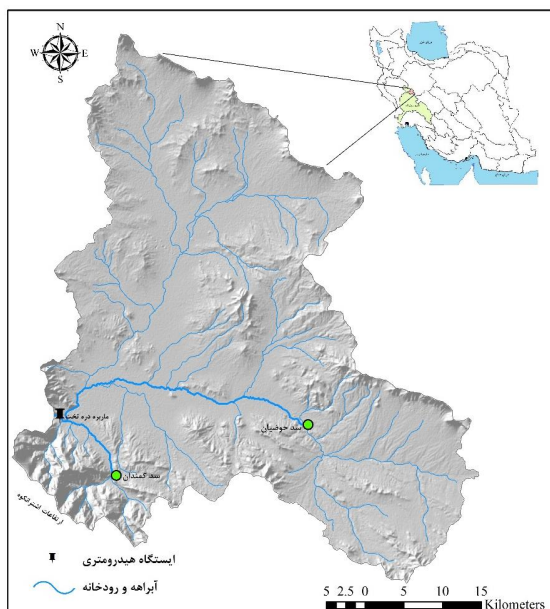
جدول ۱- خصوصیات ویژگی های حوزه آبخیز ماربره دره تخت.

ایستگاه رسوب-سنجی	مساحت (کیلومترمربع)	محیط (کیلومتر)	طول آبراه اصلی (کیلومتر)	شیب متوسط آبخیز (درصد)	ارتفاع متوسط آبخیز (متر)	شیب متوسط رود (درصد)	آب دهی متوسط سالانه (مترمکعب بر ثانیه)
ماربره دره تخت	۲۱۹۶	۲۸۸	۴۲/۴۴	۱۱/۴۵	۲۱۴۳	۰/۵۴	۶/۶۵

رود اصلی این آبخیز از محل سد حوضیان تا ایستگاه هیدرومتری ماربره دره تخت در نظر گرفته شده است.

ساله (۱۳۵۱-۱۳۵۰ تا ۱۳۹۵-۱۳۹۴) از شرکت سهامی آب منطقه‌یی لرستان تهیه شد. با حذف داده‌های متناظر رسوب‌دهی رسوب برابر با صفر، ۴۷۶ داده تعیین شد.

آماده‌سازی داده‌ها
برای تحلیل زمانی موادمعلق از آمار ایستگاه ماربره دره تخت استفاده شد. ابتدا داده‌های آب‌دهی روزانه و رسوب‌دهی متناظر برای دوره‌ی آماری ۴۵



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز ماربره دره تخت.

توزیع‌های آماری پیرسون و لوگ پیرسون نوع سوم بر داده‌ها برازش شد. سپس توزیع بهینه بر اساس ضریب کارایی مدل مشخص شد. طبق رابطه‌ی ۲ مقدار این ضریب از $-\infty$ تا ۱ در تغییر است، و هر چه به ۱ نزدیک‌تر باشد مدل دقیق‌تر است.

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O-E)^2}{\sum_{i=1}^N (O-M)^2} \quad (2)$$

NS ضریب کارایی مدل، O مقدار مشاهده‌شده، E مقدار برآوردشده، M متوسط اندازه‌های مشاهده‌شده و N تعداد داده‌ها است. بر اساس مناسب‌ترین توزیع آماری، اندازه‌های آب‌دهی با دوره‌ی بازگشت دو سال آب‌دهی آستانه برای هر فصل مشخص شد.

تحلیل داده‌ها

داده‌های آب‌دهی جریان و غلظت موادمعلق جمع‌آوری شده برای بررسی فرایند انتقال موادمعلق در مقیاس زمان‌های مختلف از چهار دیدگاه به کار گرفته شد. در این کار از شاخص‌های آماری توصیفی و معادله‌ی سنجه‌ی موادمعلق استفاده شد. به دلیل رخ‌ندادن رویدادهای سیلابی در تابستان، تحلیل‌ها برای پاییز، زمستان و بهار انجام شد.

مقیاس آب‌دهی آستانه‌ی فصلی

در این روی‌کرد، داده‌های متناظر رسوب‌دهی فصلی براساس آب‌دهی آستانه‌ی جریان در هر فصل، به دو گروه تقسیم شدند. آب‌دهی آستانه‌ی جریان برای هر فصل براساس آب‌دهی با دوره‌ی بازگشت دو سال تعیین شد. ابتدا میانگین‌های آب‌دهی هر فصل برای هر یک از سال‌های آماری استخراج شد. سپس با ورود داده‌ها به نرم‌افزار آماری آبتناسی اسمادا^۱،

تحلیل تغییرات زمانی انتقال مواد معلق در رود ماربره...

معلق فصلی دو بازه‌ی زمانی (۱۳۷۷-۱۳۹۵ و ۱۳۵۰-۱۳۷۷) برای تحلیل تغییرات مواد معلق بر اساس تغییرات انواع کاربری‌ها برآزش شد. در تهیه‌ی نقشه‌ی کاربری زمین، تصاویر گروه ماهواره‌های لندست مربوط به سنجنده‌های تی‌ام^۲ و اوال‌آی^۳ از پایگاه سازمان زمین‌شناسی امریکا برای سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۹۵ تهیه شد (جدول ۲). تصحیح‌های جوی با استفاده از نرم افزار انوی^۴ ۵/۳ و روش کوآک^۵ روی تصاویر اعمال شد (آمر و الدسوکی ۲۰۱۷؛ تپانسویان و همکاران ۲۰۱۷). سپس نقشه‌ی کاربری زمین با استفاده از الگوریتم بیشترین احتمال و طبقه‌بندی نظارت شده طبقه‌بندی شد. برای ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری زمین نیز از ضریب‌های صحت کلی و کاپا استفاده شد (داس ۲۰۰۹).

مقیاس آبدهی فصلی

در این رویکرد، داده‌های متناظر رسوب‌دهی دوره‌ی آماری به تفکیک فصل تقسیم‌بندی و شاخص‌های آماری-توصیفی داده‌ها شامل میانگین، انحراف معیار، حداقل، حداکثر و ضریب تغییرات تعیین شد.

مقیاس آبدهی سالانه

در این رویکرد کل داده‌های متناظر رسوب‌دهی، بی‌تقسیم‌بندی فصلی تحلیل، و منحنی سنجه‌ی مواد معلق ترسیم شد.

مقیاس آبدهی دوره‌ی کاربری زمین

برای تحلیل اثر تغییرات استفاده از زمین، نقشه‌ی کاربری زمین برای سال‌های میلادی ۱۹۹۸ و ۲۰۱۶ تهیه شد. سپس معادله‌ی سنجه‌ی مواد

جدول ۲- مشخصات تصویرهای ماهواره‌ی استفاده‌شده برای تهیه‌ی نقشه‌های کاربری زمین.

ماهواره	سنجنده	تاریخ شمسی	تاریخ میلادی	قدرت تفکیک مکانی (متر)	شماره‌ی گذر و ردیف
لندست ۵	TM	۱۳۷۷/۰۳/۲۰	۱۹۹۸/۰۶/۱۰	۳۰	۱۶۵/۰۳۷
لندست ۸	OLI	۱۳۹۵/۰۳/۲۲	۲۰۱۶/۰۶/۱۱	۳۰	۱۶۵/۰۳۷

الگوهای غلظت مواد معلق فصلی همانند الگوی آبدهی نیست (جدول ۳). اگرچه بزرگ‌ترین روی‌داد سیل‌آبی با آبدهی ۳۱۱/۷۹ مترمکعب بر ثانیه در زمستان ثبت شده است، اما بیش‌ترین میانگین و بیشینه‌ی غلظت مواد معلق با ۳۴۲/۹۰ و ۶۲۴۳ میلی‌گرم بر لیتر در بهار مشاهده شد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت مواد معلق در بهار و زمستان بیش‌تر از پاییز است، اما بیشینه‌ی غلظت مواد معلق در پاییز تفاوت زیادی با بیشینه‌ی غلظت مواد معلق در زمستان ندارد. بنابراین، هرچند آبدهی زمستان به مراتب بیش‌تر از پاییز بود، رسوب‌دهی پاییز نیز زیاد بود. این موضوع با وضعیت ضریب تغییرات نیز مطابقت داشت و مقدار سی‌وی پاییز (۳/۵۷) بیش‌تر از سی‌وی زمستان (۲/۶۵) بود. دلیل نزدیک‌بودن اندازه‌ی مواد معلق پاییز و زمستان می‌تواند فرسایش‌پذیری بیش‌تر خاک در پاییز (به دلیل درصد پوشش گیاهی کم‌تر و شخم‌خوردگی خاک بیش‌تر) باشد. به‌طور کلی، مواد معلق بهار بیش‌تر از فصل‌های دیگر بود، درحالی‌که بیشترین تغییرپذیری انتقال مواد معلق در پاییز دیده شد.

نتایج

در بررسی خصوصیت‌های آماری داده‌های رسوب‌دهی-مواد معلق در مقیاس فصلی، ۱۳۱ داده‌ی متناظر رسوب‌دهی در بهار، ۱۳۰ داده برای پاییز و ۱۱۹ داده برای زمستان در ایستگاه آب‌سنجی-رسوب سنجی ماربره‌ی دره‌تخت دسته‌بندی شد (جدول ۳). براساس آمار آبدهی روزانه، بیش‌ترین آبدهی اندازه‌گیری‌شده در پاییز ۱۳۰/۱۰ مترمکعب بر ثانیه بود، که دلیل آن می‌تواند بارش‌های بسیار شدید در این فصل و ربایش کم‌تر گیاه و خاک به دلیل درصد پوشش گیاهی کم‌تر باشد. بیشینه‌ی آبدهی در زمستان ۳۱۱/۷۹ مترمکعب بر ثانیه ثبت شد، که روان‌آب ذوب‌شدن برف ارتفاع‌های اشتران‌کوه که بر جریان پایه و سیل‌آبی اثرگذار است در آن دخالت دارد. در بهار، بیش‌ترین آبدهی اندازه‌گیری‌شده ۲۳۵ مترمکعب بر ثانیه بود، که دلیل آن می‌تواند علاوه بر روان‌آب ناشی از ذوب‌شدن برف، رگبارهای بهاره نیز باشد. بیشترین ضریب تغییرات با مقدار ۱/۶۴ در زمستان بود، که تغییرات بیش‌تر آبدهی در این فصل را نشان می‌دهد.

- 2- TM
- 3- OLI
- 4- ENVI
- 5- QUAC

جدول ۳- مشخصات آماری داده‌های رسوب دهی اندازه‌گیری شده در ایستگاه ماربره‌ی دره‌تخت.

متغیرها	آماره	پاییز	زمستان	بهار
آب‌دهی (مترمکعب بر ثانیه)	بیشینه	۱۳۰/۱۰	۳۱۱/۷۹	۲۳۵
	کمینه	۰/۳۲	۱/۴۳	۱/۴۰
	میانگین	۳/۸۸	۷/۹۸	۱۱/۸۲
	انحراف معیار	۵/۹۱	۱۳/۱۲	۱۴/۴۳
	ضریب تغییرات	۱/۵۲	۱/۶۴	۱/۲۲
غلظت موادمعلق (میلی گرم بر لیتر)	بیشینه	۳۶۷۵	۳۶۵۶	۶۲۴۳
	کمینه	۲/۰۷	۱/۳۸	۶/۶۲
	میانگین	۱۰۸/۹۰	۱۳۷/۶۲	۳۴۲/۹۰
	انحراف معیار	۳۸۸/۷۷	۳۶۵/۱۰	۹۴۷/۲۶
	ضریب تغییرات	۳/۵۷	۲/۶۵	۲/۷۶

جدول ۴ اندازه‌های ضریب کارایی مدل را برای انتخاب بهترین توزیع آماری برای تعیین آب‌دهی با دوره‌ی بازگشت دو سال نشان می‌دهد، که بر اساس آن، توزیع لوگ پیرسون کارایی بهتری دارد. در جدول ۵ نیز اندازه‌های آب‌دهی آستانه‌ی هر فصل بر اساس این توزیع آماری آمده است.

جدول ۴- اندازه‌های ضریب کارایی مدل برای انتخاب بهترین توزیع آماری.

ایستگاه	نوع	پاییز	زمستان	بهار
ماربره دره‌تخت	پیرسون	۰/۸۲۵	۰/۹۱۳	۰/۸۹۹
	لوگ پیرسون	۰/۸۵۵	۰/۹۴۵	۰/۹۱۱

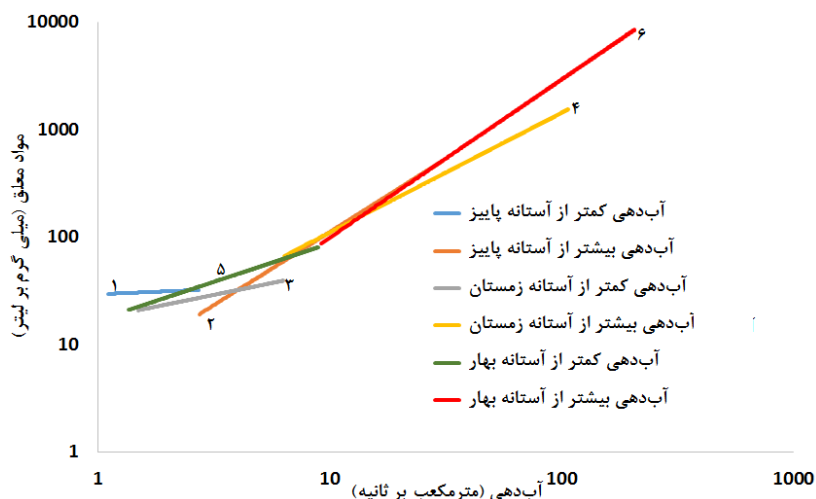
جدول ۵- اندازه‌های آب‌دهی آستانه‌ی فصلی براساس آب‌دهی با دوره‌ی بازگشت دو سال.

ویژگی	پاییز	زمستان	بهار
آب‌دهی (مترمکعب بر ثانیه)	۲/۷۲	۶/۳۴	۸/۹۷

کوچک‌تر از آستانه، بیش‌تر از آب‌دهی‌های کوچک‌تر از آستانه است (شکل ۲). از آن‌جاکه داده‌ها در دو محدوده‌ی آب‌دهی از شرایط مختلف جریان رود جمع شده‌اند، و شاخه‌های صعودی و نزولی آب‌دهی را پوشش می‌دهد، تفاوت b بین دو روند ممکن است به دلیل تفاوت فرآیندهای انتقال بین دو شاخه‌ی صعودی و نزولی باشد. پذیرفتنی‌ترین دلیل ممکن است این باشد که اندازه‌های مختلف b منعکس‌کننده‌ی فرسایش‌پذیری مختلف رود در دو منطقه‌ی آب‌دهی، یعنی توانی است که قدرت فرسایش‌پذیری رود و آبخیز بالادست را نشان می‌دهد. به عبارتی، مقدار b بزرگ‌تر در آب‌دهی‌های بیش‌تر از آستانه نشان می‌دهد که در آب‌دهی‌های بیش‌تر یا رگبارهای با شدت و قدرت بیش‌تر، فرسایش‌پذیری خاک از سطح دامنه‌های تپه‌ها، بستر آبراه و دیوارها در همان فصل بیش‌تر است.

طبق نتایج روابط رسوب‌دهی مقیاس فصلی (شکل ۲) در هر سه فصل پاییز، زمستان، و بهار دو روند متفاوت از ارتباط رسوب‌دهی دیده می‌شود، که به ترتیب با آستانه‌ی آب‌دهی ۲/۷۲، ۶/۳۴ و ۸/۹۷ مترمکعب بر ثانیه از هم جدا شده‌اند. معادله‌ی سنجه‌ی هر یک به تفکیک در جدول ۶ نشان می‌دهد که معادله‌ی سنجه‌ی هر روند در هر فصل را می‌توان با توجه به ضریب‌های a ، b ، R^2 و P Value به‌وضوح توصیف کرد. در مورد معادله‌ی سنجه برای آب‌دهی‌های بیش‌تر از آستانه ($Q > Q_t$) ضریب تبیین در پاییز، زمستان، و بهار به ترتیب ۰/۳۵۹، ۰/۲۷۸ و ۰/۵۴۵ است (سطح اطمینان ۹۵٪)؛ اما برای آب‌دهی‌های کم‌تر از آستانه‌ی ($Q < Q_t$)، به دلیل پراکندگی بیش‌تر داده‌ها در پاییز و زمستان، معادله‌ی سنجه‌ی مناسبی شکل نگرفته، و فقط معادله‌ی سنجه‌ی بهار با ضریب تبیین ۰/۱۰۳ معنی‌دار است. شیب منحنی سنجه (b) در هر سه فصل، برای روند آب‌دهی‌های

تحلیل تغییرات زمانی انتقال مواد معلق در رود ماربره...



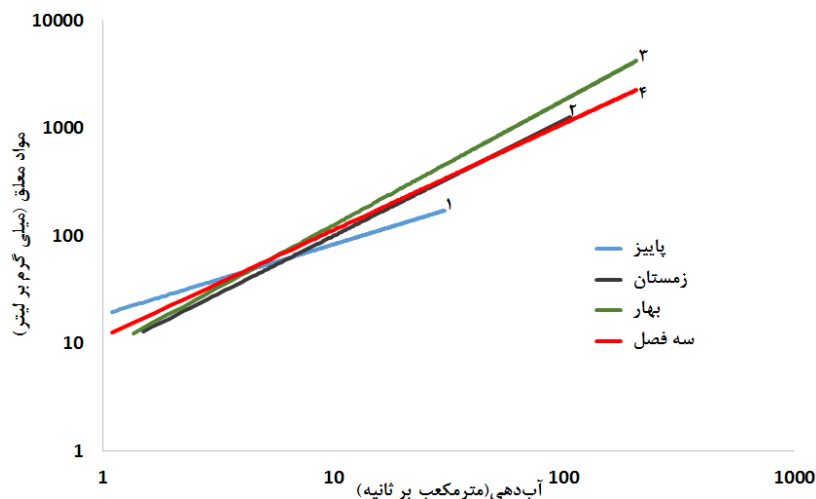
شکل ۲- منحنی‌های سنجهی مواد معلق فصلی بر مبنای آبدهی آستانه در ایستگاه ماربره در دره تخت.

جدول ۶- نتایج آماری معادلات سنجهی مواد معلق روی داده‌های بزرگ و کوچک در فصل‌های مختلف.

فصل	پاییز		زمستان		بهار		نوع
	$Q > Q_t$	$Q < Q_t$	$Q > Q_t$	$Q < Q_t$	$Q > Q_t$	$Q < Q_t$	
a	۴/۸۸۹	۲۹/۳۹۸	۸/۵۳۱	۱۷/۵۱۸	۳/۳۶۱	۱۶/۹۲۴	
b	۱/۳۵۸	۰/۰۹۱	۱/۱۱۲	۰/۴۳۹	۱/۴۶۹	۰/۷۱۲	
R^2	۰/۳۵۹	۰/۰۰۳	۰/۲۷۸	۰/۰۲۶	۰/۵۴۵	۰/۱۰۳	
P_{value}	<۰/۰۰۱	۰/۷۰۶	۰/۰۱۳	۰/۱۶۸	<۰/۰۰۱	۰/۰۱۹	

با مقایسه‌ی سه فصل مشاهده می‌شود که در آبدهی‌های کم‌تر و بیش‌تر از آستانه، ضریب b در بهار بیش‌تر از زمستان و پاییز است، بنابراین، قدرت فرسایش‌پذیری خاک در فصل بهار زیاد است. از طرفی، ضریب فرسایش‌پذیری در آبدهی‌های بیش‌تر از آستانه در پاییز به دلیل درصد خاک لخت بیش‌تر برای کشت‌های پاییزه، بیش‌تر از زمستان است. این نتایج نشان می‌دهد که ظرفیت انتقال مواد معلق در سیلاب‌های با آبدهی اوج بیش‌تر از آستانه، به‌خصوص در بهار، زیاد است. در پاییز به احتمال زیاد، پراکندگی بیش‌تر داده‌های رسوب‌دهی و نمایش ضعیف معادله‌ی سنجه مواد معلق منجر به آن شده است که پیچیدگی آبدهی‌های کم در برابر انتقال مواد معلق بیش‌تر باشد. وجود دو روند متفاوت از رسوب‌دهی در بخش قبل نشان می‌دهد که رسوب‌دهی در هر فصل باید جداگانه محاسبه شود. اما از آن‌جا که در $Q < Q_t$ ، مقدار ضریب تبیین معادله‌ی سنجهی مواد معلق کم است، ممکن نیست که دقت آن برای نمایش رسوب‌دهی خوب باشد. به این منظور، منحنی سنجهی

مواد معلق برای کل فصل در نظر گرفته شد. تطابق خوبی بین داده‌های رسوب‌دهی دیده می‌شود، و این هم‌بستگی بیش‌تر از روند مقیاس فصلی آستانه است (شکل ۳، جدول ۷)، به طوری که می‌توان معادله‌ی سنجهی فصلی بی‌تقسیم‌بندی آستانه را برای هر طیف از آبدهی‌های آن فصل تعمیم داد، و این می‌تواند با رابطه‌ی منفرد نشان داده شود. این نشان می‌دهد که هر چند انتقال مواد معلق در جریان‌های کم و زیاد با فرآیندهای مختلف مهار کرده می‌شود، این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. در مقیاس سالانه، منحنی سنجهی مواد معلق برای کل داده‌های پاییز، زمستان، و بهار تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد که مقدار ضریب تبیین نسبت به معادله‌ی سنجهی پاییز بهبود یافته است. افزون‌بر آن، ضریب تبیین معادله‌ی کل نسبت به معادله‌ی سنجهی فصلی زمستان و بهار عمل‌کرد بهتری ندارد، که به احتمال زیاد به دلیل اثر پراکندگی بیش‌تر داده‌های پاییز است.



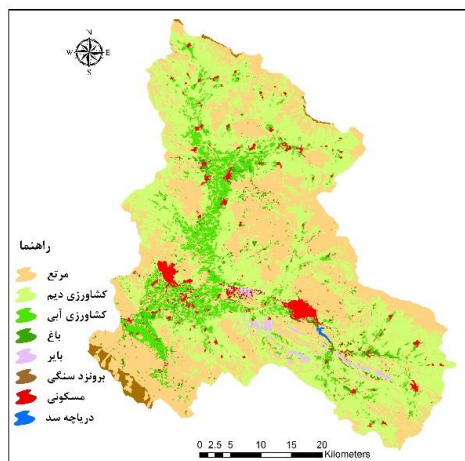
شکل ۳- منحنی های سنجشی مواد معلق فصلی در ایستگاه ماربره ی دره تخت.

جدول ۷- نتایج آماری روان آب فصلی در ایستگاه ماربره ی دره تخت.

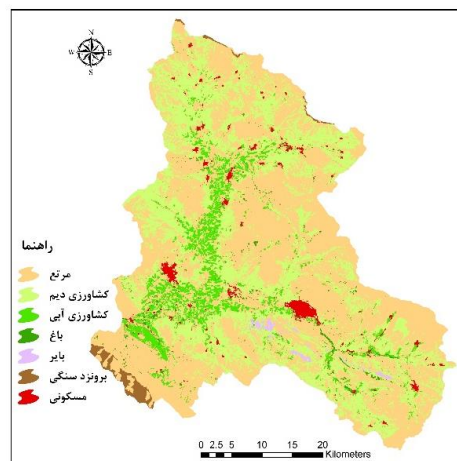
آماره	پاییز	زمستان	بهار	سه فصل
a	۱۸/۵۲۶	۸/۴۱۲	۸/۷۲۷	۱۱/۵۵۱
b	۰/۶۵۳	۱/۰۷۴	۱/۱۶۰	۰/۹۹۰
R ²	۰/۱۳۴	۰/۳۸۸	۰/۵۷۶	۰/۴۱۲
P value	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱

در مقیاس دوره ی کاربری زمین، نقشه ی کاربری سال های ۱۳۷۷ و ۱۳۹۵ تهیه شد (شکل ۴). نتایج صحت سنجی نقشه ها در جدول ۸ آورده شده است. بیشترین تغییر کاربری زمین در مرتع و دیهزار است (جدول ۹). سطح مرتعها از ۱۲۴۲/۱ به ۸۵۵/۴ کیلومتر مربع کاهش یافته است، درحالی که

۳۵۳/۸ کیلومتر مربع به مساحت زمین های کشاورزی و باغ افزوده شده است. علاوه بر افزایش مساحت شهرهای الیگودرز و ازنا، دریاچه ی سد حوضیان نیز با مساحت ۱/۴ کیلومتر مربع اضافه شده است.



سال ۱۳۹۵



سال ۱۳۷۷

شکل ۴- نقشه ی کاربری زمین سال های ۱۳۷۷ و ۱۳۹۵ در حوزه ی آبخیز ماربره ی دره تخت.

تحلیل تغییرات زمانی انتقال مواد معلق در رود ماربره...

جدول ۸- ضریب کاپا و دقت کلی مربوط به نقشه‌های کاربری زمین تولیدشده.

سنجده	نوارهای استفاده شده	الگوریتم طبقه‌بندی کننده	ضریب کاپا	صحت کلی (درصد)
۱۳۷۷	TM	بیشترین احتمال	۰/۷۸	۸۱/۸۳
۱۳۹۵	OLI	بیشترین احتمال	۰/۹۲	۹۴/۲۵

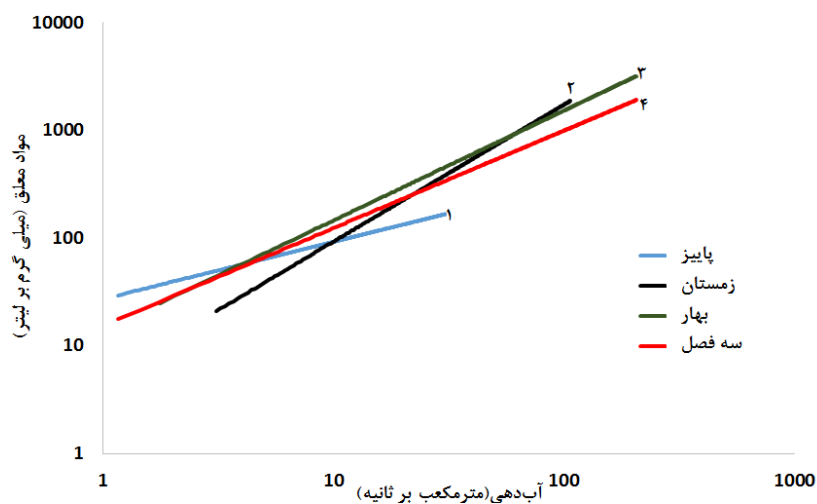
در سنجده‌ی TM از نوار ۶ حرارتی در عمل پردازش و طبقه‌بندی تصویر استفاده نشده است.

جدول ۹- مساحت کاربری‌های زمین سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۵ در حوزه‌ی آبخیز ماربره‌ی دره تخت.

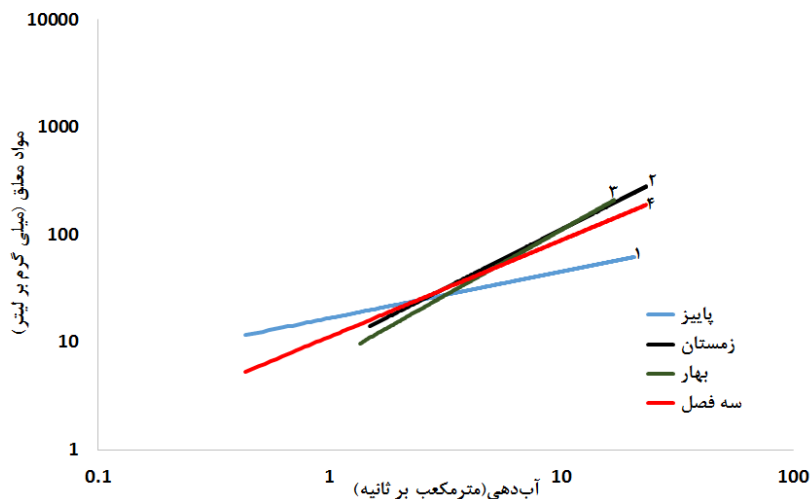
کاربری	۱۳۷۷		۱۳۹۵		اختلاف
	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد	
زمین‌های بایر	۱۰	۰/۵	۱۹/۵	۰/۹	۹/۵
کشاورزی دیم	۶۹۲/۷	۳۱/۸	۹۶۷/۴	۴۴/۴	۲۷۴/۷
کشاورزی آبی	۱۵۳/۲	۷	۲۱۶	۹/۹	۶۲/۷
باغ‌ها	۲۰/۶	۰/۹	۳۷	۱/۷	۱۶/۳
برون‌زد سنگی	۲۲/۸	۱	۲۲/۸	۱	۰
مرتع	۱۲۴۲/۱	۵۷/۱	۸۵۵/۴	۳۹/۳	۳۸۶/۷
زمین‌های مسکونی	۳۴/۹	۱/۶	۵۹/۹	۲/۶	۲۲
دریاچه‌ی سد	۰	۰	۱/۴	۰/۱	۱/۴

و زمستان دوره‌ی ۱۳۷۷-۱۳۹۵ نسبت به دوره‌ی ۱۳۷۷-۱۳۵۰ کاهش؛ ولی برای بهار از ۱/۰۹ به ۱/۲۱۳ افزایش یافته است. بنابراین تغذیه و انتقال موادمعلق در روی‌دادهای سیلابی اخیر پاییز و زمستان کاهش یافته، و در عوض، بهار در عرضه‌ی موادمعلق در دهه‌های اخیر پربرتر بوده است. در مقیاس کل سه فصل نیز مشاهده می‌شود که غلظت موادمعلق سیلاب‌های بزرگ کاهش یافته است. به نظر می‌رسد که افزایش سطح زمین‌های دیم و بهاره منجر به افزایش تغذیه‌ی موادمعلق در بهار شده است، و از طرفی کاهش ظرفیت انتقال موادمعلق در پاییز و زمستان در نتیجه‌ی تله‌اندازی در بندهای بالادست باشد که در شش ماه اول سال رخ می‌دهد.

شکل‌های ۵ و ۶ منحنی سنجده‌های مواد معلق فصلی، و جدول ۱۰ نتایج آماری معادله‌ی سنجده‌های موادمعلق فصلی را برای هر یک از دوره‌های کاربری زمین نشان می‌دهد. ضریب تبیین در پاییز کم‌تر از ۰/۱ است، و روابط در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار نیست، که به احتمال زیاد به دلیل پراکندگی داده‌ها است، ولی در زمستان و بهار، مواد معلق فصلی رابطه‌ی بهتری را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، اندازه‌های ضریب تبیین در معادله‌های سنجده‌ی فصلی از کل ویژگی داده‌ها بیش‌تر است. این ویژگی‌ها نشان می‌دهد که تغییرات انتقال مواد معلق بر اثر تغییرات فصلی مهار می‌شود و تغییرات سالانه نقش کم‌تری دارند. با مقایسه‌ی سه فصل مشاهده می‌شود که ضریب b در پاییز



شکل ۵- منحنی های سنجھی مواد معلق فصلی دورهی کاربری زمین ۱۳۷۷-۱۳۵۰ در ایستگاه ماربرهی دره تخت.



شکل ۶- منحنی های سنجھی مواد معلق فصلی در دورهی کاربری زمین ۱۳۹۵-۱۳۷۷ در ایستگاه ماربرهی دره تخت.

جدول ۱۰- نتایج آماری معادله ی سنجھی مواد معلق فصلی در دورهی کاربری زمین ایستگاه ماربرهی دره تخت.

دوره	پاییز		زمستان		بهار		سه فصل	
	الف	ب	الف	ب	الف	ب	الف	ب
a	۲۷/۲۳۹	۱۶/۷۶۴	۴/۹۸۸	۹/۱۵۱	۱۳/۹۶۲	۶/۸۰۳	۱۵/۴۰۷	۱۱/۲۶۴
b	۰/۵۳۰	۰/۴۳۲	۱/۲۷۰	۱/۰۸۸	۱/۰۱۹	۱/۲۱۳	۰/۹۰۵	۰/۸۹۷
R ²	۰/۰۸۸	۰/۰۸۰	۰/۴۴۰	۰/۲۲۲	۰/۵۶۲	۰/۳۴۸	۰/۳۸۷	۰/۲۴۴
P _{value}	۰/۱۶۱	۰/۱۷۷	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
	الف: دورهی ۱۳۷۷-۱۳۵۰				ب: دورهی ۱۳۹۵-۱۳۷۷			

دورهی کاربری زمین استفاده شد. اندازه های آبدهی روزانه برای این دو دوره نیز از آمار بلندمدت استخراج شد (جدول ۱۱). نتایج نشان می دهند که در هر سه فصل، کاهش اندازه های میانگین مواد معلق روزانه رخ داده

میانگین غلظت مواد معلق روزانه در هر یک از سال های دورهی آماری مقیاس کاربری زمین با معادله ی سنجھی فصلی برآورد شد. برای مواد معلق پاییز، به دلیل کارایی ضعیف منحنی سنجھی فصلی، از معادله ی سنجھی کل

تحلیل تغییرات زمانی انتقال مواد معلق در رود ماربره...

در بهار از ۱۵/۶ به ۶/۳ مترمکعب بر ثانیه رسیده است، در حالی که ضریب تغییرات افزایش داشته است، که نشان دهنده ی نوسان های بیش تر جریان در دهه های اخیر و اختلاف اندازه های حدی (آبدهی پایه با اوج سیل آب) است. در مقایسه با جدول ۶ در هر سه فصل دوره ی ۱۳۹۵-۱۳۷۷، میانگین آبدهی از اندازه های آبدهی آستانه نیز کم تر شده است، و همین منجر به کاهش هم زمان سیل آب های بزرگ و تغذیه ی موادمعلق شده است.

است، به طوری که میانگین غلظت موادمعلق در پاییز از ۷۱/۲ به ۲۲/۵، در زمستان از ۱۰۷/۸ به ۴۴/۸ و در بهار از ۲۲۷/۸ به ۶۴/۳ میلی گرم بر لیتر رسیده است. ضریب تغییرات نیز کاهش یافته است. این کاهش متناسب با کاهش عرضه ی موادمعلق منحنی های سنجه نیز است، چه، شیب منحنی سنجه (b) نیز در دوره ی ۱۳۹۵-۱۳۷۷ کاهش یافته است. در مورد آبدهی نیز میانگین جریان رود در پاییز از ۵ به ۲/۲، در زمستان از ۱۰/۵ به ۴/۶، و

جدول ۱۱- مشخصات آماری روان آب و مواد معلق فصلی دوره های کاربری زمین.

ویژگی	متغیرها	پاییز		زمستان		بهار	
		۱۳۷۷-۱۳۹۵	۱۳۵۰-۱۳۷۷	۱۳۷۷-۱۳۹۵	۱۳۵۰-۱۳۷۷	۱۳۷۷-۱۳۹۵	۱۳۵۰-۱۳۷۷
غلظت مواد معلق روزانه (میلی گرم بر لیتر)	میانگین	۲۲/۵	۷۱/۲	۱۰۷/۸	۴۴/۸	۲۲۷/۸	۶۴/۳
	انحراف معیار	۹/۸	۹۳/۱	۱۷۹/۱	۵۷/۸	۲۴۱/۸	۵۶/۶
	ضریب تغییرات	۰/۴۴	۱/۳۱	۱/۶۶	۱/۲۹	۱/۰۶	۰/۸۸
آبدهی روزانه (مترمکعب بر ثانیه)	میانگین	۲/۲	۵	۱۰/۵	۴/۲	۱۵/۶	۶/۱
	انحراف معیار	۰/۹	۵/۸	۱۱/۲	۲/۷	۱۱/۲	۳/۳
	ضریب تغییرات	۲/۵	۰/۹	۰/۹	۱/۶	۰/۹	۱/۹

مطالعاتی، عمل کرد منحنی سنجه کاهش یافته است. مطابق با نظر گائو و جازفسون (۲۰۱۲)، و صادقی و همکاران (۲۰۱۵)، فرآیند بهبود منحنی سنجه برای دوره ی زمانی بلندمدت در آبخیزهای بزرگ (همانند ماربره ی دره تخت) بهتر عمل می کند، و در آبخیزهای کوچک (کم تر از ۱۰ کیلومتر مربع) تحلیل منحنی سنجه ی موادمعلق در مقیاس فصلی پیچیده تر است. از این رو، برای تطابق تغییرات موادمعلق به سطح آستانه ی معینی از مساحت آبخیز نیاز داریم. همین باعث شده است که در ایستگاه ماربره ی دره تخت نیز معادله ی سنجه ی کل دوره، برازش بهتری از همه ی فصل ها نداشته، و به صورت نسبی عمل کرد بهتری داشته باشد. در حالی که تحلیل های فصلی تغییرات زمانی تغذیه و عرضه ی موادمعلق را شفاف تر نشان داده اند.

نتایج نشان دادند که تغییرات موادمعلق رود ماربره ی دره تخت در دهه های اخیر کم تر شده و عرضه ی موادمعلق نیز کاهش یافته است. این در حالی است که مقایسه ی توزیع کاربری های زمین نشان دهنده ی دخالت های انسانی در تغییر پوشش زمین است. هر چند بخشی تیرگانی (۲۰۱۱)، نظری سامانی و همکاران (۲۰۱۳) و اسفندیاری و همکاران (۲۰۱۴) اثر مهم تغییر کاربری زمین را نشان داده اند، به نظر می رسد که دلایل کاهش آبدهی رود ماربره ی دره تخت در نتیجه ی اقدام های دیگر، از جمله ساختن بندهای خاکی جهاد کشاورزی، و نیز دو سد بزرگ تر (حوضیان و کمندان) باشد. بررسی های میدانی نشان دادند که دو سد مخزنی و دست کم ۲۵ بند خاکی در مقیاس کاربرد آب کشاورزی یک روستا در حوزه ی آبخیز ماربره ی دره تخت در دو دهه ی اخیر ساخته شده اند. براساس تحقیقات شای و همکاران (۲۰۱۲) و فان و همکاران (۲۰۱۳) این سازه ها سهم مهمی در کاهش آبدهی اوج روی دادهای سیلابی دارند، و به همان نسبت درصد تله اندازی موادمعلق در بالادست افزایش می یابد. باین حال، دای و لو (۲۰۱۴) تأثیر دیگر ویژگی زمانی، یعنی اقلیم را نیز بر تغییرات رسوبدهی پیچیده می دانند. برای

بحث و نتیجه گیری

این پژوهش با هدف تحلیل تغییرات زمانی غلظت موادمعلق ایستگاه آبسنجی ماربره ی دره تخت لرستان در چهار روی کرد مقیاس آبدهی آستانه ی فصلی، مقیاس فصلی، مقیاس سالانه و مقیاس کاربری زمین انجام شد. جمع بندی پژوهش در چندین محور بحث و بررسی می شود.

مشخصات آماری موادمعلق فصلی نشان دادند که میانگین غلظت مواد معلق در بهار بیش ترین بوده است. سهم عمده ی تغذیه ی موادمعلق رود، هم در سیل آب های کم تر از آبدهی آستانه، و هم در آبدهی های بیش تر از آستانه ی مربوط به این فصل است. خزایی موعانی و همکاران (۲۰۱۴) و اولیویرا و کوارسما (۲۰۱۸) نیز نتیجه گرفتند که در مقیاس ماهانه و فصلی، بیش از دو سوم از موادمعلق در فصل مرطوب منتقل می شوند.

هر چقدر شیب خط (b) کم تر باشد، ظرفیت انتقال موادمعلق در آبدهی های زیاد کم تر، و منبع تغذیه ی موادمعلق محدود و در مجاورت بازه ی طولی رود است. در رود ماربره ی دره تخت، شیب منحنی سنجه ی موادمعلق در بهار در روی دادهای زیادتر از آبدهی آستانه بیش ترین بود، که به نظر می رسد تأمین کننده ی الگوی ساعت گرد باشد. بخش اعظم روی دادهای بزرگ در بهار ناشی از روان آب ذوب برف است که تنش برشی جریان را در محدوده های نزدیک به بازه ی رود افزایش می دهد، و عرضه ی موادمعلق در این مناطق کمتر از بالادست دامنه ها است. بنابراین، اوج موادمعلق نگار قبل از اوج آبنگار رخ می دهد، و الگوی ساعت گرد شکل خواهد گرفت، که مطابق با تحقیقات کومار و همکاران (۲۰۱۸) و مائو و کاریلو (۲۰۱۷) است. طبق نظر موکاندان و همکاران (۲۰۱۳)، حتی تغییر زمان ذوب برف در یک روی داد بارش بهاره نیز می تواند مقدار زیادی موادمعلق را سریع تر به خروجی آبخیز برساند.

در یک دید کلی، هر چند تغییرات فصلی انتقال موادمعلق ممکن است زیاد باشد، پس از تجمیع و نمایش رسوبدهی در مقیاس کل داده های دوره ی

ریخت‌شناسی تپه‌ماهوری، اقدام‌ها در مقیاس دامنه بیش‌تر در دسترس است، و بیش‌تر به‌جای اعمال عملیات سازه‌یی، باید سعی در بهینه‌سازی زمین و مدیریت آن داشت.

پیشنهاد، به‌نظر می‌رسد که در سرشاخه‌های سد کمندان، به‌دلیل کوهستانی و بودن و دشواری دست‌رسی، باید برنامه‌های کاهش و مهار کردن موادمعلق در مقیاس آبراه‌های پایین‌دست و رود اجرا شود، اما در سایر سرشاخه‌ها به‌دلیل

منابع

- Ahmadi H, Malekian A, Abedi R. 2012. The most appropriate statistical method for suspended sediment estimation of rivers (Case study: Roodak Station of the Jajrood Basin). *Environmental Erosion Research Journal*. 2(1): 78–88. (In Persian).
- Amer R, El-Desoky H. 2017. A remote sensing method for mapping sillimanite mineralization. *Journal of African Earth Sciences*. 134: 373–382.
- Bakhshi Tiregani M, Moradi HR, Sadeghi SHR. 2011. Comparison of runoff generation and sediment yield in two land uses of range and dry farming. *Iranian journal of Range and Desert Reseach*. 18(2): 269–279. (In Persian).
- Bilotta GS, Burnside NG, Cheek L, Dunbar MJ, Grove MK, Harrison C, Joyce Peacock C, Davy-Bowker J. 2012. Developing environment-specific water quality guidelines for suspended particulate matter. *Water Research*. 46(7): 2324–2332.
- Dai SB, Lu XX. 2014. Sediment load change in the Yangtze River (Changjiang): A review. *Geomorphology*. 215: 60–73.
- Das T. 2009. Land use/land cover change detection: An object oriented approach. University of Münster, Germany. M.Sc. Thesis of Geospatial Technologies, Ph.D.
- Ebrahimi Mohammadi Sh, Sadeghi SHR, Chapi K. 2012. Analysis of runoff, suspended sediment and nutrient yield from different tributaries to Zarivar Lake in event and base flows. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*. 2: 61–75. (In Persian).
- Esfandiari M, Moeini A, Moqadasi A. 2014. Effect of land use and vegetation on erosion forms and sediment production (Case study: Vers Watershed Qazvin Province). *Quarterly Geographical Journal of Territory*. 11(42): 51–62. (In Persian).
- Fan X, Shi C, Shao W, Zhou Y. 2013. The suspended sediment dynamics in the Inner-Mongolia reaches of the upper Yellow River. *Catena*. 109: 72–82.
- Farajzadeh M, Garahchorlo M. 2012. Analysis of the spatial and temporal suspended sediment of Qarahu Drainage Basin. *Environmental Erosion Researches*. 3: 62–84. (In Persian).
- Gao P, Josefson M. 2012. Temporal variations of suspended sediment transport in Oneida Creek watershed, Central New York. *Journal of Hydrology*. 426–427: 17–27.
- Ghorghi JH, Habibnejad M, Vahabzadeh Gh, Khalidi Darvishan A. 2013. Efficiency of different data separation methods to increase the accuracy of sediment rating curve; Case study: A part of the Sefidrood Watershed. *Irrigation & Water Engineering*. 2(7): 97–111. (In Persian).
- Hu B, Wang TH, Yang Z, Sun X. 2011. Temporal and spatial variations of sediment rating curves in the Changjiang (Yangtze River) Basin and their implications. *Quaternary International*. 230: 34–43.
- Isik S. 2013. Regional rating curve models of suspended sediment transport for Turkey. *Earth Science Informatics*. 6 (2): 87–98.
- James LA. 2004. Decreasing sediment yields in northern California: Vestiges of hydraulic gold-mining and reservoir trapping. *Sediment Transfer through the Fluvial System (Proceedings of the Moscow Symposium)*. IAHS Publ. 288, 10 p.
- Khazaei Moughani S, Najafinejad A, Azimmohseni M, Sheikh VB. 2014. Forecasting suspended sediment discharge by using time series transfer function model in selected stations of Gorganrood, Golestan Province. *Journal of Water and Soil Conservation*. 21(3): 185–202. (In Persian).
- Khoshraftar R, Mazini F. 2012. Investigation of

- runoff and sediment in the Ghareh-Soo (Golestan Province), *Journal of Geographic Space*. 11(23): 101–121. (In Persian).
- Kumar A, Verma A, Gokhale AA, Bhambri R, Misra A, Sundriyal Sh, Dobhal DP, Kishore N. 2018. Hydrometeorological assessments and suspended sediment delivery from a central Himalayan glacier in the upper Ganga basin. *International Journal of Sediment Research*. In Press, Accepted Manuscript. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2018.03.004>.
- Mao L, Carrillo R. 2017. Temporal dynamics of suspended sediment transport in a glacierized Andean Basin. *Geomorphology*. 287: 116–125.
- Mouri G, Golosov V, Chalov S, Takizawa S, Oguma K, Yoshimura K, Shiiba M, Hori T, Oki T. 2013. Assessment of potential suspended sediment yield in Japan in the 21st century with reference to the general circulation model climate change scenarios. *Global and Planetary Change*. 102: 1–9.
- Mukundan R, Pradhanang SM, Schneiderman EM, Pierson DC, Anandhi A, Zion MS, Matonse AH, Lounsbury DG, Steenhuis TS. 2013. Suspended sediment source areas and future climate impact on soil erosion and sediment yield in a New York City water supply watershed, USA. *Geomorphology*. 183: 110–119.
- Nasri M, Feiznia S, Jafari M, Ahmadi H, Soltani S. 2011. Statistical Assessment of sediment change and the effective factors (Case study: Menderjan Station). *Journal of Range and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources*. 64(1): 95–106. (In Persian).
- Nazari Samani AA, Heravi H, Panahi M, Jafari Shalamzari M. 2013. Effect of land-use and precipitation changes on sediment yield (Case study: Taleghan Watershed). 66(1): 157–165. (In Persian).
- Oliveira KSS, Quaresma VS. 2018. Temporal variability in the suspended sediment load and stream flow of the Doce River. *Journal of South American Earth Sciences*. 78: 101–115.
- Rymszewicz A, Bruen M, O'Sullivan JJ, Turner JN, Lawler DM, Harrington JR, Conroy E, Kelly-Quinn M. 2018. Modelling spatial and temporal variations of annual suspended sediment yields from small agricultural catchments. *Science of the Total Environment*. 619–620: 672–684.
- Sadeghi SHR, Ebrahimi Mohammadi Sh, Chapi K. 2015. Analysis of intra-storm suspended sediment delivery processes from different tributaries to the Lake Zarivar using hysteresis patterns. *Journal of Range and Watershed Management*. 68(2): 323–340. (In Persian).
- Shi ZH, Ai L, Fang NF, Zhu HD. 2012. Modeling the impacts of integrated small watershed management on soil erosion and sediment delivery: A case study in the Three Gorges Area, China. *Journal of Hydrology*. 438–439: 156–167.
- Syvitski JPM, Morehead MD, Bahr DB, Mulder T. 2000. Estimating fluvial sediment transport: The rating parameters. *Water Resources Research*. 36(9): 2747–2760.
- Tepanosyan GH, Asmaryan SG, Muradyan VS, Saghatelyan AK. 2017. Mapping man-induced soil degradation in Armenia's high mountain pastures through remote sensing methods: A case study. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 8: 105–113.
- Vercruyse K, Grabowski RC, Rickson RJ. 2017. Suspended sediment transport dynamics in rivers: Multi-scale drivers of temporal variation. *Earth-Science Reviews*. 166: 38–52.
- Walling DE. 2008. The changing sediment loads of the world's rivers. *Land Reclamation*. 39: 3–20.
- Zheng MA. 2018. Spatially invariant sediment rating curve and its temporal change following watershed management in the Chinese Loess Plateau. *Science of the Total Environment*. 630: 1453–1463.

