نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۸، ص. ۱۷۵-۱۶۸

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 3, Fall 2009, p. 168-175

امکان‌سنجی تخمین غلظت رسوب معلق رودخانه‌ای با استفاده از متغیرهای کیفی آب

سیدحمیدرضا صادقی[1*]- هیوا یغمایی[2] - سیدمحمود قاسمپوری[3]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۸۸/۶/۸

چکیده

امروزه سنجش متغیرهای کیفی آب برای مدیریت جامع منابع آبی بسیار ضروری است. یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های کیفی آب رسوبات معلق می‌باشد که اثرات مهمی بر سلامت محیط زیست دارد. از آن‌جا که سنجش غلظت رسوب معلق زمان‌بر و هزینه‌بردار است، لذا در این پژوهش سعی گردید, تا قابلیت مدل‌سازی ارتباط غلظت رسوبات معلق و برخی متغیرهای زودیافت و ارزان کیفی آب, مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور تعداد ۶۱ نمونه آب طی آبان ۱۳۸۶ تا تیر ۱۳۸۷ به‌صورت انتگراسیون عمقی از رودخانه حوزه آبخیز جنگلی- آموزشی دانشگاه تربیت مدرس به‌عنوان نماینده‌ای از شرایط حاکم بر منطقه جنگلی شمال کشور طی شرایط مختلف هیدرولوژیکی تهیه و کلیه متغیرهای کیفی آب به انضمام غلظت رسوب معلق اندازه‌گیری شد. سپس ارتباط بین متغیرهای کیفی مورد بررسی و رسوب معلق با استفاده از مدل‌های مناسب بررسی گردید. برترین مدل‌ها, حاصل برقراری ارتباط میان غلظت رسوبات معلق با کدورت در شرایط دبی پایه, جریان سیلابی و دوره برداشت معدن شن و ماسه, با قلیائیت در شرایط دبی پایه و با فسفات در شرایط سیلابی با ضریب تبیین به‌ترتیب بیش از ۰/۲۶۴ (p=۰/۰۰۶), ۰/۰۸۸ (p=۰/۰۱۸) و ۰/۹۸۷ (p=۰/۰۰۱) و خطای تخمین کم‌تر از ۷۸ درصد بود. از مدل‌های به‌دست آمده می‌توان جهت سنجش غلظت رسوبات معلق در شرایط مختلف هیدرولوژیکی بهره برد.

واژه‌های کلیدی: رسوب معلق، حوزه آبخیز جنگلی، خصوصیات کیفی آب، مدل‌سازی هیدرولوژی

مقدمه

به دلیل اهمیت کیفیت آب در جهان امروز، توجه به مقادیر و سنجش متغیرهای کیفی آب لازم می‌باشد. یکی از مهم‌ترین متغیرهای کیفی آب، رسوبات معلق است که آگاهی از مقدار و تغییرات آن برای طراحی سدها و سازه‌های آبی ضروری بوده (۱۷) و وجود آن موجب فرسودگی تأسیسات آبی و کاهش عمر مفید سدها می‌شود (۵ و ۲۰). ضمن آن‌که تغییر در انتقال مقادیر آن منجر به تغییر در غلظت دیگر متغیرهای کیفی آب نیز می‌گردد (۹، ۱۸ و ۱۹). از طرفی سنجش غلظت رسوب معلق علی‌رغم ضرورت و اهمیت آن سخت و هزینه‌بردار است. لذا دست‌یابی به روش‌های مستقیم و غیر مستقیم سریع و مبتنی بر متغیرهای زودیافت بسیار توصیه شدنی است (۲۸). در راستای بررسی جداگانه متغیرهای کیفی آب و رسوب معلق پژوهش‌های متعددی صورت گرفته ولی مطالعات در خصوص ارتباط متغیرهای کیفی آب و رسوب معلق بسیار کم و غالباً محدود به بررسی ارتباط رسوب معلق و کدورت می‌باشد.

صالح‌الدین و همکاران در امریکا به مدل‌سازی میان اندازه و غلظت رسوبات معلق با کدورت پرداختند آنها بر طبق نتایج حاصله ابراز نمودند که با استفاده از میزان کدورت می‌توان غلظت رسوبات معلق به‌ویژه رسوبات رسی را برآورد نمود (۳۱). پاروانلی و بیگی در ایتالیا سنجش کدورت را راه‌کاری مفید به‌منظور سنجش غیر مستقیم غلظت رسوبات رسی در جریان رودخانه‌ای معرفی کردند (۲۷). استنیپکائو و همکاران در تایلند به مقایسه اثر فرسایش بر میزان قلیاییت، کدورت، نیترات و فسفات در دوره خشک (ژانویه) و مرطوب (سپتامبر) با بارش به‌ترتیب ۳/۸۶ و ۲۲۷/۳۵ میلی‌متر پرداختند (۳۲). آنها اثر غلظت رسوبات معلق بر انتقال آلاینده‌های مذکور را مؤثر ارزیابی کردند. چانسون و همکاران در جنوب استرالیا به بررسی روابط بین رسوب معلق و گل‌آلودگی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که بین غلظت رسوب و کدورت روابط خطی وجود دارد و تغییر این روابط وابسته به کیفیت آب و شرایط هیدرولوژیکی جریان بوده و با تغییر آن در حالت سیلابی تغییر می‌کند (۱۸). ارزیابی خصوصیات کیفی آب در

۱- دانشیار و مدیر گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرّس
(*- نویسنده مسئول: Email:sadeghi@modares.ac.ir)
۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس
۳- مربی گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس

Archive of SID

ایران نیز توسط صادقی و همکاران، امیری، اسکندری‌مکوند، حقیقت و سواری صورت گرفته است (۲، ۳، ۴ و ۷) و تا کنون تحقیق مشخص و مستندی در ارتباط با بررسی ارتباط بین متغیرهای کیفی آب و رسوبات معلق صورت نگرفته است. از این‌رو در پژوهش حاضر با توجه به اهمیت موضوع، قابلیت مدل‌سازی و تعیین نقش کنترل‌کنندگی متغیرهای مهم کیفی آب شامل مقادیر کلسیم[1]، منیزیم[2]، نیترات[3]، قلیائیت[4]، سولفات[5]، سختی کل[6]، فسفات[7]، کلراید[8] محلول در آب و کدورت[9] با غلظت رسوب معلق مد نظر قرار گرفته است. از طرفی ارزیابی روابط حاکم با توجه به تغییرپذیری شرایط موجود در سامانه‌های آبخیز در حالات مختلف هیدرولوژیکی اتفاق افتاده طی دوره مطالعه از آبان ۱۳۸۶ لغایت تیر ۱۳۸۷ با هدف ارائه روابط بهینه و قابل استفاده در شرایط واقعی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

شناخت منطقه مورد مطالعه

تحقیق حاضر در منطقه‌ای جنگلی به‌مساحت حدود ۱۳۰۰۰ هکتار در جنوب شرقی شهرستان نوشهر در طول جغرافیایی ″۸ ′۴۱ °۵۱ تا ″۴۰ ′۴۹ °۵۱ شرقی و عرض ″۶ ′۲۴ °۳۶ تا ″۳۳ ′۳۲ °۳۶ شمالی انجام گرفت. این حوزه آبخیز از شمال با دریای خزر و از جنوب با بخش کجور مجاور است. حداقل و حداکثر ارتفاع حوزه به‌ترتیب ۱۵۰ و ۲۷۰۰ متر از سطح آب‌های آزاد می‌باشد (۱۰). نمای کلی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. در ارتفاعات متوسط، شیب زیاد و جنس سنگ‌ها آهکی و دولومیتی است. پایداری آن‌ها از نظر تحت‌الارض به‌دلیل شیب زیاد آنها خوب است و نسبت به عملیات مکانیکی آسیب‌پذیرند (۱). خاک منطقه کم عمق با تکامل نسبی کم و حالت قلیایی (pH=۸/۲۵±۰/۱۵) می‌باشد (۱۴).

روش پژوهش

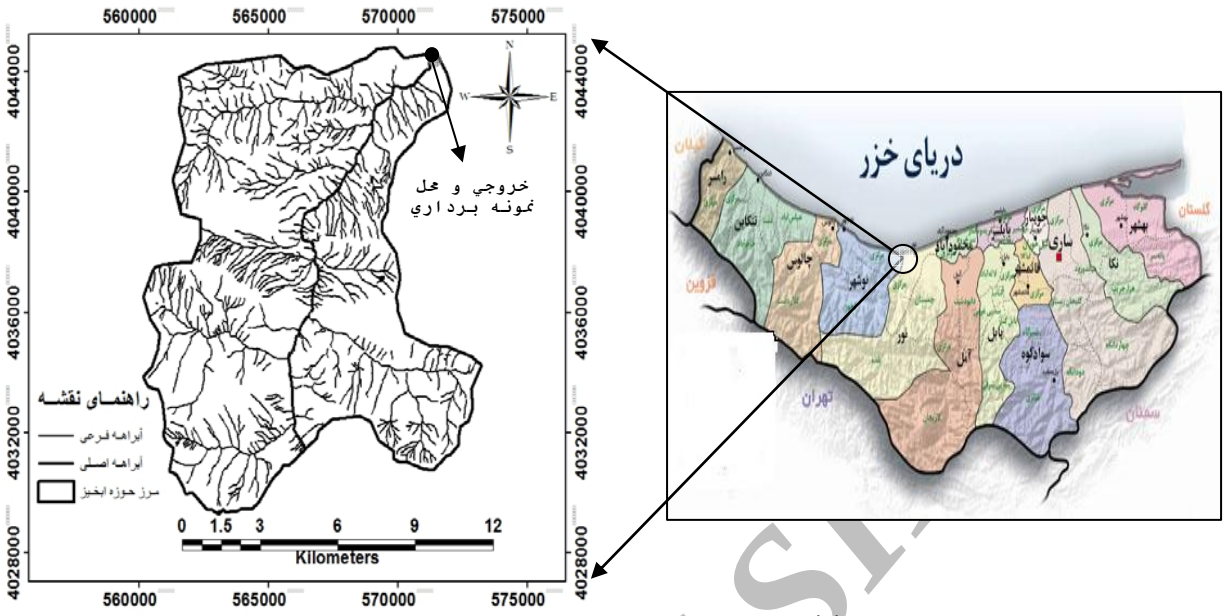
برای انجام پژوهش حاضر، برداشت نمونه‌های آب از منطقه به‌صورت هفته‌ای دو بار در شرایط معمولی، یا طی سیلاب‌های به‌وقوع پیوسته با فاصله زمانی حدود نیم ساعت و نیز در دوره برداشت معدن شن و ماسه به‌ترتیب به‌تعداد ۴۵، ۸ و ۸ مرتبه از ۸ آبان ۱۳۸۶ تا ۱۳ تیر ۱۳۸۷ انجام شد. برای برداشت و حمل نمونه‌ها از بطری‌های پلی‌اتیلنی (۱۱ و ۲۰) شسته شده با اسید کلریدریک رقیق (۱۶، ۱۹ و ۲۵) و شیوه انتگراسیون عمقی (۱۱ و ۲۳) استفاده شد.

نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس و در فاصله ۳۰ کیلومتری منطقه پژوهش منتقل گردید. میزان کدورت نمونه‌ها پس از اختلاط کامل هر یک از آن‌ها و با دستگاه کدورت‌سنج IRTB100 بر حسب ۱۰NTU (۱۸) مورد سنجش قرار گرفت. جهت برآورد متغیرهای محلول در آب پس از اطمینان از یک نواختی نمونه‌ها، ۱ لیتر از نمونه‌ها جدا و از ۲ کاغذ صافی واتمن با اندازه ۰/۴۵ میکرومتر عبور داده شد. کاغذهای مورد استفاده در ابتدا به‌منظور از بین بردن رطوبت احتمالی به مدت یک ساعت در آون و سپس به مدت نیم ساعت در دیسیکاتور قرار داده و وزن آن‌ها با ترازوی با دقت یک هزارم توزین شد (۲۴ و ۲۶). سپس کاغذ صافی به‌همراه رسوب معلق باقی‌مانده روی آن‌ها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل به‌مدت یک ساعت در آون خشک و توزین (۲۹ و ۳۰) و نهایتاً وزن رسوب معلق کل با کسر وزن کاغذ صافی اولیه محاسبه گردید. هم‌چنین سایر متغیرهای محلول نیز با استفاده از دستگاه فتومتر (۱۹ و ۲۱) مورد سنجش قرار گرفت. پس از انجام کارهای آزمایشگاهی و تهیه اطلاعات، بانک داده‌های به‌دست آمده در نرم‌افزار EXCEL2007 تهیه گردید.

برای بررسی ارتباط رسوب معلق با متغیرهای کیفی مورد بررسی و نیز نقش کنترل‌کنندگی رسوب معلق در انتقال آلاینده‌های کیفی آب از مدل‌سازی روابط بین داده‌های مربوط به متغیرهای مطالعاتی پس از انجام آزمون کلموگراف–اسمیرنف و اطمینان از نرمال بودن آن‌ها در سطح معنی‌داری کم‌تر از ۰/۰۵ استفاده شد. از آزمون مزبور برای اطمینان از عدم اختلاف معنی‌دار بین مشخصه‌های آماری توزیع‌های برازشی برای هر نمونه تهیه شده از جامعه آماری نمونه‌های رسوب و امکان مقایسه منطقی سری داده‌های به‌دست آمده برای متغیرهای مورد بررسی استفاده شد. این نرمال کردن داده‌های غیر نرمال از طریق تغییر شکل داده‌ها و ترجیحاً در شکل لگاریتمی آن‌ها (۸، ۱۲ و ۱۳) در طول دوره‌های مختلف اندازه‌گیری شامل شرایط عادی (دبی پایه)، مواقع سیلابی و برداشت معدن شن و ماسه انجام گرفت. برای همین منظور ابتدا در نرم‌افزار SPSS16 جدول همبستگی داده‌ها تشکیل و مدل‌های مربوط به متغیرها از طریق رگرسیون دو و چند متغیره تهیه شد. برای تهیه مدل‌های رگرسیونی از بررسی ارتباط مستقیم متغیرها با یک‌دیگر استفاده گردید. در رگرسیون دو متغیره، وضعیت متغیر وابسته رسوب معلق در ارتباط با متغیرهای کیفی آب به‌عنوان متغیر مستقل مورد توجه قرار گرفت.

1- Calcium, Ca
2- Magnesium, Mg
3- Nitrate, No3
4- Alkalinity
5- Solphate, So4
6- Hardness
7- Phosphate, Po4
8- ChlorIde, Cl-
9- Turbidity
10- Nephelometric Turbidity Unit

Archive of SID



شکل (۱) شمای کلی و موقعیّت حوزه آبخیز جنگلی کجور

در این پژوهش روابط دوتایی بین متغیرها در حالت‌های خطی، لگاریتمی، معکوس، توانی، نمایی، لجستیک، درجه دو، درجه سه، منحنی رشد، ترکیبی و حالت S با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 و با کمک بانک اطلاعاتی تهیه شده در EXCEL2007 مورد بررسی قرار گرفت. دلیل تمرکز بر رگرسیون‌های دو متغیره امکان دست‌یابی به روش ساده‌تر و مبتنی بر داده‌های ورودی کم‌تر و طبعاً سهولت استفاده از آن در شرایط میدانی و نیز استفاده از مؤثرترین متغیرها با توجه به تعداد زیاد نمونه‌ها بوده است. برای تهیه مدل‌های رگرسیونی، ابتدا دو سوم از داده‌های به‌دست آمده به‌صورت تصادفی و با اطمینان از انتخاب مقادیر حداقل و حداکثر متغیر، انتخاب و پس از ورود به نرم‌افزار SPSS16، اقدام به تعیین انواع مدل‌های رگرسیونی دو متغیره در شکل روابط فوق‌الذکر شد. از یک سوم باقی‌مانده به‌منظور تأیید مدل در مقیاس‌های ذکر شده استفاده گردید (۸ و ۲۲). برای دست‌یابی به مدل نهایی تخمین‌گر متغیر وابسته، از معیارهای مهّم ارزیابی خطای نسبی[1] تخمین و تأیید، مجذور میانگین مربعات خطا[2]، ضریب همبستگی[3] و نهایتاً ضریب کارایی[4] استفاده شد. اعتبار نهایی مدل‌های به‌دست آمده با توجه به مقادیر قابل قبول خطای تخمین و تأیید کم‌تر از ۴۰ درصد (۱۹)، مقادیر مجذور میانگین مربعات خطای کوچک‌تر و ضریب کارایی بیش از ۶۰ درصد و ترجیحاً نزدیک به یک (۲۲) ارزیابی گردید.

نتایج و بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی ارتباط بین مقادیر غلظت رسوب معلق با متغیرهای کیفی آب در حوزه آبخیز جنگلی کجور انجام شد. مقادیر توصیفی داده‌های اندازه‌گیری شده در جدول ۱ و نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین مقادیر متغیرهای کیفی بررسی شده و رسوب معلق در جدول ۲ ارائه شده‌است. هم‌چنین مدل‌های به‌دست آمده میان رسوب معلق و برخی متغیرهای کیفی آب با توجه به شاخص‌های بیان شده در بخش قبل بررسی و نتایج مربوطه در جدول ۳ ارائه گردیده است.

نتایج به‌دست آمده از تحلیل روابط رگرسیون دو متغیره بین مؤلفه‌های کیفی آب و غلظت رسوبات معلق در حوزه آبخیز مورد بررسی (جدول ۳) علاوه بر تفاوت عمل‌کرد متغیرهای مختلف کیفی آب بر اساس آماره‌های مورد بررسی و به‌ویژه ضریب کارآیی در تخمین غلظت رسوب معلق، دلالت بر امکان برآورد مناسب غلظت رسوب معلق با استفاده از متغیرهای مذکور در دوره مطالعاتی داشته است. دلیل تفاوت زیاد در مقادیر ضریب کارآیی روابط به‌دست آمده را می‌توان به‌سطح متفاوت کنترل‌کنندگی متغیرهای کیفی مورد بررسی و توانایی کلی آن‌ها در تخمین غلظت رسوب معلق در حوزه آبخیز کجور نسبت داد.

1- Relative Error
2- Root Mean square of Error
3- Correlation Coefficient
4- Coefficient of Efficiency

Archive of SID

(جدول ۱)- آماره‌های توصیفی داده‌های اندازه‌گیری شده در طول دوره مطالعاتی در حوزه آبخیز کجور

متغیر	تعداد	دامنه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
کلسیم محلول (mg/l)	۶۱	۴۵/۰۰	۲۰/۴۰	۶۵/۴۰	۵۴/۴۵	۹/۱۹
سولفات (mg/l)	۶۱	۵۲/۰۰	۳۷/۰۰	۸۹/۰۰	۵۵/۱۹	۹/۵۲
منیزیم محلول (mg/l)	۶۱	۴۵/۰۰	۱۰	۵۵/۰۰	۳۲/۵۳	۹/۱۳
فسفات (mg/l)	۶۱	۰/۸۶	۰/۰۵	۰/۹۱	۰/۲۷	۰/۱۷
قلیاییت (mg/l)	۶۰	۴۶۱/۲۱	۱۰۰/۰۰	۵۶۱/۲۱	۲۹۰/۳۵	۵۵/۸۹
کدورت (NTU)	۶۱	۷۰۵۴/۱۳	۲۰/۸۷	۷۰۷۵/۰۰	۸۱۴/۲۶	۱۵۱۱/۱۶
سختی (mg/l)	۴۷	۱۴۰/۰۰	۱۴۵/۰۰	۲۸۵/۰۰	۱۹۱/۰۰	۲۰/۳۲
کلراید (mg/l)	۶۱	۲۲/۹۰	۵/۱۰	۲۸/۰۰	۱۴/۱۳	۱۲/۶۰
نیترات (mg/l)	۶۱	۰/۹۴	۰/۰۳	۰/۹۷	۰/۳۱	۰/۲۳
رسوب معلق (gr/l)	۶۱	۴۲/۶۷	۰/۰۸	۴۲/۷۵	۷۶/۲	۹۴/۷

(جدول ۲)- ماتریس همبستگی داده‌های رسوب معلق (gr/l) با متغیرهای کیفی آب در شرایط مختلف هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز کجور، مازندران

متغیر		کلسیم (mg/l)	سولفات (mg/l)	فسفات (mg/l)	قلیاییت (mg/l)	منیزیم (mg/l)	سختی (mg/l)	نیترات (mg/l)	کدورت (NTU)	کلراید (mg/l)
رسوب معلق جریان عادی	همبستگی	-۰/۰۶۱	۰/۰۲۶	۰/۳۲۴*	۰/۴۴۶**	۰/۰۷۸	۰/۲۰۲	-۰/۳۴۰*	۰/۹۰۹**	۰/۶۱۹**
	سطح معنی‌داری	۰/۶۹۴	۰/۸۶۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۶۰۹	۰/۲۴۴	۰/۰۲۲	۰/۰۰	۰/۰۰
	تعداد نمونه	۴۴	۴۵	۴۵	۴۴	۴۵	۳۵	۴۵	۴۵	۴۵
رسوب معلق جریان سیلابی (طی یا پس از بارندگی)	همبستگی	-۰/۳۸۰	۰/۵۷۴	۰/۹۳۱**	۰/۰۵۲	۰/۰۹۰	-۰/۱۶۰	-۰/۱۹	-۰/۴۲۸	۰/۵۳۵
	سطح معنی‌داری	۰/۳۵۲	۰/۱۳۷	۰/۰۰۱	۰/۹۰۲	۰/۸۶۵	۰/۷۰۴	۰/۶۴۴	۰/۲۹۰	۰/۱۷۱
	تعداد نمونه	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
رسوب معلق برداشت معدن	همبستگی	-۰/۵۵۵	۰/۵۵۵	۰/۰۹۹	۰/۵۲۰	۰/۸۰	-۰/۱۶۰	-۰/۵۳۸	۰/۵۵۴	۰/۵۶۵
	سطح معنی‌داری	۰/۱۵۴	۰/۱۵۳	۰/۱۶۵	۰/۹۴	۰/۶۶۵	۰/۴۴۵	۰/۱۶۹	۰/۱۵۵	۰/۱۹۱
	تعداد نمونه	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸

(جدول ۳)- بهترین روابط رگرسیونی دو متغیره بین غلظت رسوب معلق- متغیرهای کیفی آب در شرایط مختلف هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز کجور

	رابطه شرایط حاکم	رابطه نهایی	ضریب تبیین	سطح معنی‌داری	درصد خطا تخمین	درصد خطا تائید	مجذور میانگین مربعات خطا	ضریب کارائی
۱	جریان عادی	LOG SSC = (+۶۶/۴۳۸ ALKC+۰/۸۱۸)	۰/۲۶۴	۰/۰۰۶	۳۸	۲۹	۰/۲۳	۰/۱۷۰
۲		LOG SSC = (۰/۶۶-۲/۰۲/logTUR)	۰/۷۸۰	۰/۰۰۰	۷۸	۳	۰/۱۴	۰/۶۹۳
۳	برداشت معدن	SSC=۸۰/۵۰۷ PO4C $^{۳/۳۵۳}$	۰/۹۷۸	۰/۰۰۱	۲۵	۵۷	۲/۰۰	۰/۹۶۰
۴		SSC=Exp (۲/۶۰-۸۴۰/۹۶۷/TUR)	۰/۰۸۸	۰/۰۱۸	۶۶	۱۵۸	۷/۸۰	۰/۵۰۰
۵	سیلاب*	SSC =۰/۰۰۱TUR+۰/۴۳۳	۰/۹۸۷	۰/۰۰۱	۲۵	۵۷	۲/۰۰	۰/۹۶۰

در روابط فوق SSC غلظت رسوب معلق (gr/l)، ALKC غلظت قلیائیت (mg/l)، TUR مؤزان گل‌آلودگی (NTU) و PO4C غلظت فسفات (mg/l) می‌باشند.

* شامل نمونه‌هایی است که طی یا پس از وقوع بارندگی و طبعاً تغییر در مقدار دبی مقطع مورد بررسی تهیه شده است.

اگرچه استفاده از این روابط به‌دلیل دقّت کافی، ارزان بودن شیوه و قابلیّت اندازه‌گیری میدانی و هم‌چنین کاربرد آن‌ها به‌صورت معکوس و نیز بازسازی داده‌های غلظت رسوب معلق با دست‌رسی به داده‌های کیفی آب قابل تأکید و توجیه می‌باشد.

با توجه به توضیحات ارائه شده و معیارهای مهم ارزیابی خطای نسبی تخمین و تأیید، مجذور میانگین مربعات خطا، ضریب همبستگی و نیز ضریب کارایی و مراجعه به جدول ۳، برترین مدل‌ها در حالت عادی و در رابطه با غلظت رسوب معلق مربوط به ارتباط قلیائیت و کدورت با رسوب معلق (رابطه ۲) با ضریب تبیین ۰/۷۸ ($p<۰/۰۰۱$)، خطای تخمین و تأیید به‌ترتیب ۷۸ و ۳ درصد، و نیز ضریب کارایی ۰/۶۹ بوده است. باید بیان کرد که ارتباط خطی بین رسوب معلق با قلیائیت در شرایط عادی (رابطه ۱) نشان‌دهنده تخریب ترکیبات کربناته در محیط و انتقال آن‌ها در اثر برخورد تدریجی و مداوم جریان آب است به این مفهوم که، در شرایطی که دبی توان حمل رسوب

Archive of SID

بیش‌تری را داشته، برخورد ذرات رسوب با ترکیبات موجود در رودخانه منجر به تخریب و انتقال بیش‌تر آن‌ها شده است. ارتباط خطی رسوب معلق و کدورت در شرایط عادی (رابطه ۲) هم‌چنین نشان از نقش رسوبات معلق در ایجاد کدورت است که ضمن تأیید منطقی بودن آن می‌توان به نقش مواد آلی و غیر آلی در ایجاد کدورت نیز اشاره کرد که با نتایج حاصل از پژوهش‌های چانسون و همکاران (۱۸) در جنوب استرالیا نیز تائید شده است.

در حالت برداشت معدن شن و ماسه نیز شاهد مدل‌های برتر میان رسوب معلق با فسفات و کدورت (روابط ۳ و ۴) بوده به‌نحوی که ارتباط معنی‌دار و قابل اطمینان خطی بین غلظت رسوب معلق و فسفات تائید شده که ضمن تائید افزایش حلالیت فسفر موجود در رسوبات بر جا مانده به شکل فسفات در شرایط مذکور، با یافته‌های ابسالون و ماگدالن (۱۵) و هم‌چنین ریگاین و همکاران (۲۹) به‌ترتیب در هلند و استرالیا نیز هم‌خوان است. مشارکت فسفر و انحلال فسفر به شکل فسفات موجود در لایه‌های مختلف خاک همراه با برداشت معدن و افزایش رسوب در جریان آب و نیز مشارکت فسفر موجود در رسوبات بستر و تبدیل آن به فسفات در اثر برهم ریختگی شدید و تغییرات مصنوعی جریان (۳۳ و ۳۴) همراه با ورود رسوبات ته‌نشست شده به جریان آبی از علل افزایش فسفات در هنگام برداشت معدن و دخالت انسانی بوده که زمینه ساز کدورت جریان بوده و با تحلیل ارائه شده فوق نیز هم‌خوان است.

در مدل‌های سیلاب نیز ارتباط برتر میان کدورت و رسوب معلق (رابطه ۵) با ضریب تبیین ۰/۹۹ (p=۰/۰۰۱)، خطای تخمین و تأیید به‌ترتیب ۲۵ و ۵۷ درصد، و نیز ضریب کارایی ۰/۹۶ مشاهده شد که اهمیت و نقش رسوبات معلق در ایجاد کدورت را نشان داده است. دلیل این امر را نیز می‌توان به نقش مؤثر بارندگی از طریق ایجاد مشارکت بخش‌های مختلف و نیز بیش‌تر سطح حوزه آبخیز در تولید رسوب و طبعاً هدایت ماده آلی سطح بیش‌تر (۶) و افزایش گل‌آلودگی آب نسبت داد که با نتایج پژوهش‌های چانسون و همکاران (۱۸) در استرالیا مبنی بر توصیه روابط خطی در بررسی روابط بین رسوب معلق و گل‌آلودگی و نیز استیانوپکائو و همکاران (۳۲) در تایلند در خصوص تأثیر غلظت رسوبات معلق بر انتقال آلاینده‌های مختلف تائید می‌شود. سایر متغیرهای مورد بررسی دقّت لازم برای برآورد رسوب معلق را نداشتند و لذا کاربرد آنها برای تخمین غلظت رسوب معلق منطقه مورد مطالعه و حداقل در شرایط بررسی شده توصیه نمی‌شوند.

جمع‌بندی

با توجه به پژوهش انجام گرفته و نتایج حاصل از آن می‌توان جمع‌بندی نمود که امکان برآورد غلظت رسوبات معلق در شرایط مختلف هیدرولوژیکی با استفاده از متغیرهای کیفی متنوع آب وجود دارد. اگرچه ثبات و پایداری روابط به‌دست آمده در مراحل جریان آرام یا دبی پایه به‌دلیل یک‌نواختی شرایط حاکم بر آن بیش‌تر بوده و لذا امکان استفاده از روابط حاصل با اطمینان بالاتر را فراهم می‌سازد. از مجموع روابط به‌دست آمده هم‌چنین می‌توان بر توانایی غالب متغیرهای قلیائیت، گل‌آلودگی و فسفات در تخمین رسوبات معلق تأکید نمود که قابلیت استفاده از آن‌ها به‌دلیل سرعت زیاد و هزینه کم اندازه‌گیری آن‌ها و حتی در شرایط صحرایی را نیز تائید می‌نماید. از طرفی با توجه به جمع‌بندی ارائه شده و شرایط حاکم بر پژوهش فعلی، انجام تحقیقات گسترده‌تر در دامنه مکانی وسیع‌تر و مقیاس زمانی دقیق‌تر (روزانه یا ساعتی) و نیز مدت طولانی‌تر به‌منظور ارزیابی عمل‌کرد مدل‌های به‌دست آمده در سایر حوزه‌های آبخیز کشور و تلاش در ناحیه‌سازی آنها برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد.

منابع

۱- اداره کل منابع طبیعی نوشهر. ۱۳۸۱. طرح جنگلداری کجور، سری ۳ آغوزچال آبخیز ۴۶. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگلها و مراتع کشور، ۳۷۶ ص.

۲- اسکندری‌مکوند م. ۱۳۸۴. کیفیت آب در شبکه توزیع شهرهای خوزستان. مجلهٔ آب و محیط‌زیست، ۶۲: ۶۱-۶۶.

۳- امیری س. ۱۳۸۴. کیفیت شیمیایی آب در شبکهٔ توزیع کرج بزرگ. مجلهٔ آب و محیط زیست، ۶۲: ۴۹-۵۴.

۴- حقیقت ر.، و محمدی ی. ۱۳۸۴. چگونگی وضعیت آلودگی منابع آب در شهرستان رامسر. پژوهش در پزشکی، ۲۹ (۴): ۳۶۵-۳۷۸.

۵- رفاهی ح.ق. ۱۳۸۲. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم، ۶۷۱ ص.

۶- سالاردینی ع. ۱۳۷۴. حاصلخیزی خاک. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۰ ص.

۷- صادقی س.ح.ر.، قاسمپوری س.م.، وفایی‌خواه ن. ۱۳۸۳. ارزیابی برخی از شاخصهای کیفیت آب آشامیدنی در شهرستان نور. مازندران، محیط زیست، ۱: ۱۵-۱۹.

۸- صادقی س.ح.ر.، مرادی ح. ر.، مزیّن م.، وفاخواه م. ۱۳۸۴. کارایی روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدل‌سازی بارش- رواناب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کسیلیان، علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲ (۳):۸۱-۹۰.

Archive of SID

۹- صادقی س.ح.ر.، خالدی‌درویشان ع. و وفاخواه م. ۱۳۸۶. بررسی اثر خصوصیات هیدرولیکی کانال بر تغییرات ریخت‌سنجی رسوبات بستر، هیدرولیک، بهار ۱۳۸۶: ۱-۱۰.
۱۰- صادقی س.ح.ر.، سعیدی پ.، کیانی‌هرچگانی م. ۱۳۸۷. اثرات زیست محیطی برداشت معدن شن و ماسه از طریق افزایش تولید رسوب. دومین کنفرانس ملّی روز جهانی محیط زیست، تهران ۲۰-۲۱ خرداد: ۲۷۰.
۱۱- مهدوی م. ۱۳۸۱. هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم، چاپ سوم، تهران، ۴۳۷ ص.
۱۲- وفاخواه م. ۱۳۷۸. شناخت عوامل مؤثر در سیلاب به منظور مهار آنها با استفاده از تجزیه و تحلیل عاملی در حوزه رودخانه قره چای. پژوهش و سازندگی، ۴۵ (۴): ۷۲-۷۶.
۱۳- وفاخواه م. و مهدوی م. ۱۳۷۸. ارائه مدل ریاضی جهت برآورد خشکسالی هیدرولیک در مناطق خشک ایران مرکزی. دوّمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور: تهران، ۱ و ۱۴ آبان: ۲۰۲-۲۰۹.
۱۴- یغمایی ه. ۱۳۸۷. ارتباط بین غلظت رسوبات معلق و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرّس، ۷۱ ص.
15- Absalon D., and Magdalena M. 2007. Changes in Water Quality and Runoff in the Upper Order River Basin, Geomorphology, 92(3-4):106-118.
16- Ahearn A.S., Sheibley R.W., Dahlgren R.A., Anderson M., Johnson J., and Tate K.W. 2005. Land Use and land Cover Influence on Water Quality in the Last Free-Flowing River Draining the Western Sierranevada, California, Journal of Hydrology, 313:234-247.
17- Bohorquez P., and Fernandez-Feria R. 2008. Transport of suspended sediment under the dam-break flow on an inclined plane bed of arbitrary slope, Hydrological Processes, 22(14):2615-2633.
18- Chanson H., Takeuchi M., and Trevethan M. 2008. Using Turbidity and Acoustic Backscatter Intensity as Surrogate Measures of Suspended Sediment Concentration in a Small Subtropical Estuary, Journal of Environmental Management, 88(4):1406-1414.
19- Chao, X., Jia, Y., Shields, Jr. F.D., Wang, S. and Cooper, C.M. 2007. Numerical Modeling of Water Quality and Sediment Related Processes, Ecological Modelling, 201:385–397.
20- Chao L.Y., Qiang Liu C., Zhao Z.Q., Li S.L., and Han G.L. 2006. Geochemistry of Surface and Ground Water in Guiyang, China: Water/Rock Interaction and Pollution in a Karst Hydrological System. Applied Geochemistry, 1-26.
21- Decker G., Kothe J., and Joense T. 1999. Trend in the Market for Photometric Systems for Environmental Analysis, Asian Environmental Technology, Vol. (2), Available on: www.Merch.de /servlet/ pb/show/1154640/Trend- in-Photometry-System.
22- Green I.R.A., and Stephenson D. 1986. Criteria for Comparison of Single Event Model, Hydrological Sciences Journal, 31:395-411.
23- Hsu P., Matthai A., Heise S., and Ahlf W. 2007. Seasonal Variation of Sediment Toxicity in the River Dommel and Elbe, Environmental Pollution, Institute of Environmental Technology and Energy Economics, Technical University Hamburg, Germany: 1-7.
24- Kiteca U.C., and Jain S.K. 2005. River Discharge Sediment Transport and Exchange in an Eseuarine, Coastal and Shelf Science, 63:455-465.
25- Kralik, M. 2000. A Rapid Procedure for Environmental Sampling and Evaluation of Polluted Sediment, Applied Geochemistry, 14(6):807-816.
26- Mitchell C., Brodie J., and White I. 2005. Sediment, Nutrients and Pesticide Residues in Event Flow Conditions in Streams of the Mackay Whitsunday Region, Australia, Marine Pollution Bulletin, 51:23-36.
27- Pavanelli D., and Bigi A. 2006. Indirect Methods to Estimate Suspended Sediment Concentration: Reliability and Relationship of Turbidity and Settleable Solids, Biosystems Engineering, 90 (1):75–83.
28- Putjaroon W., and Pongboon K. 1987. Amount of Runoff and Soil Loss from Various Land Use Sampling Plots in Province, Thailand, *In:* Proceedings of Forest Hydrology and Watershed Management, IAHS- AISH Publication: 167-187.
29- Reagain P.J.O., Brodie J., Fraser G., Bushell J.J., Holloway C.H., Faithful J.W., and Haynes D. 2005. Nutrient Loss and Water Quality Under Extensive Grazing in Burdekin River Catchment, North Queensland, Marine Pollution Bulletin, 51:37-50.
30- Sadeghi S.H.R., Aghabeigi Amin S., Vafakhah M., Yasrebi B., and Esmaeili Sari A. 2006. Suitable Drying Time for Suspended Sediment Samples, Iran, International Sediment Initiative Conference, Nov.12-16, Khartoum, Sudan, p. 71.
31- Salaheldin T.M., Imran J., Chaudhry M.H. and Reed C. 2000. Role of fine-grained sediment in turbidity current-flow dynamics and resulting deposits, Marine Geology, 171:21-38.
32- Sthiannopkao S., Takizawa S., Homewong J., and Wirojanagud W. 2007. Soil Erosion and its Impacts on Water

Archive of SID

Treatment in the North Eastern Provinces of Thailand, Environment International, 33:706-711.
33- Tarig Rongxing L. 2000. Spatio-Temporal Modeling of Soil Erosion and Contaminated Sediment Transport in Lake Erie Coastal Area, Construction and Building Materials, 17(2):123-139.
34- Xu S., Xiaojiang G., Min L., and Zaenlou C. 2001. Chinas Yangtze Estuary II. Phosphourus and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Tidal Flat Sediment, Geomorphology, 41:207- 217.

Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 3, Fall 2009, p. 168-175

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۸، ص. ۱۷۵-۱۶۸

Feasibility of Suspended Sediment Estimation using Water Quality Variables

S.H.R. Sadeghi[1*] **- H. Yaghmaee**[2] **- S.M. Ghasempouri**[3]

Abstract

Nowadays, measuring water quality is very important for comprehensive management of water resources. Suspended sediment is one of the most important water quality factors which greatly affects environment health. However, its measurement needs too much time and money. It was therefore tried in the present study to assess the applicability of modelling relationship between suspended sediment concentration and some easily accessible and cheap water quality factors. Towards this attempt, 61 water samples were taken during October 2007 to July 2008 from main outlet of Tarbiat Modares University Forest Watershed as a representative condition governing northern Iranian forest areas. The samples were taken during different hydrological conditions and corresponding lab analyses were consequently made. The results of regression modeling ultimately proved the relationship between suspended sediment concentration and turbidity, alkalinity, and phosphate with correlation coefficient beyond 0.264 (p=0.006), 0.088 (p=0.018), 0.987 (p=0.001) and respective estimation and verification errors of less than 78% in all classified periods, base flow, and flood conditions, respectively. The models obtained during the study can be then used for estimation of suspended sediment concentration in different hydrological situations.

Key words: Suspended Sediment, Forest Watershed, Water Quality Hydrological Modelling, Characteristics

Archive of SID

1- Head and Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Mazandaran
(*- Corresponding author Email: sadeghi@modares.ac.ir)
2- Former Master Student, Department of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Mazandaran
3- Lecturer, Department of Environmental Science, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Mazandaran