

## برآورد رسوبات معلق با استفاده از پارامترهای فیزیوگرافیک در حوضه آبریز قره سو لاله رنجبران

**چکیده:** روشهای مختلفی برای تخمین فرسایش و برآورد رسوبات یک حوضه آبریز وجود دارد، یکی از این روشها، محاسبه میزان رسوبات در منطقه با استفاده از پارامترهای جغرافیایی و هیدرولوژیکی و تعمیم آن به کل حوضه می باشد. در این تحقیق نیز از آمار ایستگاههای هیدرومتری در حوضه آبریز قره سو جهت شبیه سازی رسوبات معلق حوضه استفاده گردید تا در محل های فاقد ایستگاه هیدرومتری بتوان میزان رسوبات معلق را برآورد نمود. در ابتدا آمار موجود دبی و رسوبات پنج ایستگاه هیدرومتری در این حوضه گردآوری شد. با توجه به آمارهای موجود بین دبی و بار معلق اندازه گیری شده، برای هر ایستگاه روابط رگرسیونی استخراج گردید. سپس با کمک آمار دبی روزانه در یک دوره ۲۹ ساله، آمار آورد رسوب برای هر ایستگاه محاسبه شد. از بین ۵ ایستگاه مذکور، آمار یک ایستگاه جهت صحت سنجی مدل وارد محاسبات نگردید. بعد از بررسی همگنی حوضه آبریز، با توجه به آورد رسوب ایستگاهها و نیز با استفاده از خصوصیات فیزیوگرافی منطقه، معادلاتی منطقه ای با کمک نرم افزار SPSS استخراج و ارائه گردید. مدل های استخراج شده با ایستگاه شماره پنج کنترل گردید که کاربرد رضایت بخش مدلهای را نشان می داد.

**کلید واژگان:** قره سو، رسوب معلق، خصوصیات فیزیوگرافی، دبی روزانه.

### مقدمه

فرسایش خاک، انتقال مواد فرسایش یافته و حرکت آن بدون رودخانه ها مسایل زیادی را در سیکل هیدرولوژی یک حوضه ایجاد می نماید. لذا مطالعه و بررسی میزان رسوبات در یک منطقه در ابعاد گسترده مدیریتی و برنامه ریزی یک حوضه موثر می باشد [۶]. بدلیل اینکه اندازه گیری رسوبات معلق و یا بستر در رودخانه ها بطور مستمر میسر نمی باشد و در قسمت اعظم مناطق، داده ها بصورت پراکنده وجود دارند لذا، میزان رسوبات معمولاً با استفاده از آمار ایستگاه های اطراف و با توجه به روشهای محاسباتی تخمین زده شده و یا اقدام به داده سازی منطقی می گردد. هدف از این تحقیق، استخراج روابطی منطقی و قابل قبول بین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز قره سو و آمار هیدرولوژیکی جهت تخمین و برآورد رسوبات معلق در ایستگاه های فاقد آمار می باشد. برای این کار از آمار پنج ایستگاه هیدرومتری استفاده گردید. در این پژوهش سعی شد تا از بارش و خصوصیات فیزیوگرافی حوضه کرخه (نظیر مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی، شیب متوسط حوضه، ارتفاع و...) به عنوان پارامترهای مستقل و از دبی رسوبات به عنوان پارامتر وابسته استفاده شود و معادلات رگرسیونی

استخراج گردد. سپس مدل‌های خطی و یا غیر خطی مطلوب و قابل پذیرش انتخاب و جهت بهره‌گیری در تخمین میزان رسوب برای محل‌های فاقد آمار معرفی شد. بهره‌گیری از مدل‌های منطقه‌ای در برآورد بار رسوب با توجه به خصوصیات و مشخصات یک منطقه، از روش‌های متداول سنجش رسوبات است. کرم<sup>۱</sup> (۲۰۰۲) رسوبات معلق دو حوضه رودخانه تیس و سوئل را در شمال انگلستان با کمک شبکه عصبی با استفاده از خصوصیات فیزیوگرافی هر حوضه برآورد کرد [۷]. اسکیر<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۱) مودر<sup>۳</sup> و همکاران (۱۹۹۶) نیز، با کمک خصوصیات مورفولوژی، زمین‌شناسی، اقلیم منطقه و در نظر گرفتن شرایط زهکشی و دخالت بشر، مدل‌های منطقه‌ای جهت برآورد رسوبات بدست آوردند [۸ و ۹]. در ایران نیز حکیم‌خانی و همکاران (۱۳۷۹) رسوبات معلق منطقه‌ای در حوضه آبریز دریاچه ارومیه را ارزیابی کردند [۳]. رستمی و همکاران (۱۳۸۱) با استفاده از روش‌های خوشه‌ای و فازی مدل‌هایی جهت برآورد رسوبات معلق در محل‌های فاقد آمار در حوضه آبریز سفید رود استخراج کردند [۴]. در پژوهش جاری، که در حوضه قره سو انجام شده، ابتدا به شناخت پارامترهای فیزیوگرافیک حوضه مبادرت گردید، سپس با تشکیل مدل‌های مناسب منطقه‌ای، به تخمین آورد رسوب پرداخته گردید. بطوری که بتوان در هر نقطه از حوضه مذکور، با اندازه‌گیری پارامترهای محدودی از مشخصه‌های فیزیوگرافیک از زیرحوضه دلخواه، میزان آورد رسوبات را با دقت مطلوبی بدست آورد.

### مشخصات منطقه قره سو

حوضه آبریز قره سو از زیر حوضه‌های حوضه آبریز کرخه بوده و رودخانه قره سو مهمترین رودخانه حوضه آبریز قره سو می‌باشد. شاخه ابتدایی قره سو، رود مرک است. رود مرک در محلی بنام دو آب پس از دریافت آب چشمه‌های روانسر و رودگرداب، رودخانه قره سو را تشکیل می‌دهد که در فاصله ۳۰ کیلومتری این محل رود راز آور نیز از شمال به آن می‌پیوندد. رود قره سو در امتداد شمال غرب به جنوب شرق به مسیر خود تا دشت کرمانشاه ادامه داده و پس از دریافت مازاد آب چشمه‌های کارستی منطقه در جنوب غربی کرمانشاه به گاماسیاب می‌پیوندد. رژیم آبدهی این رودخانه ناشی از ذوب برف و زهکش آب‌های زیر زمینی و چشمه‌های کارستی است [۲].

### روش تحقیق

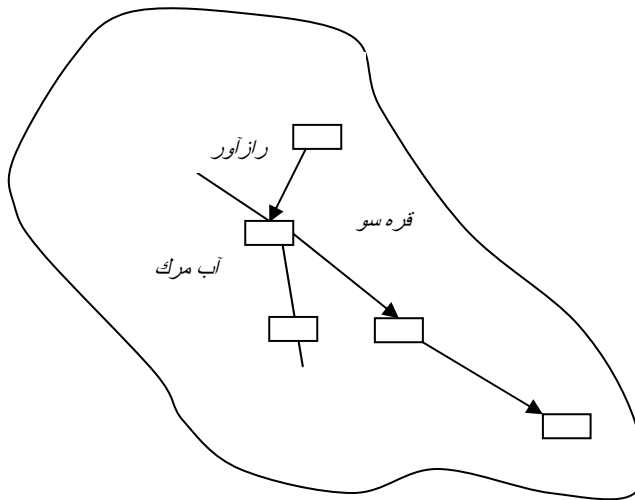
با توجه به اهداف طرح مورد مطالعه، آمار دبی روزانه، دبی اوج سیلاب، بارش و اندازه‌گیری‌های همزمان دبی آب و رسوب از ۵ ایستگاه هیدرومتری در حوضه آبریز قره سو گردآوری شد. سپس موقعیت ایستگاه‌های بر روی نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی ارتش پیاده شد. پس از جمع‌آوری، کنترل و بازسازی آمار و انجام آزمون همگنی و جرم مضاعف برای اطمینان از صحت داده‌ها، دوره زمانی ۲۹ ساله از سال آبی ۵۱-۵۰ تا ۷۹-۸۰ به عنوان دوره زمانی پایه انتخاب گردید. برای تعیین ویژگی‌های منطقه از پارامترهای فیزیوگرافی حوضه که مقادیر آنها در طی زمان تقریباً ثابت می‌ماند استفاده شد.

<sup>1</sup> Kerem

<sup>2</sup> Schiefer

<sup>3</sup> Mulder

سپس به منظور انتخاب مناسبترین تابع توزیع، از داده های پیک سیلاب موجود در ایستگاههای ۵ گانه حوضه آبریز قره سو استفاده شد و بهترین تابع توزیع از بین هفت تابع نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، لوگ نرمال سه پارامتری، پیرسون تیپ ۳ و لوگ پیرسون تیپ ۳، گامبل و گاما و با کمک نرم افزار SMADA تعیین شد. مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز قره سو در جدول (۱) و نتایج حاصله از بهترین تابع توزیع فراوانی برای هر ایستگاه در جدول (۲) نشان داده شده است.



شکل ۱- شمای کلی ایستگاههای استفاده شده در حوضه آبریز قره سو

از آنجا که مناطق همگن به لحاظ آنالیز وقایع هیدرولوژیکی و ارتباط آنها با خصوصیات فیزیکی حوضه بسیار با اهمیت هستند، پس از تعیین بهترین تابع توزیع، همگنی منطقه بررسی گردید در بررسی همگنی این حوضه از روش لانگین استفاده گردید. بدین ترتیب که برای هر ایستگاه مقدار دبی با دوره برگشتهای دو ساله Q2 و ده ساله Q10 حاصله از بهترین توزیع آماری، انتخاب و سپس نسبت  $\frac{Q_{10}}{Q_2}$  برای هر ایستگاه محاسبه شده و متوسط این نسبت برای کلیه ایستگاه ها در زیر حوضه محاسبه گردید.

$$K = \frac{\sum Q_{10}/Q_2}{n} \quad (1)$$

$n$  = تعداد ایستگاه ها.

$K$  = متوسط نسبت  $\frac{Q_{10}}{Q_2}$  برای ایستگاه های مختلف.

مقدار  $K$  بدست آمده را در مقادیر Q2 هر ایستگاه ضرب کرده و مقدار جدیدی برای هر ایستگاه محاسبه شد. چنانچه دبی بدست آمده از حدود فاصله اطمینان  $\pm 5\%$  درصد دبی با دوره برگشت ده ساله مغایرت نداشته باشد، ایستگاه جزء نواحی همگن بحساب می آید [۱].

نتایج آزمون همگنی منطقه به روش لانگین در جدول شماره (۳) آورده شده است.

جدول (۱)- مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز قره سو

Relw	Rell	Dm	Rc	C	L	S	P	A	H	Pe	رودخانه	ایستگاه	ردیف
------	------	----	----	---	---	---	---	---	---	----	---------	---------	------

۴/۲	۱۳/۲	۲/۵۴	۰/۵۸	۱/۳۰	۱۲/۱	۸/۹	۳۵	۵۶	۱۴۵۰	۵۹۸	رازآور	بیار کامپاران	۱
۳۱/۱	۱۶۲/۸	۷/۲۳	۰/۴۲	۱/۵۳	۱۸۶/۹	۷/۲	۳۸۸	۵۰۷۵	۱۲۸۴	۴۸۳	قره سو	پل کهنه	۲
۱۷/۳	۷۲/۲	۵/۲۹	۰/۴۹	۱/۴۲	۱۲۱/۵	۶/۸	۱۷۹	۱۲۵۶	۱۳۱۰	۴۱۰	آب مرک	دوآب مرک	۳
۳۴/۳	۱۵۵/۶	۷/۵۰	۰/۴۷	۱/۴۶	۲۰۷/۷	۷/۸	۳۸۰	۵۳۴۸	۱۲۶۸	۴۹۶	قره سو	قورباغستان	۴
۱۴/۶	۱۰۱/۴	۵,۰۵	۰,۳۵	۱,۶۹	۱۰۶,۵	۴,۸	۲۳۲	۱۴۷۸	۱۳۲۰	۲۳۲	آب مرک	خرس آباد	۵

Pe: مقدار بارش سالانه (میلیمتر)    H: ارتفاع ایستگاه (متر)    A: مساحت حوضه (کیلومتر مربع)    P: محیط

حوضه (کیلومتر)    S: شیب متوسط حوضه    L: طول بزرگترین آبراهه (کیلومتر)    C: ضریب گراولوس

Rc: ضریب میلر    Dm: قطر دایره معادل

Relw: عرض مستطیل معادل    Rell: طول مستطیل معادل

جدول (۲) - نتایج حاصله از بهترین تابع توزیع فراوانی جریان برای ایستگاه‌های مختلف

ردیف	ایستگاه	رودخانه	توزیعیهای آماری	mean sq. rel.dev.	mean relat.dev.	توزیع منتخب
۱	بیارکامیاران	رازآور	سه پارامتری لوگ	۸۵/۹	۷/۵۷	*
			نرمال			
			سه پارامتری لوگ	۱۵۴	۱۰/۷	
۲	پل کهنه	قره سو	دو پارامتری لوگ	۳۵۵	۱۳/۷	
			نرمال			
			مومتم و حداکثر درستنمایی			
۳	قورباغستان	قره سو	لوگ پیرسون تیپ سه	۱۳۹	۵۹/۸	*
			لوگ پیرسون تیپ سه	۱۵۴	۹/۳۷	
			پیرسون تیپ سه	۱۸۰۷	۳۲/۴	
۴	دوآب مرک	آب مرک	سه پارامتری لوگ	۲۱۰	۱۲/۲۰	*
			نرمال			
			دو پارامتری لوگ	۴۳۷	۱۸/۸۹	
۵	خرس آباد	آب مرک	سه پارامتری لوگ	۱۸۵۶	۳۲/۴۲	
			نرمال			
			مومتم			
۶	دوآب مرک	آب مرک	سه پارامتری لوگ	۷۳/۷	۶/۷۰	*
			نرمال			
			لوگ پیرسون تیپ سه	۸۱/۱	۷/۰۶	
۷	خرس آباد	آب مرک	لوگ پیرسون تیپ سه	۹۵/۲	۷/۶۰	
			لوگ پیرسون تیپ سه	۱۴/۴	۴۵/۳	*
			لوگ پیرسون تیپ سه	۱۸/۹	۶۲/۲	
۸	خرس آباد	آب مرک	سه پارامتری لوگ	۱۹/۲	۷۵/۳	
			نرمال			

جدول (۳) - آزمون همگنی منطقه

ردیف	نام ایستگاه	نام رودخانه	Q2	Q10	Q10/Q2	k	(Q10)*	0.9Q10	1.1Q10	نتیجه
۱	بیارکامیاران	رازآور	۶	۱۸/۴	۳/۰۷	۳/۱۴	۱۸/۸	۱۷/۵	۱۹/۳	همگن
۲	قورباغستان	قره سو	۱۳۹	۴۴۴	۳/۱۹		۴۳۷	۴۲۱/۵	۴۶۶	همگن
۳	دوآب مرک	آب مرک	۴۴	۱۳۳	۳/۰۲		۱۳۸	۱۲۶/۲	۱۳۹/۴	همگن

۴	پل کهنه	قره سو	۱۲۴	۴۰۶	۳/۲۷	۳۹۰	۳۸۵/۵	۴۲۶/۱	همگن
۵	خرس آباد	آب مرک	۴۸	۱۴۷	۳,۱۳	۱۵۰	۱۴۰	۱۵۴	همگن

Q2 = دبی با دوره برگشت دو ساله    k = متوسط نسبت Q10/Q2    Q10 = دبی با دوره برگشت ده ساله (Q10)\*  
 = مقدار جدید Q10

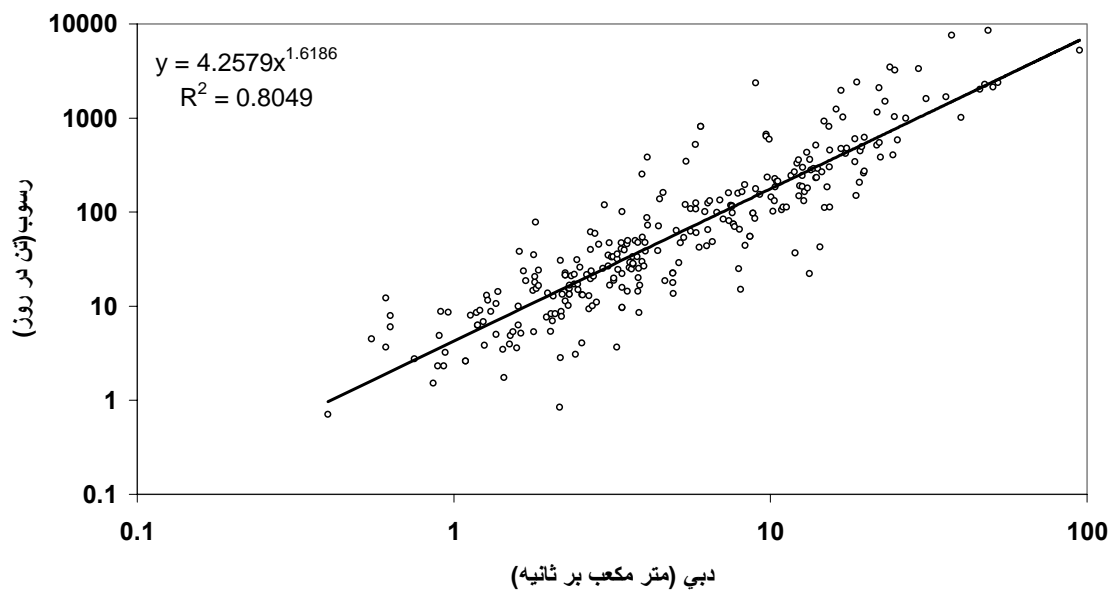
### برقراری روابط دبی جریان-دبی رسوب

برای تخمین آورد رسوبات از منحنی سنج رسوب که ارتباط تجربی بین رسوبات اندازه گیری شده با دبی جریان در لحظه اندازه گیری را نشان می دهد استفاده گردید [۵ و ۱۰]. در این روش بین دبی جریان و رسوب یک رابطه توانی برقرار می باشد.

$$Q_s = a \cdot Q_w^\beta \quad (2)$$

و  $\alpha$  و  $\beta$  ضرایب ثابتی هستند که با استفاده از آمار موجود از طریق رگرسیون بدست می آیند. مقادیر متناظر  $Q_s$  و  $Q_w$  (به ترتیب دبی رسوب بر حسب تن در روز و دبی جریان آب بر حسب متر مکعب بر ثانیه) در مقابل هم رسم گردیده اند.

دو آب مرک قره سو



شکل ۲- نمونه ای از منحنیهای دبی آب-دبی رسوب (مربوط به ایستگاه دو آب مرک) در این پژوهش برای هر ایستگاه با توجه به آمار مربوطه معادلاتی استخراج شد. روابط ارائه شده در هر ایستگاه بصورت خلاصه در جدول (۴) ارائه شده اند. با معلوم شدن رابطه دبی جریان - دبی رسوب و با در دست داشتن آمار دبی روزانه، در طول دوره آماری ۲۹ ساله (سالهای ۵۰ تا ۷۹) اقدام به محاسبه میزان آورد رسوب معلق رودخانه ها در هر یک از ایستگاه ها گردید. در این مرحله اطلاعات برداشت شده از هر ایستگاه دسته بندی شد و به منظور برآورد رسوبات، رگرسیون چند متغیره بین مقدار متوسط آورد رسوب معلق سالانه و ویژگیهای زیر حوضه (با صرف نظر از آمار ایستگاه قورباغستان) برقرار گردید. سپس با

استفاده از نرم افزار SPSS ، مدل‌های مختلف رگرسیونی برآورد رسوب معلق سالانه، استخراج گردید. در این روابط مقدار رسوب، پارامتر وابسته بوده و پارامترهای فیزیوگرافی حوضه مقادیر مستقل می باشند. در نهایت تمام روابط یک ، دو پارامتره خطی و غیر خطی در منطقه استخراج و مقایسه گردیدند و از بین آنها فقط دو مدل بعلا دقت بالاتر نسبت به سایر معادلات انتخاب گردید. جدول (۵) معادلات رگرسیونی منتخب منطقه را نشان می دهد.

جدول(۴)- معادلات تخمین رسوب برای هر ایستگاه(تن در روز)

ردیف	رودخانه	ایستگاه	ضریب رگرسیون	معادلات دبی رسوب- دبی جریان
۱	رازآور	بیارکامیاران	۰,۶۱	$Q_s = 19.9 \times Q_w^{1.37}$
۲	قره سو	پل کهنه	۰,۷۹	$Q_s = 2.26 \times Q_w^{1.74}$
۳	آب مرک	دو آب مرک	۰,۸۰	$Q_s = 4.26 \times Q_w^{1.62}$
۴	قره سو	قورباغستان	۰,۸۵	$Q_s = 0.93 \times Q_w^{1.90}$
۵	آب مرک	خرس آباد	۰,۸۹	$Q_s = 2.86 \times Q_w^{1.99}$

جدول(۵) معادلات رگرسیونی منتخب و میزان ضریب رگرسیون

ردیف	رابطه رگرسیونی	ضریب رگرسیون
۱	$Q_s = 3.31A^{1.34} \times L^{0.056}$	۰/۹۳
۲	$Q_s = 3.63A^{1.36} \times S^{0.1069}$	۰/۹۶

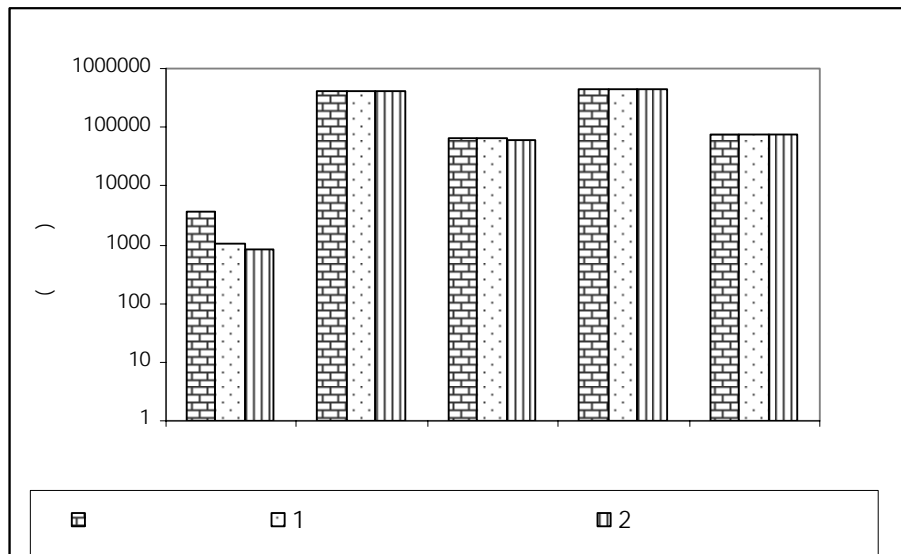
$$Q_s = \text{دبی رسوب(تن در سال)} \quad S = \text{شیب متوسط حوضه} \quad L = \text{طول بزرگترین آبراهه(کیلومتر)}$$

### نتیجه گیری

۱-میزان رسوبات در ایستگاه قورباغستان با استفاده از مدل شماره یک و دو برترتیب ۴۴۲۹۵۸ و ۴۴۷۷۶۳ تن در سال تخمین زده می شود. درحالیکه اختلاف آنها با میزان رسوبات مشاهده شده از هر یک از مدل به ترتیب ۱,۴ و ۰,۱۴ درصد کمتر از واقعیت می باشد. بجز ایستگاه قورباغستان و ایستگاه بیارکامیاران، میزان رسوبات تخمینی از مدل، اندکی بیش از مقدار مشاهداتی بوده و کاربرد رضایت بخش مدلها را در این حوضه نشان می دهد. در شکل ۳ نمودار مقایسه مدلها با داده های برداشت شده نشان داده شده است.

۲-توزیع جریان در ۳/۵ ایستگاههای منطقه سه پارامتری لوگ نرمال و برای ۲/۵ ایستگاهها لوگ پیرسون تیپ ۳ می باشد.

۳-از میان کلیه پارامترهای فیزیوگرافیک، سطح حوضه با شدت بیشتری در تولید رسوب نقش دارد.



شکل ۳- مقایسه رسوبات محاسباتی و مشاهداتی

### تشکر و قدردانی

این مقاله با همکاری و پشتیبانی معاونت مطالعات پایه سازمان آب و برق خوزستان تهیه گردیده است. لذا مراتب تشکر و قدردانی خود را جناب آقای دکتر حسونی زاده معاون مطالعات پایه ابراز می دارم.

### منابع

- ۱- ایزد بخش، م.ع.، اسلامیان، س.س. و موسوی، س.ف.، (۱۳۸۰)، مدل های برآورد حداکثر دبی روزانه با برخورداری از ویژگی های فیزیوگرافیک برای حوضه های غرب ایران، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پنجم.
- ۲- بی نام (۱۳۷۸)، طرح جامع آب کشور، حوضه آبریز کرخه، شرکت مهندسين مشاور جاماب، وزارت نیرو.
- ۳- حکیم خانی، ش.، عرب خدری، م.، مهدوی، م. و خوجینی، ع. (۱۳۷۹)، تحلیل منطقه ای رسوب در حوضه دریاچه ارومیه، دومین همایش ملی فرسایش و رسوب، خرم آباد.
- ۴- رستمی، م.، اردشیر، ع.، مرادی، م. و عرب خدری، م. (۱۳۸۱)، پیش بینی رسوبات معلق حوضه های فاقد آمار با مقایسه روشهای خوشه ای و فازی. ششمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز.
- ۵- مهدوی، م. (۱۳۸۱)، هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، کرج.
- ۶- نیکپور، ع.، صادقی، ح.ر. و ایوب زاده، ع. (۱۳۸۱)، تهیه مدل دینامیک تولید رسوب در حوزه آبخیز کسلیان، پایان نامه کارشناسی ارشد.

7- Kerem, H.( 2002); "suspended sediment estimation for rivers using Artificial Neural Networks and sediment rating curve"; Turkish Journal; Eng. Env. Sci.; pp-27-36.

8- Mulder, T., Syvitski, J.P.M., (1996), Climate and morphologic relationships of rivers. Implications of sea level fluctuations on river loads, Journal of Geology.



9- Schiefer, E.; Slaymaker, O. and Klinkenberg, B. (2001); "Physiographical controlled  
Alometry of specific sediment yield in the Canadian Cordillera: Lake Sediment- based  
Approach"; *Geografiska Annular*; Pp.55-65.

10- Wilcock. R .p (2001), toward a practical method for estimating sediment-transport rate  
singravel-bedrivers.