

## قابلیت روش‌های رگرسیونی منحنی سنجه مدل Loadest

### در برآورد رسوب معلق سالانه

- ❖ علی اکبر نظری سامانی\*؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ آریان صلواتی؛ کارشناس ارشد، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان، ایران.

#### چکیده

داشتن اطلاع از مقدار کمی بار رسوبی حمل شده توسط رودخانه‌ها از اساسی‌ترین اطلاعات برای مقابله با فرسایش خاک و طراحی سدها می‌باشد. در ایران غالباً برآورد بار رسوب معلق بر پایه روش‌های منحنی سنجه می‌باشد. از آن‌جا که داده‌های برداشت دبی رسوب به طور تصادفی و ناپیوسته می‌باشد لذا، در عمل درون‌یابی و برون‌یابی آن‌ها با خطای زیادی همراه می‌باشد. این بررسی به منظور ارزیابی در تعداد داده‌های موجود برای برآورد بار رسوبی روزانه با مدل‌های رگرسیونی Loadest است. بنابراین از داده‌های دبی روزانه رسوب ایستگاه قزلی در حوزه آبخیز جنگلی گرگانرود استفاده شد. آنگاه به طور تصادفی درصدی مختلف داده موجود حذف شد و مقدار بار رسوبی با ۱۱ روش برآورد شد. دقت هر یک از این مدل‌ها در ایستگاه مطالعاتی، ارزیابی و سپس کارایی بهترین مدل از میان مدل‌های Loadest تعیین شد. با توجه به نتایج ارزیابی (دیاگرام تیلور) مدل شماره دو دارای بهترین دقت بود و در صورت نبود ۵۰ درصد از داده‌های روزانه رسوب، ضریب همبستگی بیش از ۰/۵ را در برآورد رسوب سالانه از خود نشان داد. البته در سال‌های کم آبی و دوره‌های کاهش بار رسوبی، ضریب همبستگی بسیار اندک و غیر قابل قبول بود. بنابراین با توجه به برداشت‌های محدود دبی آب و رسوب متناظر در ایستگاه‌های کشور برای استفاده از روش‌های منحنی سنجه رسوب نیاز است که تعداد داده موجود برای ساخت منحنی سنجه حداقل در حد ۱۸۵ برداشت باشد تا دقت قابل قبول حاصل شود. همچنین هرچقدر مقدار داده موجود متعلق به دوره‌های زمانی فصل پاییز یا سال خشک بیشتر باشد، کارایی روش مورد استفاده کمتر خواهد بود. با توجه به اینکه در برخی مطالعات برای برآورد و واسنجی دیگر مدل‌ها (مانند SWAT, WEPP) از ایجاد ارتباط بین روش‌های مبتنی بر رابطه بین دبی آب و رسوب استفاده می‌شود، لذا توصیه می‌گردد استفاده از این روش به ویژه در حوضه‌های با بار رسوبی کم (۱/۵ تن در هکتار در سال)، با احتیاط بیشتری انجام شود.

واژگان کلیدی: دیاگرام تیلور، رسوبات معلق، ضریب همبستگی، گرگانرود، منحنی سنجه / تعداد داد.

## ۱. مقدمه

انتقال رسوب فرایند طبیعی در حوزه های آبخیز است که تاثیر گسترده‌ای بر ژئومورفولوژی رودخانه‌ها، اکوسیستم‌های ساحلی و چرخه بیوژئوشیمیایی جهان دارد. با وجود حاکم بودن فرایندهای طبیعی حاکم بر حمل رسوب، مسئله فرسایش و رسوب ناشی از آن موجب ایجاد مجموعه‌ای از مشکلات مربوط به آلودگی، تخریب محیط‌زیست، جاری شدن سیل و آسیب به زیرساخت‌ها می‌شود [۱۶، ۲۲ و ۷]. تخلیه رسوب رودخانه‌های موجود در خشکی‌ها به دلیل تاثیر قابل ملاحظه در تعامل قاره‌ها و اقیانوس‌ها موجب نگرانی‌هایی در سراسر جهان گردیده است [۱۰، ۳]. تخمین زده شده است که رودخانه‌های زمینی مقدار  $20 \times 10^9$  تن از رسوبات اقیانوس‌ها را در سال تأمین می‌کنند [۱۳، ۲۳]. طی چند دهه گذشته، بیشتر فرسایش‌ها و به تبع آن تولید رسوب و انتقال آن حاصل دخالت‌های انسان در اکوسیستم‌های طبیعی نظیر جاده سازی، تخریب پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی است [۲۰].

بیشتر رودخانه‌ها در جهان روند کاهشی قابل توجهی را در بار رسوب نشان می‌دهند. یکی از مهمترین دلایل این مورد ساخت سدهای بزرگ در مسیر رودخانه‌ها است که منجر به کاهش رسوب وارد شده به اقیانوس‌ها و دریاها شده است. این مسئله منجر به فرسایش دلتاها و تخریب اکوسیستم‌های رودخانه‌ای شده است [۱۲، ۹ و ۲۴]. برآورد مقدار رسوب معلق در رودخانه‌ها (آورد رسوب رودخانه) یکی از عوامل مؤثر در تعیین طول عمر سدها، مدت بهره برداری از تأسیسات مربوطه، تونل و کانال‌های آبرسانی، شناخت و تنظیم تغییرات بستر و کناره رودخانه‌ها و تحلیل تخریب و فرسایش در بالادست به منظور اجرای بهترین شیوه‌های مدیریتی (BMPS) با هدف کاهش تخریب و تولید رسوبات می‌باشد.

محققین مختلفی تا کنون در سراسر جهان مطالعاتی را در خصوص برآورد رسوب انجام داده‌اند که می‌توان به مواردی چند اشاره نمود. برآورد بار معلق رسوب در

بالادست و پایین دست سد دز با استفاده از روش‌های USBR، GEP و FAO نشان دهنده برتری روش GEP در ایستگاه تله زنگ و USBR در ایستگاه بامدژ بوده است [۴]. همچنین ارزیابی روش‌های مختلف برآورد بار رسوب معلق شامل: خطی، چند خطی، حد وسط دسته، FAO، اصلاح به روش پارامتری (CF1) و اصلاح به روش غیر پارامتری (CF2) برای حوزه آبخیز سد درودزن، مبین برتری روش اصلاحی غیر پارامتری با مقدار RMSE،  $0/4$  است [۱۷]. درحالیکه نتایج برآورد رسوب معلق سالانه را برای رودخانه قره چای با استفاده از روش‌های سیستم نوروفازی، شبکه عصبی مصنوعی، منحنی سنج و رگرسیون خطی جاکی از دقت زیاد روش شبکه عصبی مصنوعی با ضریب همبستگی حدود  $0/9$  بوده است [۱۵]. استفاده از روش‌های مختلف برآورد بار معلق به منظور بررسی تغییرات مکانی و زمانی برآورد سالانه میکروپلاستیک‌های معلق در رودخانه Nakdung (دومین رودخانه بزرگ کره جنوبی) نشان داد که مقادیر سالیانه آن‌ها را می‌توان با استفاده از رابطه نمایی میان دبی آب و غلظت‌های اندازه‌گیری شده به دست آورد [۱۱]. علاوه بر این منحنی‌های سنج رسوب همواره به عنوان روشی برای ارزیابی روش‌های مدیریتی و تأثیر آن‌ها بر مقادیر رسوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. رد این زمین‌میتوان به برآورد بار معلق روزانه و ماهانه در تلفیق با مدل SWAT در حوزه آبخیز Marol با مساحت  $5092$  کیلومتر مربع در جنوب هند با نتیجه  $R^2$  بیشتر از  $0/8$  اشاره کرد [۱۱]. Sun و همکاران به منظور بررسی اقدامات حفاظت خاک در کاهش ورود رسوبات لس در بازه زمانی ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۰ به تحلیل رابطه رگرسیونی دبی و رسوبات به منظور برآورد بار رسوب سالانه رودخانه زرد در چین پرداختند. نتایج بررسی تغییرات پارامترهای  $a$  و  $b$  رگرسیون غیرخطی دبی آب و رسوب بعد از اجرای طرح‌های حفاظت خاک، نشان دهنده مؤثر بودن اقدامات حفاظتی و کاهش رسوبات در رودخانه زرد بوده است [۲۱].

در کشور ایران تا کنون روش‌های مختلف هیدرولیک

کاربری‌های مرتع-بوته زار و مخلوط جنگل‌های سوزنی برگ-پهن برگ به ترتیب با ۳۵/۰۸ و ۲۷/۰۱ درصد می‌باشد. ایستگاه قزقلی تنها ایستگاه موجود در کشور است که داده‌های رسوب معلق را به صورت روزانه دارا می‌باشد و به همین دلیل به عنوان ایستگاه مطالعاتی در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۱ موقعیت ایستگاه را در حوزه آبخیز گرگانرود و شکل ۲ نقشه زمین شناسی و گسل‌های گستره مورد مطالعه و پیرامون آن را نشان می‌دهد.

### ۱.۲. داده‌ها

در این مطالعه داده‌های روزانه رسوب ایستگاه قزقلی در طول دوره آماری سال ۱۳۵۳ تا ۱۳۵۶ از پایان نامه‌های (وروانی و میرزایی در دانشگاه تهران) تهیه گردید. دلیل اصلی انتخاب این بازه زمانی، داده برداری‌های منظم در بیشتر روزهای سال در این حوضه بوده که توسط سازمان انرژی اتمی ایران صورت گرفته است. می‌توان گفت که تنها بازه زمانی و ایستگاه موجود در کشور است که این تعداد داده منظم و دقیق را در ارتباط با رسوب معلق روزانه دارد. محاسبه مقادیر رسوب معلق سالانه برای ایستگاه قزقلی و در بازه زمانی مورد مطالعه در جدول (۱) نشان داده شده است.

### ۲.۲. مدل Loadest

Loadest به محققان کمک می‌کند تا با مدل رگرسیونی، بار معلق رودخانه‌ها را تخمین بزنند. به طور کلی مقدار جرم رسوبات معلق را در دوره زمانی دلخواه (t)، می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد؛

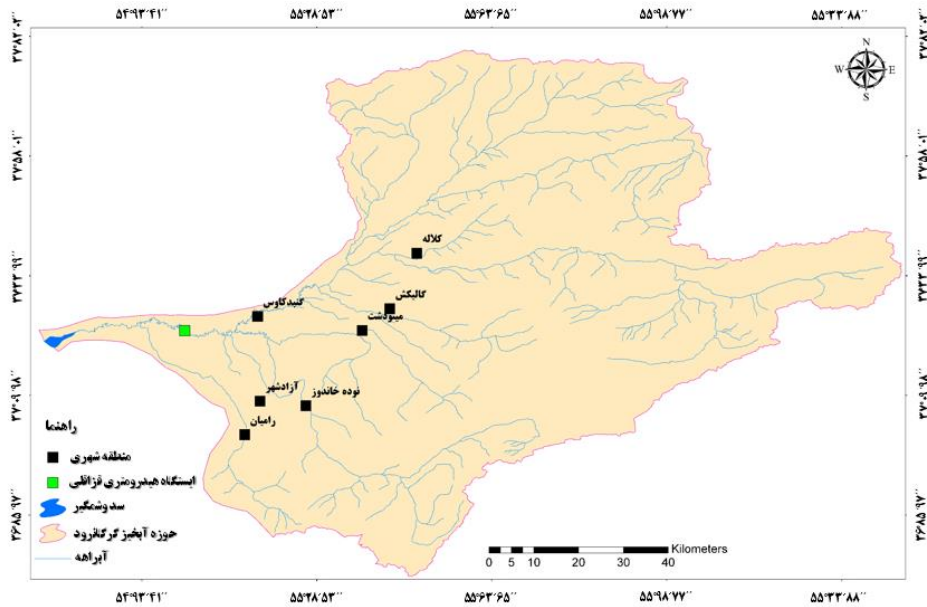
$$L_t = \int_0^t QCdt \quad (1)$$

C غلظت وزنی رسوب  $[M/L^3]$ ،  $L_t$  مقدار کل بار رسوب  $[M]$ ، Q دبی لحظه‌ای جریان  $[m^3/T]$  و t زمان است  $[s]$ .

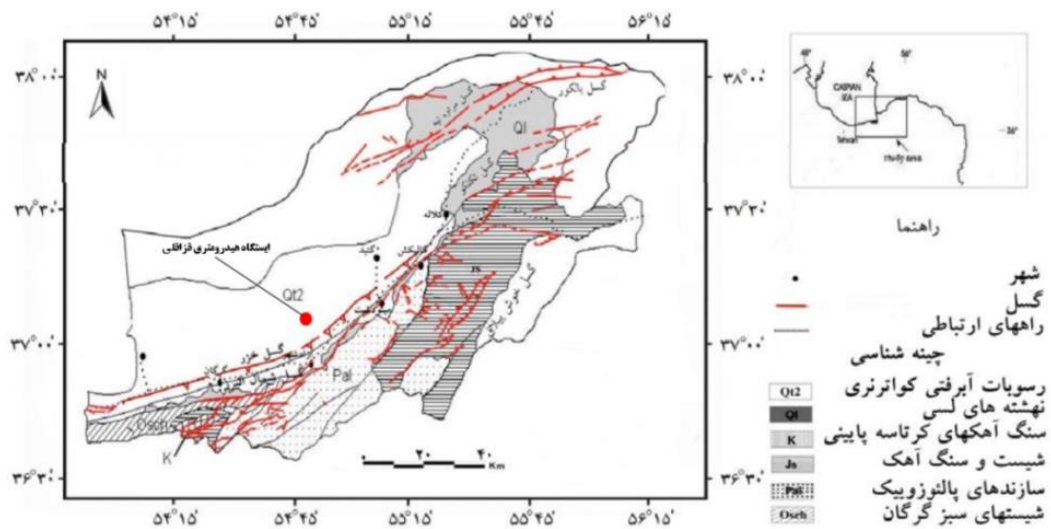
و هیدرولوژیک به منظور برآورد بار رسوب سالانه استفاده شده است که پس از ارزیابی نتایج تحقیقات مختلف از بین روش‌هایی مانند همچون حد وسط دسته،  $CF_1$  و  $CF_2$ ، ضریب اصلاحی FAO و نوع روش استفاده از دبی جریان روش منحنی حدوسط دسته‌ها همراه با دبی متوسط روزانه قابل قبول‌ترین ذکر شده است [۱، ۱۴]. با این وجود تا کنون پژوهشی در زمینه تعداد داده مناسب برای ایجاد منحنی سنجه با دیگر روش‌ها نیاز به انجام پژوهش‌های بیشتری است. با توجه به اینکه داده‌ها برداری از رسوب معلق در ایران بر پایه تقویم می‌باشد و در عمل داده‌های موجود سیلابی کمتر مورد پایش قرار می‌گیرند در حالت کلی برای ایجاد منحنی سنجه در ایستگاه‌ها بر پایه داده‌های برداشت شده طی چندین سال عمل می‌شود. لذا لازم است تا به نحوی مشخص شود که تعداد داده موجود چه تأثیری بر برآورد بار رسوبی دقیق دارد. بنابراین تحقیق جاری به منظور استفاده از روش‌های مورد استفاده در مدل Loadest برای برآورد بار رسوبی در یک حوضه با کاربری غالب جنگلی و نرخ فرسایش و رسوب قابل ملاحظه انجام شده است.

### ۲. روش پژوهش

حوزه آبخیز مورد مطالعه در بالادست ایستگاه قزقلی بخشی از حوزه آبخیز گرگانرود می‌باشد که در مختصات جغرافیایی  $37^{\circ} 01' 55''$  تا  $27^{\circ} 40' 56''$  طول شرقی و  $48^{\circ} 45' 36''$  تا  $47^{\circ} 56' 37''$  عرض شمالی در استان گلستان و چین خوردگی‌های شمالی سلسله جبال البرز قرار دارد. مساحت این حوضه  $7072$  کیلومتر مربع بوده و ارتفاع این حوضه از  $2889$  متر در مناطق کوهستانی تا  $18$  متر در مناطق دشتی متغیر می‌باشد. نوع اقلیم منطقه براساس تقسیم‌بندی دومارتین نیمه خشک تا خیلی مرطوب بوده که بیشترین مقدار بارش در ماه‌های فروردین و آذر و کمترین مقدار در ماه‌های تیر و مرداد می‌باشد. عمده کاربری اراضی در حوضه مذکور



شکل ۱. موقعیت ایستگاه قزاقلی در حوزه آبخیز گرگانرود



شکل ۲. نقشه زمین شناسی و گسل‌های گسترده مورد مطالعه و پیرامون آن [۲۴]

جدول ۲. مقادیر رسوب معلق سالانه در ایستگاه قزاقلی

سال	رسوب معلق (تن)
۱۳۵۳	۵۹۷۹۷۰/۵۸
۱۳۵۴	۸۳۲۲۲۳/۷
۱۳۵۵	۱۶۷۰۹۹۰/۹
۱۳۵۶	۵۰۱۱۷۶/۵

رگرسیونی به صورت رابطه (۴) ارائه شده است. در این رابطه لگاریتم بار لحظه‌ای (برای مثال بار روزانه) در برابر یک متغیر مستقل<sup>۱</sup> قرار داده شده است:

$$\ln(\widehat{L}) = a_0 + \sum_{j=1}^{NV} a_{jx} \quad (۴)$$

$a_0$  ضریب ثابت مدل،  $NV$  تعداد متغیرهای مستقل و  $X_j$  نماینده متغیر مستقل است. طبق معادله (۴) برای محاسبه بار روزانه (معادل لحظه‌ای) از EXP طرف راست استفاده می‌شود (رابطه ۵):

$$\widehat{L}_{RC} = \exp(a_0 + \sum_{j=1}^M a_{jx}) \quad (۵)$$

$\widehat{L}_{RC}$  مقادیر منحنی برآورد بار لحظه‌ای. در نهایت این مدل بر پایه رابطه شش و هفت پارامتره که به به طور مستقیم و غیر مستقیم نماینده دبی جریان هستند، مقدار بار رسوبی در دوره‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه برآورد می‌کنند [۱۸].

(۶)

$$\ln(L) = a_0 + a_1 \ln Q + a_2 \ln Q^2 + a_3 \sin(2 \pi \text{dtime}) + a_4 \cos(2 \pi \text{dtime}) + a_5 \text{dtime} + a_6 \text{dtime}^2$$

$L$  بار رسوب معاق جریان،  $Q$  دبی جریان،  $\text{dtime}$  زمان اندازه‌گیری و  $a_0$  تا  $a_6$  ضرایب تخمین هستند. عبارت‌های  $\ln Q$  و  $\text{dtime}$  در دوره مورد بررسی به منظور ممانعت از ایجاد خودهمبستگی بین داده‌های ایجاد شده اند [۵]. لازم به ذکر است که شکل رابطه ارائه شده در (۶) نماینده حالت کلی است و بر پایه تعداد متغیر مستقل در عمل ۱۱ زیر مدل مختلف وجود دارد. برای برآورد ضرایب مدل ( $a_i$ ) از سه روش حداکثر درست نمایی (MLE) و حداکثر درست‌نمای اصلاح شده (AMLE) و روش حداقل انحراف مطلق (LAD) بهره‌گیری می‌کنند. دو روش اول برای زمانی است که داده‌ها نرمال باشند و روش آخر در زمانیکه داده‌ها غیر نرمال هستند.

در واقع مدل Loadest متشکل از ۱۱ رابطه مختلف و

در بیشتر موارد مقدار  $Q$  به طور مقادیر گسسته در زمان (ساعتی یا روزانه) موجود است ولی مقدار غلظت ( $C$ ) در زمان‌های بسیار کمتری اندازه‌گیری می‌شود (هزینه زیاد و وقت گیر). بنابراین از مقدار غلظت نقطه‌ای برای برآورد مقدار بار در کل دوره زمانی استفاده می‌شود. معمولاً مقادیرهای  $C$  به طور قابل توجهی کمتر از  $Q$  هستند بنابراین تخمین بار رسوب با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\widehat{L}_t = \Delta t \sum_{i=1}^{NP} (\widehat{QC})_i = \Delta t \sum_{i=1}^{NP} \widehat{L}_i \quad (۲)$$

که در آن،  $\widehat{L}$  مقدار بار رسوب در دوره زمان  $t$  [M/s]،  $\widehat{L}_i$  جرم کل بار رسوبی برآوردی در بازه  $\Delta t$  [M] (بار لحظه‌ای)،  $NP$  تعداد اندازه‌گیری‌ها در زمان  $t$  و  $\Delta t$  فاصله زمانی برآورد بار لحظه‌ای است [s]. در نهایت میانگین بار معلق در دوره زمانی  $t$  از رابطه زیر به دست می‌آید [M/T]:

$$\bar{L} = \frac{\widehat{L}t}{\Delta t NP} \quad (۳)$$

استفاده از معادله‌های ۲ و ۳ به منظور محاسبه‌ی بار رسوب معلق بستگی به دو فرض اساسی زیر دارد:

الف) فرض می‌شود هر یک از برآوردهای بار رسوب لحظه‌ای ( $\widehat{L}_i$ ) برابر با جرم رسوب در فاصله‌های زمانی ( $\Delta t$ ) است.

ب) فاصله‌های زمانی ( $\Delta t$ ) برای تمامی  $NP$  ها به یک مقدار است. برای مثال اگر یک دوره یکساله در نظر گرفته شود که روزانه داده‌های غلظت وجود دارد بنابراین  $\Delta t$  برابر یک روز،  $NP$  برابر ۳۶۵ و مقدار رسوب لحظه‌ای برابر با مقدار بار رسوبی در یک روز است.

با توجه به نتایج مطالعه Cohn (۱۹۹۵) چندین روش را می‌توان به منظور برآورد بار رسوب مورد استفاده قرار داد [۵]. یکی از این روش‌ها که بر اساس رگرسیون خطی است در Loadest استفاده می‌شود. به طوریکه رابطه

<sup>1</sup> Explanatory variable

داده شده است. در جدول فوق per بیانگر طول دوره است و توضیحات کامل تعیین آن توسط Runkel و همکاران [۱۸] آورده شده است.

از پیش تعریف شده است که در این میان رابطه‌های شش و نه دارای بیشترین تعداد متغیر بوده و به عنوان جامع‌ترین رابطه از نوع همبستگی بین دبی آب و رسوب شناخته می‌شوند. این ۱۱ رابطه در جدول (۲) نمایش

جدول ۲. مدل‌های موجود در روش Loadest

شماره مدل	مدل
۱	$\ln(L) = a_0 + a_1 \ln Q$
۲	$\ln(L) = a_0 + a_1 \ln Q + a_2 \ln Q^2$
۳	$\ln(L) = a_0 + a_1 \ln Q + a_2 \text{dtime}$
۴	$\ln(L) = a_0 + a_1 \ln Q + a_2 \sin(2\pi \text{dtime}) + a_3 \cos(2\pi \text{dtime})$
۵	$\ln(L) = a_0 + a_1 \ln Q + a_2 \ln Q^2 + a_3 \text{dtime}$
۶	$\ln(L) = a_0 + a_1 \ln Q + a_2 \ln Q^2 + a_3 \sin(2\pi \text{dtime}) + a_4 \cos(2\pi \text{dtime})$
۷	$\ln(L) = a_0 + a_1 \ln Q + a_2 \sin(2\pi \text{dtime}) + a_3 \cos(2\pi \text{dtime}) + a_4 \text{dtime}$
۸	$\ln(L) = a_0 + a_1 \ln Q + a_2 \ln Q^2 + a_3 \sin(2\pi \text{dtime}) + a_4 \cos(2\pi \text{dtime}) + a_5 \text{dtime}$
۹	$\ln(L) = a_0 + a_1 \ln Q + a_2 \ln Q^2 + a_3 \sin(2\pi \text{dtime}) + a_4 \cos(2\pi \text{dtime}) + a_5 \text{dtime} + a_6 \text{dtime}^2$
۱۰	$\ln(L) = a_0 + a_1 \text{per} + a_2 \ln Q + a_3 \ln Q \text{per}$
۱۱	$\ln(L) = a_0 + a_1 \text{per} + a_2 \ln Q + a_3 \ln Q \text{per} + a_4 \ln Q^2 + a_5 \ln Q^2 \text{per}$

Q معادل دبی جریان و dtime برابر با مقطع زمانی

سری‌های زمانی و RMSD استوار است. نحوه محاسبه شاخص‌های یاد شده به شرح زیر است [۱۶].

$$RMSD^2 = \sigma_{est}^2 + \sigma_{obs}^2 - 2\sigma_{est}\sigma_{obs}R \quad (7)$$

$$R = \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (P_{estn}^{(i)} - \overline{P_{est}^{(i)}})(P_{obsn}^{(i)} - \overline{P_{obs}^{(i)}})}{\sigma_f \sigma_r} \quad (8)$$

$$\sigma_{est}^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (P_{estn}^{(i)} - \overline{P_{est}^{(i)}})^2 \quad (9)$$

$$\sigma_{obs}^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (P_{obsn}^{(i)} - \overline{P_{obs}^{(i)}})^2 \quad (10)$$

که در آن  $\sigma_{est}^2$  و  $\sigma_{obs}^2$  واریانس داده‌های ایستگاهی و برآورد شده،  $P_{est}^{(i)}$  و  $P_{obs}^{(i)}$  مقدار رسوب اندازه‌گیری شده و برآوردی است.

در این پژوهش به منظور تعیین مناسبترین روش برای تعداد داده‌های مختلف به طور دستی و تصادفی مقدارهای مختلف از داده‌های سری زمانی روزانه دبی آب و رسوب از مدل‌سازی حذف شدند و برای هر دسته مقدار بار رسوبی برآورد شد. بنابراین به صورت تصادفی در چند نوبت به میزان ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد از داده‌های روزانه رسوب حذف گردید. سپس مقادیر رسوب سالانه با استفاده از روش Loadest برای هر نوبت از داده‌ها برآورد شد.

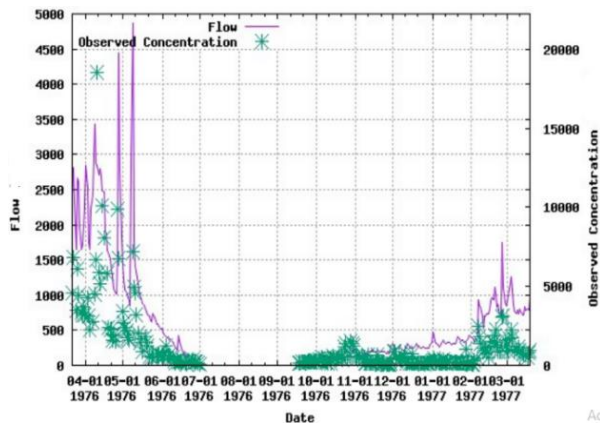
### ۳.۲. ارزیابی داده‌ها

به منظور ارزیابی صحت داده‌های برآورد شده در این تحقیق از دیگرام تیلور استفاده شد. این دیگرام بر مبنای ارتباط هندسی میان ضریب همبستگی (R)، انحراف معیار

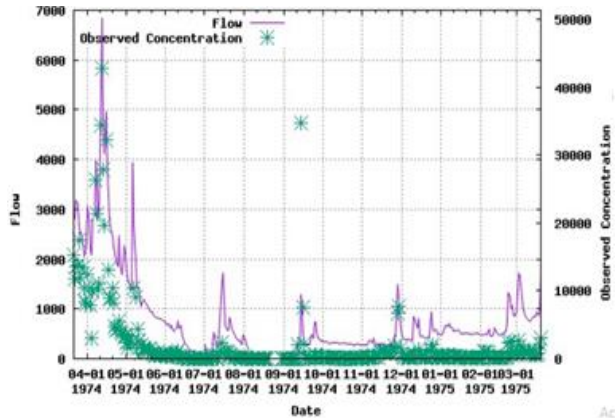
## ۳. نتایج

مقدارهای مختلف حذف تصادفی از داده‌ها محاسبه شد. با توجه به گستردگی نتایج در شکل (۳) نمونه‌ای از داده‌های ورودی و در شکل (۴) نمونه نتایج حاصل از روش‌های ۱۱ گانه نشان داده شده است.

مطابق با روش پژوهش ارائه شده در قسمت قبل برآورد بار رسوب معلق در بازه زمانی مورد مطالعه برای

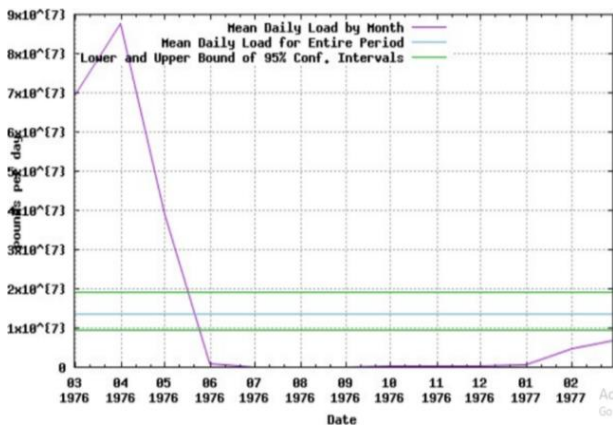


Ac

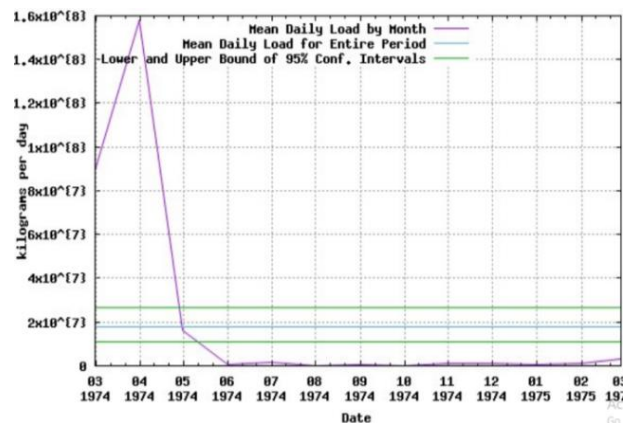


Ac

شکل ۳. سمت چپ داده‌های ورودی به مدل ۱ با حذف ۱۰ درصد داده‌ها برای سال اول، سمت راست داده‌های ورودی به مدل ۹ با حذف ۲۰ درصد داده‌ها برای سال سوم



Ac

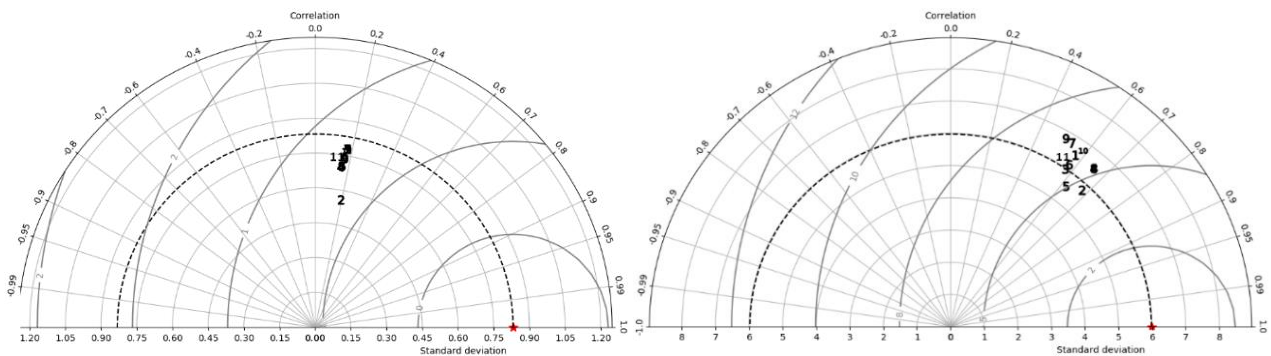


Go

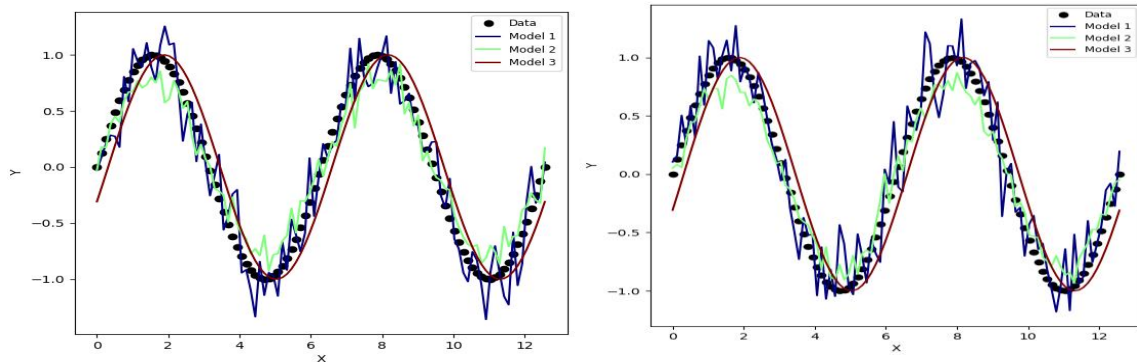
شکل ۴. سمت چپ نتایج مدل ۱ با حذف ۱۰ درصد داده‌ها و سال اول، سمت راست نتایج مدل ۹ با حذف ۲۰ درصد داده‌ها در سال سوم

حذف شده تصادفی است. همچنین پراکنش نتایج مدل‌ها در محدوده داده‌های مشاهداتی که توزیع نرمال به آن‌ها برازش داده شده نشان می‌دهد که بیشترین همبستگی میان داده‌های مشاهداتی با مدل ۲ وجود دارد. این نتایج به عنوان نمونه برای مدل‌های ۱، ۲ و ۳ در شکل (۷) نشان داده شده است.

لازم به یادآوری است که در هر سال از بازه زمانی مورد مطالعه برای همه ۱۱ مدل موجود در Loadest درصد‌های مختلف داده روزانه، به طور تصادفی حذف شدند و برآورد بار رسوب سالانه انجام شد. شکل (۶) به عنوان نمونه نشان‌دهنده نتیجه ارزیابی برآورد سال‌های اول و دوم بر پایه دیگرام تیلور با ده درصد از داده‌های



شکل ۶. سمت چپ نشان دهنده‌ی ارزیابی نتایج روش Loadest در سال اول، سمت راست نشان دهنده‌ی ارزیابی نتایج در سال دوم



شکل ۷. سمت چپ نشان دهنده پراکنش نتایج نرمال شده مدل‌های ۱، ۲ و ۳ اطراف داده‌های مشاهده‌ای در سال اول، سمت راست پراکنش نتایج نرمال شده مدل‌های ۱، ۲ و ۳ را در برابر داده‌های مشاهده‌ای در سال دوم

است. همچنین نتایج کامل اجرای مدل‌های مختلف به همراه مناسب‌ترین دقت حاصل شده برای هر کدام از زیرمدل‌ها برای هر سال ارائه شده است (جدول ۴).

با توجه به نتایج شکل (۶) می‌توان دریافت که مدل ۲ از دقت بیشتری نسبت به دیگر مدل‌های موجود در Loadest برخوردار است بنابراین، تغییرات ضریب همبستگی برای مدل ۲ در جدول (۳) نشان داده شده

جدول ۳. روند تغییرات همبستگی با درصد‌های مختلف حذف تصادفی داده در مدل ۲

سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	درصد حذف داده
۰/۱۷	۰/۰۳۳	۰/۱۹	۰/۶۷۱	۱۰
۰/۱۵۸	-۰/۰۱۶	۰/۱۶۱	۰/۶۱۴	۲۰
۰/۱۴۹	-۰/۰۵۲	۰/۱۴۸	۰/۶۰۱	۳۰
۰/۱۳۵	-۰/۰۵۵	۰/۱۳۶	۰/۵۸۷	۴۰
۰/۱۳۲	-۰/۰۶۱۲	۰/۱۳۱	۰/۵۴۳	۵۰
۰/۱۲۲	-۰/۰۶۸۱	۰/۱۲۶	۰/۵۰۸	۶۰

مدل‌ها به عنوان بهترین نتیجه برآوردی به‌دست آمده است. درحالی‌که هدف برآورد دقیق مبتنی بر کمترین داده

بر پایه نتایج ارزیابی ارائه شده در جدول ۴ در همه سال‌های مورد بررسی حذف ۱۰ درصد در بیشتر زیر



داده‌ها، زیر مدل شماره دو نسبت به دیگر زیر مدل‌ها در بیشتر سال‌ها نتایج دقیق‌تری ارائه داد.

باشد مدل‌های ۴ و ۵ به ترتیب با بیشترین فراوانی در محدوده ۵۰ و ۴۰ درصد به عنوان بهترین زیرمدل‌ها شناسایی شده‌اند. همچنین در محدوده حذف ۶۰ درصد

جدول ۴. نتایج اجرای مدل‌های مختلف در برآورد بار رسوبی سالانه (جمع روزانه) برای مدل‌های مختلف و درصد‌های مختلف حذف داده

سال	رسوب (تن)	مدل	حذف ۱۰ درصد	حذف ۲۰ درصد	حذف ۳۰ درصد	حذف ۴۰ درصد	حذف ۵۰ درصد	حذف ۶۰ درصد	بهترین درصد حذف
۱۳۵۳	۵۹۷۹۷۰۶	۱	۶۵۰۰۶۰۷/۷۷	۶۹۰۲۴۶۲/۳۹	۶۶۱۶۲۹۵/۵۴	۶۹۵۱۱۴۵/۴۵	۶۸۱۰۰۰۸/۰۳	۷۰۰۲۴۶۲/۳۹	۱۰
		۲	۵۷۶۴۷۶۰/۳۳	۵۴۹۸۰۶۴/۹۳	۵۶۶۴۷۶۰/۳۳	۵۳۹۴۳۰۴/۸۲	۵۵۲۰۸۲۸/۵۶	۵۵۴۱۰۵۲/۶۳	۱۰
		۳	۵۷۱۰۹۶۳/۱۹	۵۴۴۵۵۷۶/۵۴	۵۵۲۳۹۴۸/۳۹	۵۴۹۱۸۵۴/۴۲	۵۷۶۶۷۹۰/۵۲	۵۵۰۰۰۱۲/۴۶	۵۰
		۴	۵۲۲۵۹۴۴/۹۶	۴۹۸۸۵۸۰/۷۲	۴۹۱۰۹۶۷/۲۱	۴۷۷۷۵۸۵/۷۶	۵۰۷۲۳۸۹/۶۴	۵۰۱۰۰۹۳/۷۲	۱۰
		۵	۶۲۹۲۹۲۷/۸۷	۶۱۲۴۶۶۰/۷	۶۲۹۱۰۲۰/۷۵	۶۶۵۸۲۸۱/۶۹	۶۶۳۱۹۳۲/۳۹	۶۳۳۴۶۶۰/۷	۲۰
		۶	۶۳۱۸۲۲۷/۴۶	۶۷۴۵۲۸۵/۸۸	۶۷۱۴۸۳۰/۸۵	۶۲۹۲۸۹۹/۲۲	۶۶۵۲۲۲۱/۶۴	۶۷۰۴۲۴۸/۸	۴۰
		۷	۵۳۶۱۴۶۹/۸۸	۵۱۹۸۶۸۸/۵۶	۴۹۶۳۳۴۷/۵۱	۵۴۰۴۲۲۰/۸۹	۴۸۶۹۷۵۵/۱۸	۵۲۰۰۱۰۸/۵۱	۴۰
		۸	۶۲۷۹۴۴۷/۹۲	۶۶۰۸۳۳۸/۰۸	۶۳۱۱۶۵۱/۱۹	۶۶۳۵۰۶۱/۳۹	۶۶۱۰۷۳۷/۱۴	۶۵۹۹۷۶۰/۰۸	۱۰
		۹	۵۲۳۲۱۴۸/۰۵	۴۹۱۸۰۴۱/۷۴	۴۸۹۸۲۲۴/۷۳	۴۹۳۱۰۳۱/۷۹	۵۰۲۰۶۵۸/۱۱	۴۸۹۹۸۷۲/۷۴	۱۰
		۱۰	۶۳۳۳۶۷۴/۴	۶۴۸۹۶۶۸/۰۷	۶۵۰۱۵۱۰/۳۸	۶۶۷۶۶۹۵/۳۶	۶۷۵۴۷۴۰/۰۶	۶۴۹۹۹۰۱/۰۷	۱۰
		۱۱	۶۶۰۶۵۶۸/۰۸	۶۹۰۶۹۵۳/۷۹	۷۰۵۴۹۴۸/۴۱	۶۱۰۷۱۷۶/۴۶	۶۹۲۲۴۷۸/۸۳	۶۰۰۶۹۵۳/۷۹	۱۰
		مناسب ترین مدل		۲	۵	۲	۳	۵	-
۱۳۵۴	۸۲۲۲۲۳/۷	۱	۲۷۴۸۸۸/۹۶	۲۸۱۴۳۱/۱۵	۲۰۶۸۰۱/۴۴	۱۹۲۰۴۶/۰۴	۲۰۱۱۰۵/۴۲	۲۷۲۴۳۱/۱۵	۲۰
		۲	۳۴۸۰۰۱/۸۹	۳۱۴۱۷۴/۳۲	۳۲۸۷۳۹/۴	۳۳۳۱۳۶/۳۳	۲۹۸۴۶۵/۳۳	۳۲۵۸۸۰/۲۵	۱۰
		۳	۲۹۴۳۵۳/۶۴	۲۸۸۳۹۸/۱۸	۳۰۱۸۴۳/۲۸	۲۲۲۷۳۲/۹۷	۲۶۵۳۸۱/۸۲	۲۹۰۰۲۴/۲۲	۳۰
		۴	۲۸۰۲۲۴/۸۶	۲۱۴۸۲۳/۱۶	۲۲۴۰۹۳/۶۴	۲۴۹۳۴۶/۴۱	۳۰۵۷۶۹/۸۱	۲۳۱۸۲۳/۱۶	۵۰
		۵	۳۰۸۶۹۹/۰۹	۲۵۵۵۷۴/۷۲	۳۴۴۱۶۴/۸۶	۲۳۷۹۲۴/۸۷	۲۹۱۲۷۹/۶۹	۲۳۸۵۷۴/۷۲	۳۰
		۶	۲۵۵۰۵۳/۴۲	۲۳۳۷۹۱	۱۹۹۱۵۷/۱۳	۲۶۸۴۴۹/۲۸	۲۴۵۹۰۳/۹	۲۳۳۱۱۱/۰۴	۴۰
		۷	۲۷۵۳۹۹/۱۴	۲۴۵۶۷۷/۴۱	۱۷۸۸۳۱/۶۱	۲۰۹۳۰۶/۹۸	۲۵۷۷۹۷/۸۵	۲۶۹۱۷۴/۳۹	۱۰
		۸	۲۰۶۵۸۱/۸۷	۲۵۵۵۷۹/۴۴	۱۷۳۹۳۸/۷	۲۳۸۹۶۵/۷۶	۲۰۲۴۲۴/۹۳	۱۷۵۵۷۹/۴۴	۲۰
		۹	۲۹۳۳۲۵/۲	۲۵۰۳۵۸/۸۶	۱۷۳۲۵۵/۳۶	۲۸۰۰۵۸/۴۴	۲۱۱۶۹۸/۹۴	۲۶۴۱۰۸/۸	۱۰
		۱۰	۲۹۵۴۶۹/۳	۲۷۷۶۹۲/۳۱	۲۸۵۲۶۶/۵۵	۲۶۷۳۲۶/۷۳	۲۷۱۴۶۱/۸۳	۲۲۵۶۹۲/۳۱	۱۰
		۱۱	۲۶۸۵۷۶/۳۵	۲۶۳۴۰۷/۹۵	۲۲۳۱۱۳/۲۲	۱۹۸۷۶۱/۵۸	۲۲۴۲۹۵/۹۹	۲۵۶۵۹۰/۸۸	۱۰
		مناسب ترین مدل		۲	۵	۲	۴	۲	-
۱۳۵۵	۱۶۷۰۹۹۱	۱	۹۸۸۲۱۰/۰۹	۸۶۸۶۰۷/۷۴	۸۱۸۰۰۰/۳۹	۹۶۹۷۸۴/۴۲	۸۵۹۹۶۴/۴۲	۸۱۳۱۲۷/۵۱	۱۰
		۲	۱۲۶۷۸۰۷/۳	۹۵۹۱۸۱/۹	۹۲۰۴۴۲/۲۷	۹۴۲۹۰۶/۳۳	۹۸۱۷۷۱/۷۵	۹۴۸۵۱۵/۰۳	۱۰
		۳	۲۱۴۵۵۹۱/۱۹	۲۰۹۶۱۰۸/۹۵	۲۲۱۴۳۸۰/۴۲	۲۱۱۴۳۹۸/۷۱	۲۱۴۸۷۳/۴۵	۲۲۲۶۰۲۶/۶۶	۲۰
		۴	۲۴۳۶۶۶۳/۴۳	۲۴۹۵۷۲۳/۸۵	۲۵۳۵۷۳۴/۰۲	۲۴۱۳۲۲۵/۱۱	۲۴۸۰۶۷۰/۴۳	۲۵۵۶۶۲۸/۸۶	۴۰
		۵	۲۰۷۷۲۷۶/۵	۲۵۳۱۴۴۳/۴۶	۲۵۶۹۴۲۱/۰۹	۱۹۴۷۴۷۹/۰۵	۲۵۲۷۷۴۸/۳۵	۲۶۳۲۲۴۹/۳۹	۴۰
		۶	۲۵۹۲۵۷۶/۴۸	۲۶۷۵۱۴۸/۳	۲۷۲۴۳۷۲/۲۱	۲۶۶۱۰۵۹/۲۵	۲۶۶۴۰۲۸/۰۵	۲۷۰۲۴۸۳/۲	۱۰
		۷	۲۱۷۵۳۶۴/۳۴	۲۲۱۵۷۰۷/۹۳	۲۳۷۰۰۴۷/۲۷	۲۲۵۹۵۳۵/۹۷	۲۲۴۴۸۳۹/۳۴	۲۳۴۲۲۱۹/۹۸	۱۰
		۸	۱۲۶۲۳۵۱/۰۱	۱۱۷۷۸۶۵/۰۴	۱۱۶۴۸۶۵/۳۹	۱۱۴۰۳۷۱/۱۷	۱۱۲۱۹۸۹/۰۳	۱۱۵۵۸۰۲/۶۱	۱۰
		۹	۲۵۳۳۳۱۷/۵۳	۲۷۱۵۲۴۰/۳۵	۲۶۱۹۹۶۷/۶۱	۲۵۸۸۲۲۴/۰۹	۲۶۶۷۹۰۱/۹۶	۲۶۸۹۳۹۹/۰۶	۱۰
		۱۰	۹۱۹۴۰۶/۰۷	۹۷۴۱۸۸/۲۵	۹۹۱۰۵۷/۱۸	۱۰۷۴۳۹۹/۹۱	۸۵۶۳۴۹/۳۶	۷۸۹۰۴۵/۷۳	۴۰
		۱۱	۶۹۹۶۲۹/۸۹	۶۳۸۳۷۲/۸۲	۶۸۷۵۲۳/۴	۶۴۱۵۴۲/۷۲	۶۱۱۰۳۰/۲۵	۵۶۱۶۷۶	۲۰
		مناسب ترین مدل		۳	۸	۵	۳	۸	-

## ادامه جدول ۴

سال	رسوب (تن)	مدل	حذف ۱۰ درصد	حذف ۲۰ درصد	حذف ۳۰ درصد	حذف ۴۰ درصد	حذف ۵۰ درصد	حذف ۶۰ درصد	بهترین درصد حذف
۱۳۵۶	۵۰۱۱۷۶/۵	۱	۱۳۹۹۱۴۹/۱۳	۱۴۱۰۴۳۷/۹۲	۱۴۴۶۸۲۳/۷۳	۱۴۱۷۸۹۴/۵۶	۱۴۳۶۲۹۶/۷۶	۱۴۰۵۵۳۹/۳۲	۱۰
		۲	۲۷۰۷۳۹/۱۷	۲۳۸۶۲۵/۱۶	۲۲۹۸۱۶/۳۳	۱۹۸۵۵۹/۷۷	۲۳۵۲۸۷/۰۵	۲۴۶۵۹۸/۵۷	۱۰
		۳	۱۱۵۸۱۵۷/۹۹	۱۱۸۶۸۴۸/۲۷	۱۱۰۸۰۳۶/۲۸	۱۱۰۶۳۹۰/۸۳	۱۲۰۷۰۰۶/۸۲	۱۰۵۴۰۸۱/۲۶	۶۰
		۴	۹۹۹۹۰۴/۹۲	۱۰۲۷۰۴۱/۲۵	۸۹۷۳۹۴/۴۶	۸۰۰۰۸۰/۸۹	۹۰۳۸۶۳/۳۵	۱۰۲۵۹۳۲/۸۸	۵۰
		۵	۹۰۰۴۸۰/۳	۱۰۷۳۳۱۹/۵۸	۷۵۸۵۱۸/۴۲	۱۰۳۰۶۱۶/۸۸	۱۱۱۹۸۰۵/۹۲	۱۴۳۳۲۳۰/۷۸	۳۰
		۶	۹۴۱۸۴۲/۹۹	۹۹۹۲۷۱/۱۶	۹۸۶۶۵۵/۹۸	۹۶۷۸۲۰/۶۷	۱۰۴۸۰۲۰/۷۲	۱۱۶۳۲۸۴/۲۴	۱۰
		۷	۱۰۶۲۵۴۵/۳۷	۱۱۰۴۶۳۹/۶۵	۱۰۸۲۹۴۴/۶۶	۱۰۶۸۹۴۹/۶۶	۱۰۸۲۴۹۷/۶۹	۱۱۰۳۸۶۳/۷	۱۰
		۸	۱۰۲۰۴۷/۳۷	۸۴۹۷۴/۲۴	۷۸۶۹۸/۹۴	۷۷۹۷۰/۵۷	۷۴۹۷۸/۴	۹۴۲۵۲/۳۹	۱۰
		۹	۱۱۲۵۵۸۰/۶۶	۱۳۴۲۸۳۱/۱۲	۱۳۵۳۱۰۸/۹۹	۱۱۰۰۶۳۵	۱۳۳۱۷۹۲/۲۱	۱۲۵۷۹۹۲/۷۴	۴۰
		۱۰	۱۴۳۰۴۹۶/۰۶	۱۳۵۹۷۱۱/۶۹	۱۴۵۷۵۵۷/۳۷	۱۵۴۶۱۱۳/۱	۱۴۵۵۰۱۶/۰۵	۱۴۳۶۸۷۶/۵۴	۲۰
		۱۱	۱۲۲۹۵۴/۳۲	۹۳۹۹۳/۸۶	۸۷۲۷۹/۳	۸۱۴۱۶/۲۳	۱۰۸۷۳۷/۳۲	۱۱۲۱۶۳/۴۷	۱۰
مناسب ترین مدل			۲	۲	۵	۴	۲	۲	-

کشور ما به دلیل فقدان داده‌های روزانه تا کنون عملی نشده و بهتر است از داده‌های خارج از کشور استفاده و به بررسی تاثیر بالا بودن حجم رسوبات بر دقت روش و مدل‌های آن پرداخت.

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

تحقیق حاضر با هدف بررسی کارایی مدل‌های رگرسیونی مختلف Loadest در حوزه آبخیز جنگلی گرگانرود صورت پذیرفت. با مقایسه کارایی ۱۱ مدل موجود در برآورد داده‌های مفقود می‌توان جمع‌بندی نمود که مدل دوم دقت بیشتری در این حوضه مطالعاتی و احتمالاً حوضه‌های مشابه دارد. همانطور که از جدول (۴) قابل استنباط است در بیشتر سال‌ها و درصد‌های مختلف حذف داده مدل دوم به عنوان مناسبترین مدل از نظر مقدار برآورد دبی رسوب سالانه می‌باشد. مدل دوم بر پایه ویژگی دبی جریان می‌باشد و مناسبتر شناخته شدن آن مبین این است که تغییرات دبی آب در رودخانه عامل موثری بر برآورد بار رسوبی می‌باشد. باتوجه به اینکه نمونه برداری رسوب در رودخانه‌های ایران بر پایه تقویم انجام

با توجه به شکل (۶) که ارزیابی مدل‌ها را با روش دیگرام تیلور نشان می‌دهد، در تمامی سال‌ها و همچنین تمامی درصد‌های متفاوت از داده‌ها مدل دو در منطقه مورد بررسی دارای دقت بیشتر و بهتری بود. همچنین مقایسه نتایج مدل‌های مورد استفاده با داده‌های مشاهداتی در شرایط نرمال شده، نشان داد که نتایج مدل ۲ از دقت و همسانی بیشتری با مقدارهای مشاهداتی دارد (شکل ۷). نکته قابل توجه در نتایج این تحقیق همبستگی قابل قبول داده‌های سال ۱۳۵۳ و غیر قابل قبول در مابقی سال‌ها است که دلیل حائز اهمیت آن حجم زیاد رسوب در این سال می‌باشد. به طوری که این مقدار از مجموع مقادیر رسوب سالانه سه سال بعد بیشتر بوده و بیانگر این احتمال است که کارایی و دقت مدل در حوضه‌های با حجم زیاد رسوب و (احتمالاً مساحت بزرگ)، بیشتر است. به طور کلی می‌توان بیان کرد که استفاده از روش Loadest از لحاظ زمانی و دقت در مدل ۲ برای سال‌های دارای بیش از ۵۰ درصد داده‌های مشاهداتی در این تحقیق بسیار کاربردی و مناسب بوده اما به منظور اطمینان از کاربرد روش، باید پژوهش‌های بیشتری انجام شود و نتایج آن‌ها با یکدیگر مقایسه شود که این امر در

و سال خشک) بیشتر باشد، کارایی روش Loadest کمتر خواهد بود. نتایج برآورد دبی رسوب سالانه برای هر ۱۱ روش و درصدهای مختلف حذف نشان داد که با توجه به درصد حذف‌های مختلف (که میتوان نماینده عدم برداشت داده باشد) در مقدارهای حذف داده ۵۰ و ۶۰٪ مدل‌های نوع سوم و چهارم مناسبترین شناخته شده‌اند. به بیان دیگر با توجه به اینکه به طور متوسط تعداد داده‌های متناظر دبی آب و رسوب در ایستگاه‌های هیدرومتری کشور حدود ۲۸۰ برداشت می‌باشد. لذا به منظور برآورد مناسبتر دبی رسوب روش‌های سوم و چهارم مورد توصیه قرار می‌گیرد. در روش‌های مذکور با توجه به تاریخ برداشت‌های دبی آب و رسوب مقاطع زمانی در نظر گرفته می‌شود و به نوعی داده‌های سری زمانی به مقاطع همسان تقسیم بندی می‌شوند. طی سال‌های گذشته از مدل Loadest برای برآورد دبی رسوب مورد نیاز برای واسنجی و کالیبراسیون دیگر مدل‌ها (همچون WEPP و SWAT) به طور متعددی، استفاده شده‌است. لذا انتخاب نوع روش مناسب برآورد دبی رسوب سالانه در بهینه‌سازی و دقت نتایج دیگر مدل‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. به منظور اطمینان از تعمیم نتایج این تحقیق به کل حوضه‌ها، با توجه به بسیار اندک بودن مطالعات مرتبط با روش Loadest، انجام پژوهش‌های بیشتر در حوزه‌های آبخیز با شرایط جغرافیایی و اقلیمی مختلف پیشنهاد می‌گردد. همچنین به طور کلی برای استفاده از روش‌های مبتنی بر رابطه دبی آب و رسوب در صورتیکه حداقل تعداد داده کمتر از ۱۸۵ زوج باشد، نتایج از دقت قابل قبولی برخوردار نخواهد بود. علاوه بر این در صورتیکه برداشت‌ها، بیشتر متعلق به فصل‌های کم آب همچون پاییز و تابستان باشد، نتایج با دقت کمتری همراه خواهد بود. فلذا در صورتیکه مقدار بار رسوبی حوزه آبخیز بیشتر از ۱/۵ تن در هکتار در سال باشد، باید داده‌های متعلق به فصل‌ها و سال‌های پرآب باشد تا نتایج با دارای دقت بیشتری حاصل شود.

می‌شود و بنابراین از وقایع سیلابی کمتر نمونه اخذ شده است و این می‌تواند موجب خطای برآورد بار کل شود [۱۲ و ۱۳]. این مسئله در جلوتر به طور جزئی‌تر مورد تفسیر قرار خواهد گرفت. اندازه‌گیری مقدار رسوب موجود در رودخانه‌ها یکی از عوامل مهم و موثر در تعیین طول عمر سدها و شناخت و تنظیم تغییرات بستر و کناره رودخانه‌ها می‌باشد. به دلیل پیچیدگی‌های رودخانه و این مسأله که غالباً برداشت داده‌های روزانه به دلیل هزینه زیاد و گاهی خطرات جانی خصوصاً در رخدادهای سیلاب به صورت منظم انجام نمی‌گیرد لذا، در بسیاری مطالعات از مدل‌سازی بین دبی آب و رسوب استفاده می‌شود.

از طرف دیگر اگر بر پایه نوع زیر مدل‌ها قضاوت شود، چنانچه کمترین مقدار داده در دسترس باشد (۱۵ تا ۱۸۵ برداشت دبی آب و رسوب) بنابراین زیر مدل‌های نوع ۴ و ۵ از دقت بیشتری برخوردار هستند. این زیر مدل‌ها بر پایه اجزای تبدیل مقاطع زمانی با توابع سینوس و کسینوس می‌باشد. در واقع با توجه به اینکه ماهیت تولید رسوب و تغییرات آن در طول سال و کل دوره مورد مطالعه دارای نوسان‌های ماهانه و سالانه می‌باشد بنابراین در نظر گرفتن تبدیل سینوس و کسینوس مقاطع زمانی به عنوان یک تبدیل موثر برای برآورد می‌باشد. علاوه بر این بر پایه بیشتر پژوهش‌های قبلی متغیر دبی رسوب به عنوان متغیر غیرنرمال و با چولگی مثبت می‌باشد [۱۲، ۶]. لذا در این حالت نوع تبدیل داده می‌تواند در نرمال نمودن و برآورد نتایج از عملکرد بهتری برخوردار باشد. با در نظر گرفتن فرآیند این تحقیق کارایی روش Loadest در برآورد رسوب سالانه رودخانه و دقت هر یک از ۱۱ مدل آن در بازه زمانی ۱۳۵۳ تا ۱۳۵۶ به مدت ۴ سال مورد بررسی قرار گرفت.

همچنین دقت این مدل فقط در سال اول قابل قبول می‌باشد که با بررسی مقدار رسوب مشاهداتی در این سال می‌توان نتیجه گرفت که هرچقدر مقدار داده‌های موجود متعلق به دوره‌های اندک حمل رسوب (فصل پاییز

## References

- [1] Azami, A., and Biroudian, N., and Najafinejad, A., and Yaghmaei, F. and Arab Khedri, M. (2009). Determining the appropriate method for estimating suspended sediment load in Illam dam basin. *Watershed Management Research (Pajouhesh Sazandegi)*, 22, 2(83), 75-82.
- [2] Azizi, GH., Safar rad T., Moahamadi H. and Sabokbar F H., (2016). Evaluation and Comparison of Recovered Rainfall Data for Use in Iran. *Natural Geography Research*; 48(1), 33-49 (in Farsi).
- [3] Best, J. (2019). Anthropogenic stresses on the world's big rivers. *Nature Geoscience*, 12(1), 7-21.
- [4] Chaab, H., Jafari, A., Jalili, S. and Zahiri, J., (2018). Comparison of methods for estimating suspended sediment load upstream and downstream of Dez Reservoir Dam, 11th International Seminar on River Engineering, Ahvaz (in Farsi).
- [5] Cohn, T.A., (1995). Recent advances in statistical methods for the estimation of sediment and nutrient transport in rivers: *Reviews in Geophysics*, 33, 1117-1124.
- [6] Cohn, T.A., Caulder, D.L., Gilroy, E.J., Zynjuk, L.D. and Summers, R.M., (1992). The validity of a simple statistical model for estimating fluvial constituent loads, An empirical study involving nutrient loads entering Chesapeake Bay: *Water Resources Research*, 28(9), 2353-2363.
- [7] Dai, Z.J., Mei, X.F., Darby, S.E., Lou, Y.Y. and Li, W.H., (2018). Fluvial sediment transfer in the Changjiang (Yangtze) river-estuary depositional system. *Journal of Hydrology*, 566, 719-734.
- [8] Eo, S., Hong, S. H., Song, Y. K., Han, G.M. and Shim, W.J. (2019). Spatiotemporal distribution and annual load of microplastics in the Nakdong River, South Korea. *Water research*, 160, 228-237.
- [9] Giosan, L., Syvitski, J., Constantinescu, S. and Day, J., (2014). Protect the world's deltas. *Nature* 516 (7529), 31-33.
- [10] Guo, C., Jin, Z., Guo, L., Lu, J., Ren, S. and Zhou, Y. (2020). On the cumulative dam impact in the upper Changjiang River: Streamflow and sediment load changes. *Catena*, 184, 104250.
- [11] Himanshu, S.K., Pandey, A., Yadav, B. and Gupta, A. (2019). Evaluation of best management practices for sediment and nutrient loss control using SWAT model. *Soil and Tillage Research*, 192, 42-58.
- [12] Kirwan, M.L. and Megonigal, J.P., (2013). Tidal wetland stability in the face of human impacts and sea-level rise. *Nature* 504, 53-60.
- [13] Milliman, J.D., Farnsworth, K.L., 2011. *River Discharge to the Coastal Ocean, a Global Synthesis*. Cambridge University.
- [14] Mirzaei, M., and Arab Khedri, M., and Feyznia, S. and Ahmadi, H., (2005). Comparison of statistical methods for estimating suspended sediment in rivers. *Iranian Journal of Natural Resources*, 58 (2), 301-313.
- [15] Moradi Nejad, A., Davood Maghami, D. and Moradi, M., (1398). Evaluation of efficiency of methods for estimating suspended sediment load of Qarachai river. *Environment and Water Engineering*, 5 (4), 328-338 (in Farsi).
- [16] Peng, T., Tian, H., Singh, V.P., Chen, M., Liu, J., Ma, H. and Wang, J. (2020). Quantitative assessment of drivers of sediment load reduction in the Yangtze River basin, China. *Journal of Hydrology*, 580, 124242.
- [17] Rahimi, M., (1397). Assessing the accuracy and efficiency of sediment estimation methods (Case study: Dorodzan Dam watershed), *International Conference on Society and Environment*, Tehran.
- [18] Runkel, R.L., Crawford, C. G. and Cohn, T.A. (2004). Load Estimator (LOADEST): A FORTRAN program for estimating constituent loads in streams and rivers (No. 4-A5).
- [19] Rustaei, M., Agh Ataby, M.A., Raghimi M., Nemati M. and Rahimi Chakdel A., (2015). Active Tectonics Analysis by Using Geomorphic Signatures in the Gorgan Drainage Basin in North Eastern Alborz, *Geographical Research*, 29, 4(115), 43-56 (in Farsi).
- [20] Srivastava, A., Brooks, E.S., Dobre, M., Elliot, W. J., Wu, J.Q., Flanagan, D.C. and Link, T.E. (2020). Modeling forest management effects on water and sediment yield from nested, paired watersheds in the interior Pacific Northwest, USA using WEPP. *Science of the Total Environment*, 701, 134877.

- [21] Sun, P., Wu, Y., Yang, Z., Sivakumar, B., Qiu, L., Liu, S. and Cai, Y. (2019). Can the grain-for-green program really ensure a low sediment load on the Chinese Loess Plateau?. *Engineering*, 5(5), 855-864.
- [22] Vercruyssen, K., Grabowski, R.C. and Rickson, R.J., (2017). Suspended sediment transport dynamics in rivers: multi-scale drivers of temporal variation. *Earth Science Reviews*, 16, 38–52.
- [23] Wang, H.J., Saito, Y., Zhang, Y., Bi, N.S., Sun, X.X. and Yang, Z.S., (2011). Recent changes of sediment flux to the western Pacific Ocean from major rivers in East and Southeast Asia. *Earth Science Reviews*, 108, 80–100.
- [24] Yang, S.L., Milliman, J.D., Xu, K.H., Deng, B., Zhang, X.Y. and Luo, X.X., (2014). Downstream sedimentary and geomorphic impacts of the three Gorges Dam on the Yangtze River. *Earth Sci. Rev.* 138, 469–486.

