مقایسه عملکرد دو فرمول برآورد بار رسوب معلق با مقادیر اندازه‌گیری شده و اجرای روش تحلیل مسیر در رودخانه ارمند

نازیلا صدائی[۱]، کریم سلیمانی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۸//۰۵

چکیده

رسوب معلق در سال‌های اخیر سبب ایجاد مشکلات بسیار زیادی شده است به همین علت در این تحقیق دو نمونه از فرمول‌های مورد استفاده برای محاسبه بار معلق را در رودخانه ارمند مورد بررسی قرار داده‌ایم تا از بین این دو معادله بتوان مشخص نمود که کدام یک می‌تواند عملکرد بهتری داشته باشد. این دو فرمول شامل فرمول‌های لین و کالینسک و فرمول بگنولد می‌باشند. فرمول‌های مورد بررسی یک دوره آماری تقریبا سی ساله دبی‌های بار معلق را در رودخانه ارمند برآورد نمودند. در نهایت با بررسی صورت گرفته مشخص شد که فرمول بگنولد دارای برآورد نزدیک تری نسبت به فرمول لین_کالینسک و همچنین فرمول لین-کالینسک دارای نوسانات بسیار زیادی در برآورد خود می‌باشد. از طرفی داده‌های ورودی به مدل و دبی‌های رسوب معلق اندازه‌گیری شده در رودخانه وارد محیط نرم‌افزار Spss-16 شدند که با این کار داده‌ها را مورد تجزیه و تحیلی مسیر قرار دادیم تا بتوان میزان تاثیر تغییرات در هر کدام از پارامترها را در دبی نهایی مشخص نمود. این روش یکی از روش‌های تحلیل آماری است که بیشتر با استفاده از رگرسیون چند متغیره انجام می‌شود. در نهایت با کاربرد روش آماری تحلیل مسیر در ردوخانه ارمند بر روی دو فرمول مورد نظر، اثبات شد که پارامتر عمق و سرعت بر روی دبی رسوب معلق در رودخانه می‌توانند دارای تاثیرات معنی‌داری باشند.

واژه‌های کلیدی: بگنولد، رسوب معلق، رودخانه ارمند، روش تحلیل مسیر، لین و کالینسکنرم افزار Spss16.

[۱]دانشجوی دکترای علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری (nsdaei@yahoo.com)
[۲]استاد، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

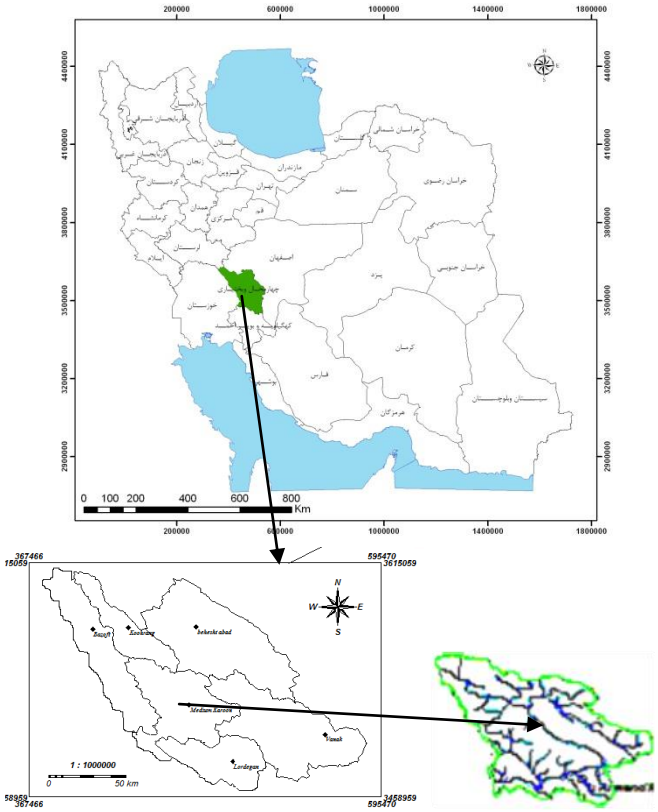
مقدمه

رسوب معلق در سال‌های اخیر در کشورهای در حال توسعه سبب ایجاد مشکلات بزرگی مخصوصا در ایران شده است. این موضوع شامل هدرروی مواد مغذی موجود در خاک و آب در یک منطقه نیز می‌شود از جمله موادی که از طریق رسوب و فرسایش از داخل حوضه خارج می‌شوند، می‌توان به فسفر و موادی افزودنی به خاک برای رشد بهتر گیاهان اشاره نمود. این مواد از طریق جریان‌هایی رودخانه‌ای و نیز از طریق آبراهه‌ها خارج می‌شوند و به دریا می‌ریزند و به نوعی از دسترس خارج می‌شوند. (شر و واتسون، ۱۹۷۷. یونسکو، ۱۹۸۳. آلن، ۱۹۸۶. وارن و همکاران ۲۰۰۳) آگاهی پیدا نمودن از میزان رسوبی که در رودخانه‌ها در حال حمل شدن می‌باشند سبب آشنایی با نحوه حرکت رسوبات توسط جریان در رودخانه‌ها می‌شود. (دیتریچ و دون، ۱۹۷۸. تریمبل، ۱۹۸۳. والینگ، ۱۹۸۸. والینگ و همکاران ۲۰۰۱، ۲۰۰۲) رسوبات معلق تجمعی در رودخانه‌ها به عنوان بزرگ‌ترین مشکل در مورد جریان‌های آبی می‌باشد که در پشت سد جمع می‌شوند زیرا این مقدار رسوب سبب می‌شود تا از حجم زنده پشت سد کاسته شده و به حجم مرده آن افزوده گردد. این فرایند سبب می‌شود تا مقدار آبی را که برای کشاورزی و نیز برای آشامیدن مورد استفاده قرار می‌گرفت کمتر از گذشته شود. علاوه بر این موارد، آبی را که در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد نیز از مواردی است که باید در نظر داشت. در حال حاضر دانستن در مورد تولید رسوب معلق و مقدار آن دارای اهمیت بالایی می‌باشد. این موضوع حتی در چندین سال گذشته توسط افرادی مانند انیشتین و سایر افراد مورد توجه قرار گرفته و این افراد به برآورد و بررسی چگونگی حمل رسوبات معلق در رودخانه‌ها پرداخته‌اند. در مورد رسوبات رودخانه‌ها فرمول‌های زیادی وجود دارد که از این دسته می‌توان به فرمول‌های لین-کالینسک، بگنولد و..... اشاره نمود. سابقه بررسی و تحقیق در مورد انتقال رسوب معلق به رودخانه بیش از صد سال است، به طوری که نخستین نمونه‌برداری از بار معلق رودخانه در سال ۱۸۴۵ میلادی در رودخانه می‌سی‌سی‌پی انجام شد. به طورکلی روش‌های برآورد بارمعلق رودخانه‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود. روش‌های مبتنی بر قوانین دینامیک و مکانیک سیالات که اغلب توسط متخصصان علم هیدرولیک ارایه و به روش‌های هیدرولیکی برآورد بار معلق شهرت یافته‌اند و روش‌های مبتنی بر اندازه‌گیری مستقیم و تحلیل‌های آماری که بیشتر توسط صاحب نظران علم هیدرولوژی توصیه و تحت عنوان روش‌های هیدرویکی برآورد بار معلق نامیده می‌شوند. ایدر و هم کاران در سال ۲۰۱۰ با مقایسه‌ای که بین دو فرمول برآورد بار معلق در رودخانه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که از بین روش های مذکور روش منحنی سنجه رسوب دارای برآوردی با دقت کمتر جهت تخمین میزان بار رسوب معلق در رودخانه می‌باشد. سانجیو و هم کاران در سال ۲۰۱۱ با به کارگیری دو نوع روش حل عددی با عناوین PTFMU و PTFMNU جهت برآورد توزیع رسوبات معلق به این نتیجه رسیدند که عدد اسمیت برای بهتر نمودن میزان دقت برآورد در مقایسه با داده‌های اندازه‌گیری شده یکی از عناصری می‌باشد که نقش بسیار مهمی را در این زمینه ایفا می‌نماید. با مروری بر تحقیقات صورت گرفته در سال‌های گذشته مشخص شد که در هیچ کدام از مقالات به بررسی فرمول‌های برآورد رسوب معلق با استفاده از روش‌های تحلیل مسیر پرداخته نشده است. به همین دلیل در این مقاله یکی از روش‌های تحلیل داده‌های آماری تحلیل مسیر را مورد مطالعه قرار داده‌ایم. روش تحلیل مسیر شکلی از تحلیل رگرسیون کاربردی است که در آن برای هدایت کردن مسئله با آزمون فرضیه‌های پیچیده، از نمودار مسیر استفاده می‌شود. در این روش امکان آزمون روابط علی بین دو یا چند متغیر وجود دارد. یک محقق می‌تواند مجموعه داده‌ها را برای بررسی روابط غیر قابل پیش‌بینی متغیرها آزمون کند، خواه مستقیم باشد، خواه غیرمستقیم و بدین وسیله در بین مدل‌های مختلف، مناسب‌ترین مدل را بدست آورد. در منطقه مورد مطالعه مقدار زیادی رسوب معلق در رودخانه مشاهده می‌شود. که این امر سبب ایجاد ضرر و زیان‌های زیادی در مناطق پایین دست می‌شود. این رودخانه یکی از رودخانه‌های اصلی استان می‌باشد که به عنوان منابع آبی بسیاری از بخش‌ها تلقی می‌شود. در این مقاله در ابتدا به مقایسه بین دو فرمول پرداخته شده است و در مرحله بعد میزان تاثیر هر یک از پارامترها را در هر کدام از فرمول‌ها بررسی نموده‌ایم.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز کارون شمالی بخشی از حوضه آبخیز بزرگ کارون می‌باشد و در محدوده جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۷ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. این حوضه از سمت شمال و شمال‌شرق به حوضه آبخیز سد زاینده رود، از شمال‌غرب به حوضه رودخانه دز، از جنوب به حوضه آبخیز رودخانه خرسان و از جنوب و غرب به بخش‌هایی از حوضه آبخیز کارون بزرگ محدود می‌گردد. مساحت حوزه آبخیز کارون شمالی ۱۴۴۷۶ کیلومتر مربع است که در حدود ۲۳ درصد از کل مساحت حوزه آبخیز کارون بزرگ تا ایستگاه خرمشهر که قسمت‌های عمده‌ای از استان چهار مهال و بختیاری و قسمت کوچکی از استان اصفهان (سمیرم علیا) در آن قرار دارد را شامل می‌شود. در این حوضه در حدود ۲۱ رودخانه جریان دارد که از بین ۲۱ رودخانه، یک رودخانه را با عنوان ارمند مورد بررسی قرار داده‌ایم.



شکل(۱): موقعیت حوضه کارون شمالی، رودخانه مورد مطالعه همراه با شبکه زهکشی رودخانه

آماده سازی داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل دبی جریان آب، غلظت رسوبات معلق موجود در رودخانه، عرض رودخانه، میزان لایه بار بستر، تنش برشی جریان، سرعت متوسط سقوط ذرات رسوب در رودخانه، شتاب ثقل می‌باشد. شرحی از این داده‌ها در جدول(۱) آورده شده است.

.

جدول (۱): داده‌های مورد استفاده در رودخانه ارمند جهت برآورد دبی رسوب معلق

معادله	دبی جریان آب بر حسب متر مکعب بر ثانیه (Q)	شتاب ثقل (g) بر حسب متر مربع بر ثانیه	چگالی آب	چگالی ذرات رسوب	تنش برشی	سرعت متوسط سقوط ذرات	سرعت متوسط جریان آب در رودخانه بر حسب متر بر ثانیه	عمق لایه بار بستر بر حسب درصد از	میزان غلظت متوسط ذرات رسوب معلق بر حسب میلی گرم در لیتر	میزان غلظت رسوب معلق در نقطه ای بالاتر از لایه بار بستر	عمق جریان بر حسب متر
بگنولد		*	*	*		*	*				
لین-کالینسک	*				*			*	*	*	*

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق تقریبا سی سال آماری را در بر می‌گیرند. همان‌طور که از جدول(۱) مشخص می‌باشد در هرکدام از فرمول‌ها داده‌های مورد استفاده متفاوت ولی در چندین مورد یکسان می‌باشد.

معرفی فرمول‌های مورد استفاده

فرمول بگنولد

بگنولد در سال ۱۹۶۶ فرمول خود را برای محاسبه رسوبات معلق در رودخانه بر اساس تئوری انرژی ارائه داد، ایشان رابطه‌ای را بین انرژی و نیز میزان کاری که انجام می‌شود را در نظر گرفته و بر اساس آن فرمول زیر را ارائه داده است.

$$q_{sw} = \gamma D C_a \left(V I_1 - \frac{2U_*}{K} I_2 \right) \quad (۱)$$

$$W = (S_g - 1) q_{sm} (\omega_s / \bar{u}_s) \quad (۲)$$

$$(S_g - 1) q_{sm} (\omega_s / \bar{u}_s) = \pi \bar{u} (1 - e_b) e_s \quad (۳)$$

$$g(S_g - 1) q_{sm} = 0.01 \tau (\bar{u}^2 / \omega_s) \quad (۴)$$

در این فرمول منظور از V سرعت جریان آب، منظور از RH شعاع هیدرولیکی جریان و Q هم یعنی دبی برآورد شده با استفاده از این روش می‌باشد.

روش لین-کالینسک

لین و کالینسک در سال ۱۹۴۱ فرمولی را برای محاسبه میزان رسوبات معلق ارائه دادند. ایشان فرض کردند که $\varepsilon_s = \varepsilon_m$ می‌باشد و ذکر نمودند که میزان $\beta=1$ و در نهایت فرمول زیر را ارائه دادند.

میزان متوسط پارامتری که در این جا به آن اشاره شده است به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\varepsilon_s = k U_* \frac{y}{D} (D - y) \quad (۵)$$

$$\bar{\varepsilon}_s = \frac{\int_0^D \varepsilon_s dy}{D} = \frac{k U_*}{D^2} \int_0^D (yD - y^2) dy \quad (۶)$$

$$\bar{\varepsilon}_s = \frac{1}{15} U_* D \quad (۷)$$

پارامتر دیگری را که در این فرمول مورد استفاده قرار می‌گیرد به صورت زیر می‌باشد:

$$C = C_a \exp\left[\frac{-15\omega}{U_*} \left(\frac{y - a}{D} \right) \right] \quad (۸)$$

$$P_L = \frac{\bar{C}}{C_a} \quad (۹)$$

و در نهایت خواهیم داشت

$$q_{sw} = q C_a P_L \exp\left(\frac{15\omega a}{U_* D} \right) \quad (۱۰)$$

در فرمول‌های ذکر شده که برای محاسبه بار رسوبات معلق مورد استفاده قرار می‌گیرند Ca با استفاده از معادله(۱۱) مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

(۱۱)

$$Ca = 15 * \gamma_s \frac{D50}{a} * \frac{T^{\frac{1}{5}}}{(d50\left[\frac{(s-1)*g}{\upsilon^2}\right]^{\frac{1}{3}})^{0.3}}$$

پارامترهایی که در این فرمول مورد استفاده قرار گرفته‌اند شامل ضریب انتقال و نیز چگالی، شیب و میزان ویسکوزیته می‌باشند. نتایج حاصل از کاربرد فرمول‌ها در رودخانه ارمند جهت تخمین میزان رسوب معلق را می‌توان در جدول(۲) مشاهده نمود.

روش تحلیل مسیر

در این روش می‌توان تاثیر مستقیم یک متغیر را در متغیر دیگر که ضریب مسیر نامیده می‌شود، بررسی نمود. به عبارتی وقتی متغیرها به شکل استاندارد استفاده می‌شوند، پارامترهای ساختاری آن‌ها را ضریب مسیر می‌نامند. در این صورت متغیر اول، علت و متغیر دوم، معلول می‌باشد. در نمودار مسیر، به هر مسیر یک ضریب مسیر داده می‌شود. این ضرایب همان وزن β است که بیانگر مقدار تاثیر هر متغیر بر متغیر دیگر است.

مزایای تحلیل مسیر بر تحلیل رگرسیونی:

-در تحلیل رگرسیون، وابستگییک متغیر (متغیر وابسته) به متغیرهای دیگر (مستقل) تنها در یک معادله بررسی می‌شود، که همان معادله خط رگرسیونی استاندارد شده می‌باشد. در صورتی که در تحلیل مسیر βهای محاسبه شده، ضرایب مسیری هستند که مجموعه معینی از متغیرهای مستقل را به متغیرهای وابسته وصل می‌کنند و در چندین معادله بررسی می‌شوند.

-رگرسیون و ضرایب رگرسیونی تاثیر مستقیم یک متغیر مستقل بر روییک متغیر وابسته را نشان می‌دهد، اما تحلیل مسیر علاوه بر نمایش تاثیر مستقیم متغیر مستقل (علت) بر روی متغیر وابسته (معلول)، تاثیرات غیرمستقیم یک متغیر مستقل بر روییک متغیر وابسته را نیز نشان می‌دهد.

-تحلیل مسیر میزان کذب روابط میان متغیرها را نشان می‌دهد، یعنی چقدر از این روابط ناشی از متغیر مستقل مورد نظر است و چقدر ناشی از متغیرهای خارج از تحلیل ما است.

در نرم‌افزار Spss برای تحلیل مسیر، راه ویژه و اختصاصی تعبیه نشده است، اما از راه تحلیل مسیر رگرسیونی می‌توان به تحلیل مسیر پرداخت. برای بدست آوردن دیاگرام مسیر در نرم افزار به روش زیر عمل کنید:

۱-داده‌ها را که عبارت است از داده‌های مربوط به متغیرهای مستقل و یک متغیر وابسته است، وارد می‌کنیم.

۲-پس از بررسی جداول خروجی، متغیرهای مستقل را که با متغیر وابسته همبستگی معنی‌داری ندارند، حذف نموده و عملیات رگرسیون را مجددا انجام می‌دهیم.

۳-پس از بررسی جداول، که هر کدام از متغیرهای مستقل را که دارای بزرگ‌ترین β است را به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته و در صورت وجود متغیری که دارای همبستگی معنی‌داری با متغیر وابسته اصلی نباشد، آنرا حذف نموده و مجددا عملیات رگرسیون را انجام می‌دهیم (متغیر وابسته اصلی در این مرحله کنار گذاشته می‌شود).

۴-مرحله قبلی را مجددا تکرار می‌کنیم و در نهایت نیز به ترتیب از اولین تحلیل رگرسیونی که انجام شده است، شروع به مدل می‌کنیم و متغیرهای مستقل معنی‌دار را به متغیر وابسته بوسیله پیکان ربط می‌دهیم. این کار را تا ساخته شدن دیاگرام مسیر ادامه می‌دهیم.

۵-بر روی هر پلیکان، مقدار β مربوط به آن رابطه را می‌نویسیم.

مقایسه برآورد فرمول‌های مورد استفاده در این تحقیق با داده های برآورد شده در ابتدا با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده برای هر کدام از پارامترها میزان دبی رسوب معلق را برای دوره آماری مورد نظر تخمین می‌زنیم و در نهایت همان طور که مشخص است در جدول(۲) می‌توان نتایج بدست آمده از این فرمول‌ها را برای دوره مورد بررسی در مقابل هر یک از داده‌های اندازه‌گیری قرار

داده و آن‌ها را همانند آنچه را که در شکل(۲) آورده شده است مقایسه نمود.

اعمال روش تحلیل مسیر برای داده‌های اندازه‌گیری شده در رودخانه ارمند

در این مرحله با استفاده از نرم‌افزار Spss داده‌های اندازه‌گیری شده را در هر کدام از فرمول‌ها بررسی نموده و رابطه موجود در بین این داده‌ها را با استفاده از روش مذکور مورد مطالعه قرار می‌دهیم. در ابتدا متغیرها را وارد پنجره Variable view می‌نمائیم و سپس داده‌ها را وارد پنجره Data view می‌کنیم. فرمان Analyze/Regression/Linear را اجرا کرده تا پنجره Linear Regression باز شود. متغیر وابسته برای فرمول بگنولد که همان دبی اندازه‌گیری شده رسوب معلق می‌باشد را به کادر متنی Dependent و متغیرهای مستقل را به لیست Independents انتقال می‌دهیم. سپس روی دکمه Statistics کلیک می‌نمائیم تا کادر Linear Regression: Statistics نمایش داده شود. گزینه‌های Estimates,Model fit, R squared change, Descriptives, Part and partial correlation, Durbin-Watson را انتخاب و روی دکمه ok کلیک می‌کنیم تا جداول ایجاد شوند.

بحث

با وارد نمودن داده‌های اندازه‌گیری شده به درون هر کدام از فرمول‌ها می‌توان در نهایت میزان دبی برآورد بار رسوب معلق را برای رودخانه ارمند بدست آورد. نتایج این عمل در جدول(۲) آورده شده است.

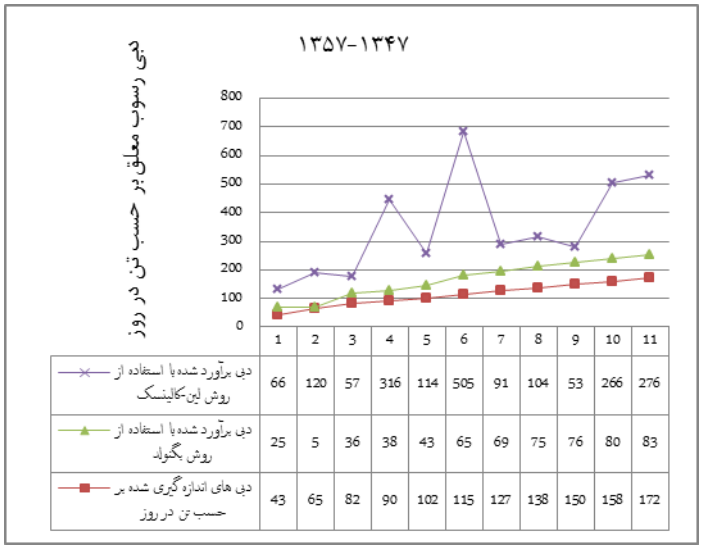
جدول(۲): مقادیر پیش‌بینی شده بار معلق برای دبی متوسط سالیانه رودخانه ارمند

سال	دبی برآورد شده با استفاده از روش لین-کالینسک	دبی برآورد شده با استفاده از روش بگنولد	دبی های اندازه گیری شده بر حسب تن در روز
1347	66	25	43
1348	120	5	65
1349	57	36	82
1350	316	38	90
1351	114	43	102
1352	505	65	115
1353	91	69	127
1354	104	75	138
1355	53	76	150
1356	266	80	158
1357	276	83	172
1358	196	83	185
1359	50	85	194
1360	164	61	204
1361	237	69	218
1362	117	51	231
1363	622	45	242
1364	126	48	258
1365	21	89	273
1366	47	31	316
1367	195	11	345
1368	179	29	366
1369	213	47	396
1370	201	34	415
1371	43	95	444
1372	64	52	461
1373	219	79	480
1374	37	57	497
1375	148	98	521
1376	186	79	547
1377	141	52	583
1378	172	61	627
1379	366	84	677
1380	162	77	724

جدول(۲): مقادیر پیش‌بینی شده بار معلق برای دبی متوسط سالیانه رودخانه ارمند

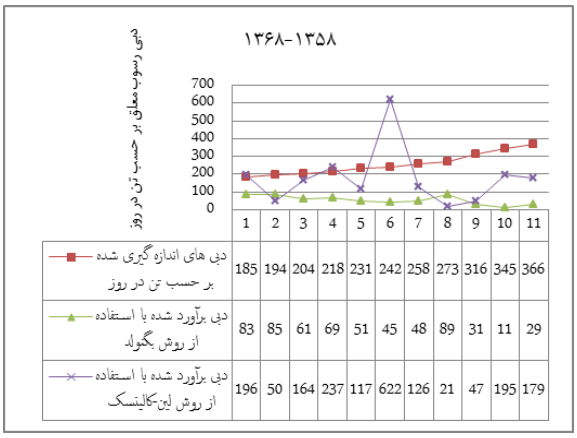
سال	دبی برآورد شده با استفاده از روش لین-کالینسک	دبی برآورد شده با استفاده از روش بگنولد	دبی های اندازه گیری شده بر حسب تن در روز
1381	15	72	778
1382	291	80	839
1383	113	54	918
1384	424	69	470
1385	494	58	1,075
1386	23	56	1,130

در این جدول همان طور که مشخص است داده‌های اندازه‌گیری شده را برای هر سال در فرمول وارد نموده و به صورت جداگانه دبی بار رسوب معلق رودخانه را در همان سال برآورد نموده‌ایم. تمام دبی‌های برآورد شده و اندازه‌گیری شده در جدول بر حسب تن در روز می‌باشند. به طورکلی با نگاه کردن به جدول(۱) می‌توان دریافت که دبی‌های برآورد شده توسط روش لین-کالینسک بیشتر از روش بگنولد بوده است و این در حالی است که برآورد هر دو این فرمول‌ها از مقادیر اندازه‌گیری شده کمتر می‌باشد. با به کارگیری فرمول‌ها و مقایسه عملکرد آن‌ها با مقادیر اندازه‌گیری شده می‌توان دقت عملکرد آن‌ها را به این صورت نشان داد.



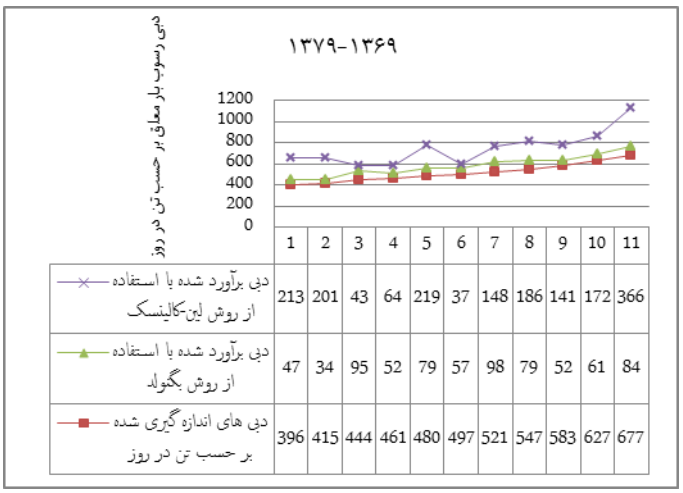
شکل(۲): مقایسه عملکرد دوفرمول با دبی اندازه گیری شده در ده سال اول دوره آماری مورد نظر

در اولین دوره آماری روش لین-کالینسک دارای برآورد بیشتری نسبت به دبی‌ها اندازه‌گیری شده و برآورد شده توسط فرمول بگنولد داشته است. دبی‌های اندازه‌گیری شده و برآورد شده در این دوره آماری بین اعداد نزدیک صفر تا ۲۰۰ تن بر روز بوده‌اند. همچنین می‌توان گفت که در برآورد این فرمول مقدار زیادی نوسان دیده می‌شود. در صورتی که در میزان مقادیر اندازه‌گیری شده و دبی‌های برآورد شده توسط روش بگنولد این نوسان بسیار کوچک می‌باشد. در این شکل هر سه مقادیر دارای روند صعودی می‌باشند.



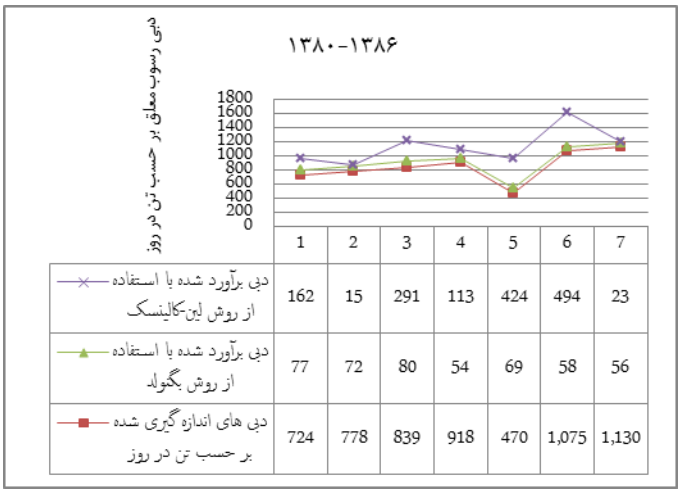
شکل(۳): مقایسه عملکرد دو فرمول با دبی اندازه‌گیری شده در ده سال دوم دوره آماری مورد نظر

در دومین دوره آماری میزان دبی‌های برآورد شده توسط روش لین-کالینسک برای دومین بار در این شکل دارای نوسانات بسیار زیادی می‌باشد. در این شکل در مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده توسط روش بگنولد میزان نوسان بسیار کمی دیده می‌شود. در این شکل همچنین می‌توان دریافت که مقادیر برآورد شده توسط روش بگنولد دارای یک روند نزولی می‌باشند در صورتی که در مقادیر اندازه‌گیری شده این نوع روند به صورت صعودی می‌باشد.



شکل(۴): مقایسه عملکرد دوفرمول با دبی اندازه گیری شده در ده سال سوم دوره آماری مورد نظر

در این شکل می‌توان دریافت که روش بگنولد در سومین دوره آماری همانند سه شکل قبل دارای نوسان بسیار کمی در مقادیر برآوردی خود می‌باشد. در این شکل همچنین کاملا مشخص است که سه نوع مقادیر دارای روند صعودی می‌باشند. در سومین دوره آماری فرمول لین-کالینسک دارای نوسان بسیار کمتری می‌باشد. در این شکل می‌توان دریافت که در سومین دوره آماری مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده بین اعداد ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ قرار دارند.



شکل(۵): مقایسه عملکرد دوفرمول با دبی اندازه گیری شده در ده سال چهارم دوره آماری مورد نظر

در شکل(۵)، همان طور که مشخص است مجددا دبی‌های برآورد شده توسط روش لین-کالینسک دارای مقادیر بیشتری نسبت به دبی‌های برآورد توسط روش بگنولد و اندازه‌گیری شده بوده‌اند. در این شکل در این دو نوع دبی نوسان دیده می‌شود و این درست موضوعی می‌باشد که در اشکال قبلی مشهود نبوده است. نوسان ناشی از داده‌های دبی با استفاده از روش لین-کالینسک دارای نوسان بیشتری بوده‌اند. بعد از مقایسه عملکرد دو فرمول با یکدیگر می‌توان با انجام روش تحلیل مسیر جدول همبستگی را برای داده‌های اندازه‌گیری شده ارائه داد.

جدول(۳): همبستگی بدست آمده برای داده‌های اندازه‌گیری شده

ضرایب هم بستگی پیرسون	پارامترهای ورودی به فرمول
1:00	دبی اندازه گیری شده بر حسب تن در روز
0/186	PL=C/Ca
0/129	Q^1
-۰/۰۵	a^2
-0/129	W^3
۰/۱۲۳	V^4
0/133	D^5

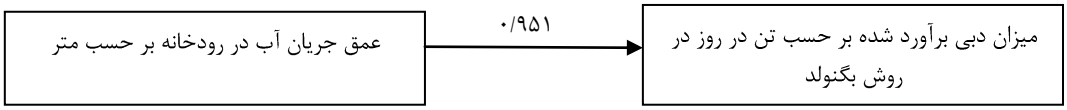
۱-دبی آب بر حسب متر مکعب برثانیه، ۲- عمق مربوط به لایه بار بستر، ۳-عرض رودخانه، ۴-سرعت متوسط آب در رودخانه، ۵-عمق جریان آب

از بین متغیرهای موجود در جدول مشاهده می‌شود که پارامترهای عرض رودخانه، عمق لایه بار بستر دارای همبستگی بسیار ضعیفی با دبی برآورد شده می‌باشند. به همین علت در این مرحله این پارامترها حذف می‌شوند و متغیری که دارای بیشترین ضریب Beta در جداول موجود در خروجی نرم‌افزار با دبی برآورد شده می‌باشد را به عنوان متغیر وابسته در مرحله بعد در نظر می‌گیریم.

جدول(۴): ضرایب برای داده های اندازه گیری شده در رودخانه ارمند

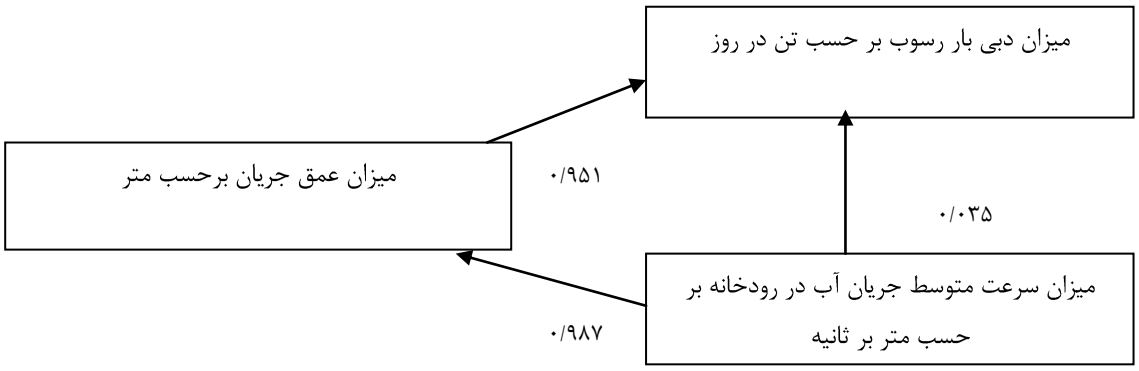
مدل	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	ضریب t	میزان معنی داری	ضرایب		
	B	میزان خطای استاندارد	ضریب بتا			Zero-order	Partial	Part
ثابت	5.583	76.356		.073	.942			
PL	.010	.009	.199	1.160	.254	.186	.190	.188
V	-49.594	62.511	1.035	-.793	.433	-.133	-.131	-.128
D	51.945	71.823	.951	.723	.474	-.123	.120	.117

در جدول(۴) ضرایب را برای داده‌های اندازه‌گیری شده نشان داده‌ایم. با توجه به این جدول، پارامتر عمق جریان دارای بالاترین ضریب بتا بوده و به همین علت در مرحله بعد به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود.



نگاره(۱): الگوی علی رابطه میزان داده‌های اندازه گیری شده در رودخانه ارمند

مجددا فرمان‌های اجرا شده تا این مرحله را اجرا می‌نمائیم. در این مرحله نیز با بدست آوردن جداول زیر پارامتر دیگری را به عنوان متغیر وابسته تعریف می‌نمائیم و در نهایت دیاگرام زیر حاصل می‌شود:



نگاره(۲): الگوی علی رابطه میزان داده های اندازه گیری شده در رودخانه ارمند

نتیجه‌گیری

با بررسی صورت گرفته بر روی دو فرمول ذکر شده (لین-کالینسک و بگنولد) مشخص شد که فرمول بگنولد دارای نزدیکی بیشتری در برآوردش برای دبی بار رسوب معلق می‌باشد، در صورتی که فرمول لین-کالینسک دارای برآورد بیشتری در هر چهار دوره می‌باشد. از طرفی میزان نوسان در برآوردها حاصل از فرمول لین-کالینسک بیشتر از فرمول دیگری می‌باشد. فرمول‌های برآورد رسوب معلق در طول تاریخ مورد بررسی‌های بسیار زیادی صورت گرفته‌اند از جمله می‌توان به تحقیق انجام شده توسط جین در سال ۲۰۰۱ اشاره نمود. در این تحقیق برخلاف آنچه که در این جا مشخص شد دبی جریان آب دارای تاثیر مثبتی بر روی دقت برآورد دبی رسوب داشته است. ZHOU و هم کاران در سال ۲۰۰۳ در مقاله خود نشان دادند که مدل‌های ریاضی دارای برآورد خوبی برای انتقال رسوب می‌باشند و این در حالی است که در این تحقیق

مشخص شد که مدل تجربی‌ای مانند بگنولد دارای برآورد نزدیکی به دبی‌های اندازه‌گیری شده می‌باشد. در صورتی که در مقاله‌ای که توسط تد یانگ و همکاران در سال ۲۰۰۹ انجام شده است نتیجه بدست آمده در این تحقیق را تائید می‌نماید. قمشی و ترابی پوده در سال ۱۳۸۱، در مقاله‌ای که انجام داده‌اند روش بگنولد را برای برآورد دبی رسوب معلق مناسب نمی‌دانند. در سال ۲۰۰۰، مولیانز و باوشنگ در مقاله خود اظهار داشته‌اند که فرمول‌هایی که براساس توان آبراهه می‌باشند به دلیل اینکه شیب انرژی را ندارند دارای برآورد با دقتی بالاتر می‌باشند. این مطلب نتیجه این تحقیق را نیز تائید می‌کند. از طرفی در روش تحلیل مسیر که یکی از روش‌های تحلیل داده‌های آماری می‌باشد، استفاده شده در این مقاله پی به این مطلب برده شد که پارامترهایی مانند عمق و سرعت به چه اندازه می‌توانند با دبی اندازه‌گیری شده ارتباط داشته باشند. در نگاره یک مشخص است که با تغییر دادن میزان سرعت متوسط آب چقدر می‌توان بر روی دبی اندازه‌گیری شده در رودخانه تاثیر گذاشت در صورتی که باید به این نکته اشاره نمود که با تغییر این پارامتر می‌توان تاثیر بسزایی بر روی پارامتر عمق داشت. به عبارتی دیگر تاثیر این پارامتر بر روی میزان عمق بیشتر از پارامتر دبی رسوب می‌باشد. درنتیجه می‌توان این طور مشخص نمود که در رودخانه ارمند با توجه به تغییر سرعت می‌توان بر روی عمق و با توجه به تغییر عمق می‌توان تاثیر بسزایی بر روی پارامتر دبی رسوب معلق داشت. از طرفی با حذف رسوب معلق در رودخانه پارامترهایی مانند عمق متوسط جریان است که می‌تواند بر روی سرعت و سایر پارامترها تاثیرگزار باشد.

منابع

۱-قمشی، م. و ح. ترابی پوده. ۱۳۸۱. ارزیابی کاربرد معادله‌های برآورد بار رسوبی در رودخانه‌های خوزستان. علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۶(۱).

2-Allan, R.J. 1986. The role of particular matter in the fate of contaminants in aquatic ecosystems. Scientific Series No 142, Inland Waters Directorate, National Water Research Institute, Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario, Canada.

3-BAOSHENG, W.U. 2001. Transport of sediment in large sand-bed rivers ALBERT MOLINAS, JOURNAL OF HYDRAULIC RESEARCH, VOL. 39, 2001, NO. 2.

4-Chang-Tai, T., T. Chih-Heng, W. Chun-Hung, B. Jinn-Jong and C. Ching-Nuo. 2010. Paddy Calculation of bed load based on the measured data of suspended load. Water Environ (2010) 8:371–384.

5- Chih Ted YANG, R. MARSOOLI and M. Taghi AALAMI. 2009. Evaluation of total load sediment transport formulas using ANN.International Journal of Sediment Research 24(2009) 286-274.

6-Dietrich, W.E. and T. Dunne. 1978. Sediment budget for a small catchment in mountainous terrain. ZGeomorphol; (Suppl. Bd 29):191– 206.

7-Eder, A. , P. Strauss a , T. Krueger b,1and J.N. Quinton b. 2010. a Comparative calculation of suspended sediment loads with respect to hysteresis effects (in the Petzenkirchen catchment, Austria. Journal of Hydrology 389(2010) 168-176.

8-Jianjun ZHOU, Binliang LIN and Bingnan LIN. 2003. RATIONAL BASIS FOR SUSPENDED SEDIMENT MODELING, International Journal of Sediment Research, Vol. 18, No. 3, 2003, pp. 177-195.

9-Sanjeev K., Jha, Fabián and A. Bombardelli. 2011, Theoretical/numerical model for the transport of non-uniform suspended sediment in open channels, Advances in Water Resources 34(2011) 577-591.

10-Shear, H., Watson AEP. 1977. The Fluvial Transport of Sediment- Associated Nutrients and Contaminants. Windsor, Ontario7 International Joint Commission.

11-Trimble, S.W. A sediment budget for Coon Creek basin in the Driftless area, Wisconsin, 1853–1977. Am J Sci 1983; 283:454– 74.

12-UNESCO. 1983. Study of the relationship between sediment transport and water quality. UNESCO Technical papers in Hydrology, vol. 26. Paris7 UNESCO.
13-Warren, N., I.J. Allan, J.E. Carter, W.A. House and A. Parker. 2003. Pesticides and other micro-organic contaminants in freshwater sedimentary environments—a review. Appl Geochem 2003;18:159– 94.
14-Walling, D.E., A.L. Collins, H.M. Sichingabula and G.J.L. Leeks. 2001. Integrated assessment of catchment sediment budgets. Land Degrad Dev 2001a; 12:387– 415.
15-Walling, D.E., M.A. Russell, R.A. Hodgkinson and Y. Zhang. 2004. Establishing sediment budgets for two small lowland agricultural catchments in the UK. Catena 2002; 47:23–353.

Comparison of two estimation formulae with the measured values and implication of path analyzing method in Armand River

N. Sedaei[1], K.Solaimani[2]

Abstract
Suspended sediment caused so many problems in recent years. Because of this matter two common formulae used for calculation of suspended sediment discharge were investigated in Armand River. The best formula was then chosen through this study. These equations are Lane-Kalinske and Bagnold. Data used in this paper has been accumulated from 30 year measurement in the area. After application of both equations it was found that Bagnold has better estimation in comparison to Lane-Kalinske and also Lane-Kalinske has more fluctuations in its computation. On the other hand all the input data and also the measured suspended sediment discharges were entered to Spss-16 environment. In this way all the measured data were investigated under path analysis method to show that which one has the most important role in the amount of measured suspended sediment discharge. This method is one of statistical analyzing methods which are done most likely by application of multiple variable regressions. At last applying path analyzing method in Armand River on both considered formulae, it was proved that velocity and depth have significant impression on measured suspended sediment discharge.

Keywords: Bagnold, Lane-Kalinske, suspended sediment, Spss-16 software, Armand River, path analyzing method.

1. Ph.D. student in Watershed Management, Sari University of Agric. & Natural Resources, P.o.Box 737, Sari-Iran E-mail: nsdaei@yahoo.com Tel: +989-387683352
2 . Professor, GIS Centre, Sari University of Agric. & Natural Resources, P.o.Box 737, Sari-Iran
E-mail: solaimani2001@yahoo.co.uk Tel: +98-9111521858