دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

آنالیز عدم قطعیت برای برآورد حجم رسوب در مخزن سد (مطالعه موردی: سد امیرکبیر)

ع. دانکو[۱]، ج. سامانی[۲]، م. ض. احمدی[۳] و ع. عمادی[۴]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه نهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- استاد دانشگاه تربیت مدرس
۳- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، نویسنده مسئول: emadia355@yahoo.com

چکیده

پدیده رسوبگذاری در مخازن سدها مهمترین عامل تهدید کننده سرمایه گذاری‌های عظیم در پروژه های آبی می باشد. تجزیه و تحلیل عدم قطعیت برای هر پدیده، منظره‌ای واقعی از پارامترهای آن را نمایان می کند و درک درستی از عوامل تاثیرگذار بر آن پدیده را ایجاد می کند. در این تحقیق با کمک آمار هیدرومتری و رسوب سنجی رودخانه کرج از سال ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۲ و لحاظ نمودن عوامل موثر بر انتقال رسوب، حجم رسوب انباشته شده در مخزن را از مدلی با در نظر گرفتن ذرات غیریکنواخت رسوبات برآورد گردید. سپس با استفاده از روش شبیه سازی مونت کارلو و خصوصیات آماری پارامترهای ورودی مدل برآورد حجم رسوب مخزن، پارامترهای تصادفی ورودی تولید شده و با روش نمونه گیری مربع لاتین تعدادی نمونه برداشت شد. در نهایت با استفاده از خصوصیات آماری، عدم قطعیت هر پارامتر معرفی گردید. نتایج حاصل از عدم قطعیت حجم رسوب سالانه مخزن به صورت ضریب تغییرات در حدود ۵۶٪ بود. آنالیز حساسیت نشان داد که دبی میانگین سالانه و دبی رسوب مهمترین عوامل موثر در برآورد حجم رسوب مخزن می باشند.

واژه های کلیدی: آنالیز عدم قطعیت، رسوبگذاری، مونت کارلو، نمونه گیری مربع لاتین، سد کرج

مقدمه

پیشقدم محاسبه رسوبات غیریکنواخت، انیشتن (۸) می باشد. بعد از آن اگیازاروف (۷)، آشیدا و میشیو (۲)، پارکر و همکاران (۱۵) و آندریو (۱)، چندین فرمول برای پیش بینی تنش برشی آغاز حرکت رسوبات غیریکنواخت ارائه دادند. میلر (۱۳)، لین و کلزر (۱۲) و کامورا (۱۱) روابطی را برای محاسبه وزن واحد حجم ظاهری رسوبات با در نظر گرفتن زمان ارائه دادند. چرچیل (۶)، براون (۴) بر مبنای داده های جمع آوری شده از تعداد ۴۴ مخزن در سال ۱۹۵۳ و برون (۳) برای تخمین راندمان تله اندازی روابطی را ارائه دادند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

موریس (۱۴) یک سری از مدلهای تجربی و ریاضی برای تخمین مقدار بار رسوب سالانه مخزن، بار تجمعی رسوب مخزن، حجم تجمعی رسوبگذاری مخازن ارایه داد. سالاس (۱۸) با استفاده از مدلهای تجربی حجم رسوبات مخزن و اثر رسوبات تجمعی مخزن بر داده های مخزن که نی[1] روی رودخانه وایت[2] در کلورادو[3]، آنالیز عدم قطعیت را به روش شبیه سازی مونت کارلو با نمونه گیری LHS[4] و آنالیز حساسیت انجام داد. نتایج نشان داد که دبی آب و دبی رسوب سالانه مهمترین عوامل در تعیین حجم رسوبات مخزن می باشد.

چریستوس و یانگ (۵) در مقاله‌ای ثابت کردند که روش شبیه سازی مونت کارلو در زمینه خروجی سیستم های مدیریتی پیچیده سازگاری خوبی با روشهای تخمین عدم قطعیت معمول برای سیستم های خطی و سیستم هایی که عدم قطعیت کوچکی دارند، دارا می باشد.

ریوزو و همکاران (۱۷) برای محاسبه عدم قطعیت در مدلسازی کیفیت آب، روش مونت کارلو را که با شبکه عصبی حل شده، پیشنهاد کرده است. گرامی و همکاران (۱۰) مطالعاتی را روی موضوعات رسوبات کل، آب موجود در منافذ رسوبات، و سطوح تماس رسوبات و آب انجام داد و برای یافتن عدم قطعیت در هر مورد پیشنهاداتی را ارائه دادند. اسمیث (۲۱) آنالیز عدم قطعیت را توسط روش شبیه سازی مونت کارلو با نمونه گیری LHS روی رابطه خطی بین کلروفیل و فسفر انجام داد و نتایج آنالیز عدم قطعیت و آنالیز حساسیت رابطه مورد بحث را اعلام کرد.

گنجی و همکاران عدم قطعیت محاسبه حجم رسوب ورودی به مخزن سد اکباتان را با روش‌های مونت کارلو و آهار انجام دادند. بر اساس نتایج بدست آمده دبی رسوب و دبی جریان بیشترین تاثیر و راندمان تله اندازی کمترین تاثیر را در برآورد حجم رسوب ورودی دارند (۹). شلارت و همکاران عدم قطعیت رسوبگذاری در مجاری فاضلاب را با استفاده از روش مونت کارلو مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد اندازه ذرات رسوبی و ظرفیت انتقال رسوب مجرا بیشترین تاثیر را در پیش‌بینی عمق رسوبگذاری دارد (۱۹). روارک و همکاران آنالیز عدم قطعیت مدل‌های پیش‌بینی انتقال رسوب را با استفاده از روشهای احتمالی همراه با وزن دهی به پارامترها و داده‌های آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند پارامترهای موثر در پیش‌بینی فرسایش و رسوبگذاری با یکدیگر متفاوت می‌باشد (۱۶).

اهداف تحقیق به ترتیب زیر می باشد:

۱- ارائه مدل مناسب جهت برآورد بار کل رسوب در رودخانه ها.

۲- برآورد حجم رسوب مخازن.

۳- تعیین عدم قطعیت (ضریب تغییرات) تک تک پارامترهای ورودی.

۴- محاسبه مقدار تاثیر پارامترهای ورودی در میزان عدم قطعیت حجم ورودی به مخزن.

۵- تعیین عدم قطعیت حجم ورودی به داخل مخزن.

1- Kenny 2- White 3- Colorado 4- Latin Hyper cubic Sampling

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

مواد و روشها

در این تحقیق به منظور آزمون همگنی داده‌ها از روش اسمیرنف- کلموگروف[1] استفاده شده است. این آزمون براساس مقایسه عملکرد توزیع تجربی در دو قسمت از یک نمونه تقسیم شده پایه گذاری شده است.

مدل نرخ انتقال بار کل رسوب

با معرفی ضریب تصحیح آشکار شدگی و مخفی شدگی و با اصلاح معیار آغاز حرکت شیلدز (۲۰) که در سال ۱۹۳۶ پیشنهاد داده است، فرمولی برای تخمین تنش بحرانی کف برای آغاز حرکت ذرات غیریکنواخت توسط وو (۲۲) تعیین شد.

$$\frac{\tau_{ci}}{(\gamma_s - \gamma)\ d_i} = \theta_c \left(\frac{P_{ei}}{P_{hi}}\right)^m \qquad (۱)$$

که τ_{ci}: تنش برشی برای ذره به قطر d_i در رسوبات غیریکنواخت، θ_c: تنش برشی بدون بعد در حالت رسوبات یکنواخت یا برای سایز متوسط ذرات کف می، m= -۰/۶ به وسیله داده های صحرایی و آزمایشگاهی مشخص شد. P_{hi} احتمال مخفی شدن ذرات و P_{ei} احتمال آشکار شدن ذرات.

تعیین فرمول بار معلق

برای تعیین فرمول بار معلق با رابطه ϕ_{si} محاسبه می شود:

$$\phi_{si} = \frac{q_{si}}{\left[P_{bi}\sqrt{(\frac{\gamma_s}{\gamma}-1)gd_i^3}\right]} \qquad (۲)$$

که در این رابطه γ_s وزن مخصوص ذرات رسوب و q_{si} نرخ انتقال بار معلق برای i امین قسمت از دانه بندی و در واحد عرض می باشند. ϕ_{si} از رابطه $\left[\left(\frac{\tau}{\tau_{ci}}-1\right)\frac{u}{\omega_i}\right]$ نیز تعیین می شود. با رگرسیون بین دو رابطه موجود برای ϕ_{si}، می توان فرمولی را برای تعیین فرمول بار معلق بدست آورد.

(۳)

$$\left[\left(\frac{\tau}{\tau_{ci}}-1\right)\frac{u}{\omega_i}\right] = 3858.7\left(\frac{q_{si}}{p_{bi}\sqrt{(\frac{\gamma_s}{\gamma}-1)gd_i^3}}\right)^{0.2811}$$

تعیین فرمول بار بستر

برای تعیین فرمول بار بستر از رابطه (۴) محاسبه می شود:

$$\phi_{bi} = \frac{q_{bi}}{p_{bi}\sqrt{(\frac{\gamma_s}{\gamma}-1)gd_i^3}} \qquad (۴)$$

که در رابطه فوق q_{bi}: نرخ انتقال i امین قسمت بار کف در واحد عرض است. از طرفی ϕ_{bi}: از معادله زیر نیز تعیین می گردد:

$$\phi_{bi}\alpha\left[(\frac{n'}{n})^{1.5}\frac{\tau}{\tau_c}-1\right] = y \qquad (۵)$$

با رگرسیون بین روابط (۴) و (۵) می توان رابطه برآورد بار بستر زیر را تعیین کرد:

(۶)

$$\left[(\frac{n'}{n})^{1.5}\frac{\tau}{\tau_c}-1\right] = 22.837\left(\frac{q_{bi}}{p_{bi}\sqrt{(\frac{\gamma_s}{\gamma}-1)gd_i^3}}\right)^{0.1794}$$

بعد از تعیین فرمول های بار معلق و بار بستر، با توجه به داده های صحرای ایستگاه سیرای رودخانه کرج مقدار بار کل رسوب ورودی به مخزن سد کرج تعیین می شود. به منظور تعیین مقدار رسوب ته نشین شده در

1- Smirnov-Kolmogrov

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

مخزن سد کرج با استفاده از منحنی براون، درصد تله اندازی هر سال مشخص می شود. برای بدست آوردن راندمان تله اندازی از رابطه ذیل استفاده می کنیم:

(۷)

$$E_t = a_3 + b_3 \left\{ \log_{10} \left(\frac{C_{t-1}}{IW_t} \right) \right\}^2$$

که در این رابطه a_3 و b_3 ضرایب رگرسیونی، C_{t-1} ظرفیت مفید مخزن در شروع سال t (مترمکعب بر ثانیه)، $IW_t = 31.536 \times 10^6 \times QW_t$ در سال t (متر مکعب بر ثانیه) و QW_t دبی میانگین سالانه می باشد. برای بدست آوردن a_3 و b_3 از منحنی براون استفاده می شود. به منظور محاسبه جرم حجمی رسوبات ته نشین شده در مخزن، از فرمول ذیل استفاده می کنیم.

(۸)

$$W_t = W_1 + 0.4343K\left[\left(\frac{t}{t-1}\right)\ln t - t\right], t > 1$$
$$W_1 = 0.01[W_1(c)P(c) + W_1(m)P(m) + W_1(s)P(s)]$$
$$K = 0.01[K(c)P(c) + K(m)P(m) + K(s)P(s)]$$

در این روابط $W_1(c), W_1(m), W_1(s)$: به ترتیب وزن مخصوص اولیه ذرات ماسه، سیلت و رس می باشد. $P(c), P(m), P(s)$: به ترتیب درصد ذرات ماسه، سیلت و رس می باشند. t تعداد سال می باشد. $K(c), K(m), K(s)$ به ترتیب ضرایب تحکیم ماسه، سیلت و رس می باشند. برای تعیین وزن مخصوص اولیه ذرات و ضرایب تحکیم با توجه به عملکرد مخازن، می توان از جدول (۱) استفاده نمود.

جدول ۱- وزن مخصوص اولیه و ضرایب تحکیم براساس نوع رسوبات و نوع عملکرد مخزن (۱۸)

نوع عملکرد مخزن	ماسه		سیلت		رس	
	$K(s)$	$W_1(s)$ (kg/m^3)	$K(m)$	$W_1(m)$ (kg/m^3)	$K(c)$	$W_1(c)$ (kg/m^3)
رسوبات همیشه مستغرق یا نزدیک مستغرق	۰	۱۵۰۰	۹۱	۱۱۲۰	۲۵۶	۴۱۶
افت مخزن از متوسط تا مقدار قابل توجه	۰	۱۵۵۰	۲۹	۱۱۴۰	۱۳۵	۵۶۱
مخزن خالی نرمال	۰	۱۵۵۰	۰	۱۱۵۰	۰	۶۴۱
رسوبات بستر رودخانه ای	۰	۱۵۵۰	۰	۱۱۷۰	۰	۹۶۱

آنالیز عدم قطعیت و آنالیز حساسیت

به منظور انجام آنالیز عدم قطعیت به روش شبیه سازی مونت کارلو با نمونه گیری LHS و آنالیز حساسیت، مراحل زیر را به ترتیب انجام می دهیم.

۱- ابتدا معادلات رگرسیون بین دبی های روزانه و رسوبات معلق، همچنین بین دبی های روزانه و بار کف تعیین می شوند.

(۹)

$$Q_S = a_1' Q_w^{b_1'}$$
$$Q_B = a_2' Q_w^{b_2'}$$

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

۲- بعد از تعیین میانگین و انحراف معیار a_1' و a_2'، با توجه به رابطه $Z=\frac{\chi-\mu}{\sigma}$ و جداول احتمالاتی توزیع نرمال، اعداد مختلف χ برای a_1' و a_2' تولید می شوند.

۳- اعداد تولید شده را دسته بندی کرده و با کمک روش LHS از هر دسته (بازه) تعدادی عدد به صورت تصادفی برداشت می شود.

۴- با استفاده از فرمول توزیع نرمال دو متغیره زیر، ضرایب b_1' و b_2' با استفاده از پارامترهای آماری ضرایب a_1'و a_2' تعیین می شوند.

(۱۰)

$$b_1' = \mu_{b_1'} + \hat{\rho}\sigma_{b_1'}\left(\frac{a_1'-\mu_{a_1'}}{\sigma_{a_1}}\right) + \sigma_{b_1'}(1-\hat{\rho}^2)^{\frac{1}{2}} + \varepsilon_t$$

ε_t: اعداد تصادفی نرمال با میانگین صفر و واریانس یک، $\hat{\rho}$: ضریب همبستگی بین a و b، μ: میانگین، σ: انحراف معیار.

لازم به ذکر است که اعداد تصادفی با میانگین صفر و واریانس یک را می توان با نرم افزارهای آماری نظیر MINITAB و MATLAB تعیین کرد.

۵- با استفاده از مدل AR(1) (Autoregressive) زیر، دبی های روزانه برای چندین سال تولید می شود.

(۱۱)

$$QW_T = \mu + \phi_1\left(QW_{T-1} - \mu\right) + \varepsilon_t$$

QW_T: دبی روزانه $\left(m^3/s\right)$، μ: میانگین دبی های روزانه، ε_t: اعداد تصادفی نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_ε^2، ϕ_1: ضریب اتورگرسیون lag-1.

۶- با استفاده از دبیهای روزانه تولید شده مرحله ۵ و ضرایب جفت a_1' و b_1' تولید شده از مراحل ۳ و ۴ و ضرایب جفت a_2' و b_2' تولید شده از مراحل ۳ و ۴ بار معلق و بار بستر روزانه برای چندین سال تولید می شود.

۷- بار معلق و بار بستر روزانه را جمع کرده و بر تعداد روزهای سال تقسیم می شود تا مقادیر متوسط دبی سالانه و رسوبات بار معلق و بار بستر سالانه بدست می آید. سپس با رگرسیون بین دبیهای سالانه و رسوب معلق و رسوب بستر می توان ضرایب a_1, b_1, a_2, b_2 را توسط فرمول (۹) تعیین کرد.

۸- با استفاده از مجموع بار معلق و بار بستر سالانه تولید شده، دبی میانگین سالانه تولید شده، منحنی برون و فرمول (۷)، می توان ضرایب a_3 و b_3 را تولید کرد.

۹- با کمک درصد تله اندازی و کل رسوب ورودی، مقدار وزن رسوب داخل مخزن را برای هر سال محاسبه می کنیم.

۱۰- در این مرحله با استفاده از جدول (۱) و فرمول (۸)، جرم مخصوص رسوبات مخزن با توجه به عملکرد مخزن تعیین می شود.

۱۱- با استفاده از جرم مخصوص حاصله از مرحله قبل و وزن رسوب ورودی به مخزن، حجم رسوبات ورودی به مخزن بدست می آید.

۱۲- در نهایت با محاسبه میانگین، واریانس و انحراف معیار، عدم قطعیت حجم

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

رسوب ورودی و حجم رسوب تجمعی ورودی را برحسب ضریب تغییرات معرفی می کنیم.

۱۳- تاثیر ورودیهای تصادفی روی خروجی را می توان توسط بزرگی ضریب همبستگی ساده (SCC)[1] و مرتبه ضریب همبستگی (RCC)[2] بین j امین ورودی تصادفی $x_1^{(j)},....x_n^{(j)}$ و بطور متناظر با خروجی $y_1,...y_n$ تعیین می شود. ضریب $(x^{(j)}, y)$ SCC ورودی تصادفی $x_i^j(i=1,..n)$ و خروجی $y_i(i=1,...n)$ را می توان توسط فرمول زیر محاسبه کرد.

(۱۲)

$$scc(x^{(j)},y)=\frac{\sum_{i=0}^{n}(x_i^{(j)}-\hat{\mu}_x^{(j)})(y_i-\hat{\mu}_y)}{\left[\sum_{i=0}^{n}(x_i^{(j)}-\hat{\mu}_x^{(j)})^2\sum_{i=0}^{n}(y_i-\hat{\mu}_y)^2\right]^{0.5}}$$

$\hat{\mu}_x^{(j)}$ = میانگین ساده ورودی تصادفی $x^{(j)}$، $\hat{\mu}_y^{(j)}$ = میانگین ساده خروجی Y= n اندازه نمونه.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمون همگنی داده ها با استفاده از روش اسمیرنف- کلموگراف در ایستگاه هیدرومتری سیرا نشان می دهد که داده های دبی جریان در ایستگاه هیدرومتری سیرا با سطح معنی دار ۹۱/۲٪ همگن است.

عمق یابی حجم مخزن سد کرج نشان دهنده این است که در آغاز بهره برداری در سال ۱۳۴۰، حجم اولیه مخزن در رقوم ۱۷۶۵ متر برابر ۲۰۵ میلیون متر مکعب، و در سال ۱۳۷۰ حجم مخزن در رقوم ۱۷۶۵ متر برابر با ۱۹۰ میلیون مترمکعب است. اما تخمین حجم مخزن با استفاده از فرمول های (۳)، (۶)، (۸) و (۱۱) برای سال ۱۳۷۰ حدود ۱۹۴ میلیون مترمکعب برآورد شده است. منحنی سطح حجم سد مذکور رسوب سالانه را حدود ۵۰۰ هزار مترمکعب نشان می دهد. اما طبق فرمول های ذکر شده در بالا، حجم رسوب ورودی به مخزن بطور میانگین سالانه حدود ۳۶۶ هزار متر مکعب برآورد شده است.

بعد از برآورد مقدار رسوب ته نشین شده در مخزن و تعیین حجم مفید مخزن، مراحل ۱۳ گانه را به منظور آنالیز عدم قطعیت به روش مونت کارلو با نمونه گیری LHS و آنالیز حساسیت را انجام می دهیم.

خلاصه نتایج حاصل از تولید پارامترهای ورودی و انتخاب توزیع در جدول ۲ نشان داده شده است.

آنالیز عدم قطعیت

با کمک مراحل ۱۳ گانه که قبلاً شرح داده شد، عدم قطعیت حجم رسوب سالانه داخل مخزن و عدم قطعیت وزن رسوب سالانه تجمعی داخل مخزن به صورت ضریب تغییرات در جدول ۳ نشان داده شده است.

1- Simple Correlation Coefficient

2- Rank Correlation Coefficient

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

جدول ۲- خلاصه اطلاعات حاصل از تولید پارامترهای ورودی

توزیع	انحراف معیار	میانگین	حد بالا	حد پایین	ورودی
نرمال	1E-07/9	4E-06/1	-	-	a_1
بیواریته نرمال	8E-01/2	8E+00/1	-	-	b_1
نرمال	5E-09/1	9E-09/1	-	-	a_2
بیواریته نرمال	7E-01/4	1E+00/3	-	-	b_2
نرمال	2E-01/1	8E+01/9	-	-	a_3
بیواریته نرمال	2E-01/6	6E+01/-1	-	-	b_3
یکنواخت	۲/۹	۱۰	۱۵	۵	$p(c)$
یکنواخت	۵/۸	۲۰	۳۰	۱۰	$p(m)$
یکنواخت	۱۱/۵	۷۰	۹۰	۵۰	$p(s)$
نرمال	3/6E+00	1/2E+01	-	-	QW

جدول ۳- عدم قطعیت رسوبات جمع شده داخل مخزن

مدل	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
حجم رسوب سالانه (RSV)	۰/۲۴	۰/۱۳	۵۶/۷۹
وزن تجمعی رسوب سالانه (ARSL)	۰/۳۲	۰/۱۸	۵۶/۰۱

آنالیز حساسیت

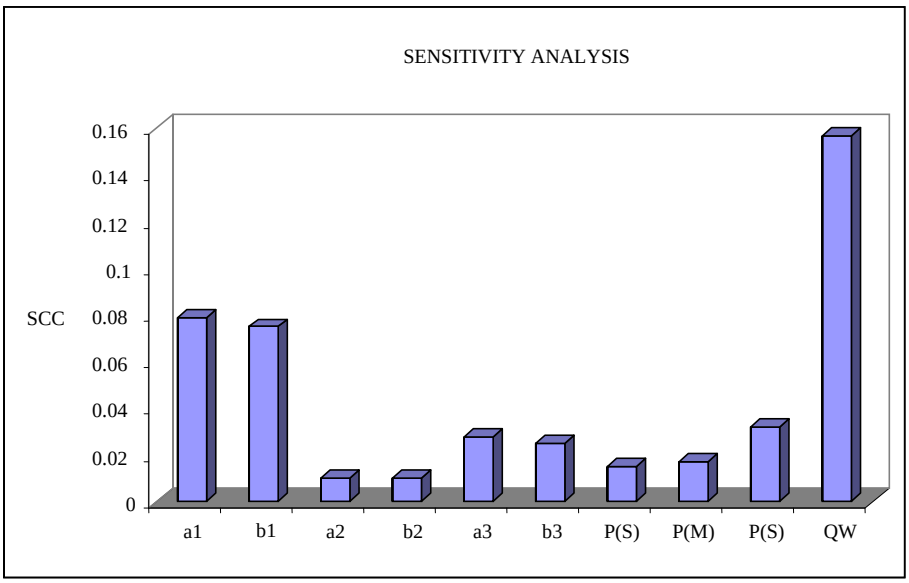
با محاسبه انحراف معیار هریک از پارامترهای تصادفی ورودی که در جدول (۲) نشان داده شده است و همچنین کواریانس هریک از پارامترهای تصادفی ورودی و حجم رسوب سالانه و فرمول (۱۲) حساسیت هر یک از پارامترها محاسبه می شود. در جدول (۴) خصوصیات آماری مربوط به پارامترهای تصادفی ورودی برای آنالیز حساسیت نشان داده شده است با ارائه نمودارها و جداول در بخشهای قبلی، نتایج زیر حاصل می شود.

جدول ۴- آنالیز حساسیت پارامترهای ورودی

ضریب SCC	کواریانس	انحراف معیار	ورودی
۰/۰۷۹	۹/۶ E-09	9/1E-07	a_1
۰/۰۷۵	۲/۹ E-03	2/8E-01	b_1
۰/۰۱	۲/۰E-12	1/5E-09	a_2
۰/۰۱	۶/۴ E-04	4/7E-01	b_2
۰/۰۲۸	۴/۴ E-04	1/2E-01	a_3
۰/۰۲۵	۲/۱ E-03	6/2E-01	b_3
۰/۰۱۵	۵/۸ E-03	۲/۹	$p(c)$
۰/۰۱۷	۰/۰۱	۵/۸	$p(m)$
۰/۰۳۲	۰/۰۵	۱۱/۵	$p(s)$
۰/۱۵۷	۰/۰۷۶	۳/۶ E+00	QW

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

۱- در حالت کلی، با توجه به شکل ۱ دبی میانگین سالانه و دبی سالانه رسوب ورودی مهمترین فاکتورهای تعیین عدم قطعیت در برآورد حجم رسوبات مخزن می باشد.



شکل۱- آنالیز حساسیت پارامترهای ورودی.

۲- با توجه به شکل ۱، بعداز دبی میانگین سالانه QW، ضرایب رگرسیونی مدلهای برآورد رسوب سالانه a_1, b_1، مهمترین نقش را در تعیین عدم قطعیت کلی برآورد حجم رسوب سالانه مخزن دارند.

۳- با توجه به جدول ۳، میزان عدم قطعیت حجم رسوب سالانه مخزن سد امیرکبیر، که بصورت ضریب تغییرات نشان داده می شود، در حدود ۵۶٪ می باشد. همچنین میزان عدم قطعیت رسوب تجمعی سالانه مخزن سد امیرکبیر، که بصورت ضریب تغییرات نشان داده می شود، در حدود ۵۶٪ می باشد. این مقادیر نشان دهنده انعطاف پذیری بالای ورودیهای مدل ارائه شده می باشد و احتمال خطا و اشتباه در ورودی مدل ذکر شده را زیاد نشان می دهد. لذا باید سعی نمود با تهیه مدلهای مناسب تر، مقدار عدم قطعیت را کاهش داد.

۴- با توجه به شکل ۱، پارامترهای مدل برآورد بار بستر سالانه (a_2, b_2) و درصدهای مربوط به نوع ذرات رس P(C)، سیلت P(M) و ماسه P(S)، کمترین نقش را در عدم قطعیت کلی برآورد حجم رسوب سالانه مخزن دارند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

۵- با توجه به منحنی سطح، حجم سد کرج، رسوب سالانه در حدود ۵۰۰ هزار مترمکعب را نشان می دهد. ولی رسوب سالانه که از طریق مدل ارائه شده در این تحقیق محاسبه شده در حدود ۳۶۶ هزار مترمکعب می باشد. اختلاف بین دو مقدار رسوب اندازه گیری شده و محاسبه شده در حدود ۲۷ درصد می باشد. عدم قطعیت حجم رسوب سالانه داخل مخزن ۵۶ درصد می باشد. از مطالب ارائه شده نتایج زیر حاصل می شود:

۵-۱- از اختلاف بین دو مقدار ۲۷ و ۵۶ درصد می توان نتیجه گرفت که در برآورد حجم رسوب سالانه مخازن می بایست سعی کرد، از روشهای هیدرولوژی به نحوی استفاده شود که دو شرط در آن محقق شود یکی اینکه، مدل مربوطه مراحل فیزیکی را خوب شبیه سازی کند و دوم اینکه ورودیهای احتمالاتی آن نزدیکتر به شرایط واقعی باشد. شرط اول باعث می شود که پیش بینی مدل نسبت به واقعیت نزدیکتر شود و شرط دوم نیز باعث کاهش عدم قطعیت در نتایج مدل هیدرولوژیکی استفاده شده، خواهد بود.

در مجموع می توان گفت با توجه به آنالیز حساسیت و اینکه دبی آب و دبی رسوب مهمترین پارامترهای ورودی مدل از دیدگاه عدم قطعیت می باشند، لذا دقت در انتخاب رابطه دبی آب و دبی رسوب هر اندازه ای که بیشتر باشد و به شرایط واقعی نزدیکتر باشد، نتایج نیز به واقعیت نزدیکتر می باشد و عدم قطعیت را دقیق تر نشان می دهد.

منابع

1. Andrews, E.D. 1983. Entrainment of gravel from naturally sorted riverbed material. Geological Society of America Bulletin, 94: 1225-1231.
2. Ashida, K. and M. Michiue. 1971. An investigation of river bed degradation downstream of a dam, Proc. 14th Congress of the IAHR, Vol. 44, No. 2, 124 pp.
3. Brown, C.B. 1958. Sediment transportation in Engineering hydraulics, H.E. Rouse, ed., Wiley, New York. 67 pp.
4. Brune, G.M. 1953. Trape efficiency of Reserviors. Trans. AGU, 34(3): 407-418.
5. Christos E.P. and H. Yeung. 2001. Uncertainty estimation and Monte Carlo simulation method. Flow Measurement and Instrumentation 12: 291-298.
6. Churchill, M.A. 1948. Discussion of Analysis and use of reservoir sedimentation data. by L.C. Gottschalk. Proc., Fed. Interagency Sedimentation Conf., 139-140.
7. Egiazaroff, I.V. 1965. Calculation of nonuniform sediment concentration, Journal of Hydraulic Division., Proc. ASCE, 91, HY4, 225-247.
8. Einstein, H.A. 1950. The bed load function for sediment transportation in open channel flows, Tech. Bulletin, No. 1026, 284 pp.
9. Ganji Noroozi, Z., J.M.V. Samani and S. Morid. 2008. Uncertainty Analysis of Reservoir Sedimentation. Iran-Water Resources Research. 4(1): 90-97.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

10. Graeme Batley, E., G. Allen Burton, M. Peter Chapman and E. Valery Forbes. 2002. Uncertainties in Sediment Quality Weight-of- Evidence (WOE) Assessments. Hum. Ecol. Risk Assess. 8(7): 1517-1547.
11. Komura, S. 1963. Discussion: Erosion of Sediments. Task Committee on Preparation of Sediment Manual, J. of the Hydraulic Div., ASCE, 89(HY1): 1963-3405.
12. Lane, E.W. and V.A. Koelzer. 1958. Density of sediments deposited in reservoirs. A Study of methods used in measurement and analysis of sediment load in streams, Rep. No. 9, Hydraulic lab, Univ. of Iowa. 82 pp.
13. Miller, C.R. 1953. Determination of the unit weight of sediment for use in sediment Volume computations. Bureau of reclamation, Denver. 32 pp.
14. Morris, G.L. and J. Fan. 1998. Reservoir sedimentation handbook, McGraw-Hill, New York. 15-30.
15. Parker, G. 1990. Surface-based bed load transport relation for Gravel Rivers. J. Hydraulic. Res., 28(4): 417-436.
16. Ruark, M., J.D. Niemann, B.P. Greimann and M. Arabi. 2011. Method for assessing impacts of parameter uncertainty in sediment transport modeling applications. Journal of Hydraulic Engineering. 137(6): 623-636.
17. Rui, Z., L. Wu-Seng and G. Huaicheng. 2002. Neural Network Embedded Monte Carlo Approach for Water Quality Modeling under Input Information Uncertainty. Journal of Computing in Civil Engineering, 16(2): 135-142.
18. Salas, J.D. and H. Sukshin. 1999. Uncertainty analysis of reservoir sedimentation. Journal of hydraulic engineering, ASCE, 125(4): 339-350.
19. Schellart, A.N.A., S.J. Tait and R.M. Ashley. 2010. Estimation of uncertainty in long-term sewer sediment predictions using a response database. Journal of Hydraulic Engineering. 136(7): 403- 411.
20. Shields, A. 1936. Anwendung der Aechlichkeitsmechanik und der Turbulenz Forschung auf die Geschiebebewegung, Mitteilungen der Pruessischen Versuchsanstalt fuer Wasserbau and Schiffbau, Berlin.
21. Smith, E. 2002. uncertainty analysis. Encyclopedia of Environmetrics. 4: 2283-2297.
22. Wu, W. and Y. LI. 1992. One- and two-dimensional nesting mathematical model for river flow and sedimentation, The Fifth International symposium on river sedimentation. 7 pp.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

Uncertainty Analysis for Estimation of Sediment Volume in Dam Reservoirs (Case Study: Amir Kabir Dam)

A. Dankoo[1], J. Samani[2], M.Z. Ahmadi[3] and A. Emadi[4]

1- Former M.Sc. Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Professor, University of Tarbiat Moddarress
3- Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
4- Assistant Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University,
(Corresponding author: emadia355@yahoo.com)

Abstract

The phenomenon of sedimentation in dam reservoirs is the most important threatening factor in huge investment of capitals in hydraulic projects. Uncertainty analysis for each phenomenon shows the real view of its parameters and creates real understanding of the effective factors on the phenomenon. In this research, to estimate the volume of sediments in reservoir, using hydrometric and sediment data of Karaj River from 1961 to 2003, factors affecting sediment transportation and a model considering non-uniform sediment sizes. Then by using Monte Carlo simulation method and statistical input parameters, effective factors on sediment volume in reservoir, random input parameters and Latin square sampling method, some samples were obtained. At the end, the uncertainty of each parameter was introduced using statistical characteristics. The Results from uncertainty of annual sediment of reservoirs, expressed as coefficient of variations, was introduced as 56% Sensitivity analysis showed that annual mean flow rate and sediment rate were the most important factors in estimation of reservoir sediment volume.

Keywords: Uncertainty analysis, Sedimentation, Mont Carlo, Latin square Sampling, Karaj Dam

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]