

نحوه بر آورد رسوبگذاری مخازن با استفاده از مدل ریاضی GSTARS2.1 و نرم افزار ILWIS

عباس شاکری داریان

دانشگاه آزاد دماوند، Email:daryan_abbas@yahoo.com

دکتر محمد نجمایی

چکیده

انتقال و انباشت رسوب در سد های مخزنی سبب کاهش حجم و عمر مفید مخازن ذخیره آب میگردد. با توجه به اهمیت آب و کمبود منابع آن و هزینه بالا و زمان بر بودن احداث مخازن، بخصوص کمبود ساختگاه مناسب جهت احداث مخازن جدید، اهمیت بررسی پدیده انباشت رسوب در مخازن، را جهت ارایه راهکاری مناسب، از لحاظ صرف وقت و هزینه در بر آورد، پیش بینی رسوب مخزن و ارایه فرامین مدیریتی در کنترل مخازن را کاملاً مشهود می سازد. از آنجا که در راههای ارایه شده جهت بر آورد رسوب مخازن در زمان بهره برداری غالباً مستلزم انجام عملیاتهای صحرایی و صرف وقت و هزینه فراوان می باشد. لذا در این تحقیق سعی گردید با تلفیق مدل ریاضی *Gstars2.1* و برنامه *ILWIS*، روش مناسبی در بر آورد و پیش بینی رسوب و ایجاد یک بانک اطلاعاتی مناسب در مخازن، ارائه شود. جهت بررسی و تحلیل حساسیت، سد مخزنی میناب مورد استفاده قرار گرفته و نتایج آن نشان می دهد که می توان با این روش به تخمین مناسب رسوب مخازن دست یافت.

کلید واژه ها : حجم رسوب سالیانه، روندیابی رسوب، ، *Gstars2.1* ، *ILWIS*

مقدمه

روش های بر آورد حجم و توزیع رسوبات در مخازن به دو گروه اصلی زیر تقسیم می شوند:

۱. بر آورد حجم رسوبات وارد شده به مخازن سدها از طریق مطالعات میدانی حوضه آبریز
۲. بر آورد حجم و توزیع رسوبات در مخازن سدها از طریق مطالعه بر روی مخزن

در روش اول، با استفاده از روش های هیدرولوژیکی و هیدرومتری، حجم تولید شده رسوب سالیانه (Sediment yield)، که حاصل از فرسایش حوضه آبریز است، بر آورد گردیده و بعنوان حجم رسوبات ورودی به مخزن سد در نظر گرفته می شود. کاربرد این محاسبات، در مرحله طراحی سد، جهت تعیین حجم مرده مخزن و در مرحله بهره برداری جهت پیش بینی الگوی توزیع رسوبات مورد استفاده قرار می گیرد. اما این روش بر آورد رسوب مخزن، مستلزم انجام عملیات میدانی طولانی مدت، صرف هزینه و وقت بسیار و بکار گیری پارامترهای بسیاری است که بر آورد آنها مشکل و گاهی هم غیر ممکن است و سبب ایجاد خطای بسیار در نتایج محاسبات می گردد، لذا استفاده از این روش محدود می باشد.

سازمانهای معتبر ارایه گردیده است. این مدل‌های ریاضی شرایط لازم را جهت شبیه سازی و برآورد رسوب مخازن و آبراهه های مصنوعی و طبیعی را در حد تواناییهای مدل، فراهم می سازند.

مدل‌های ریاضی انتقال رسوب

مدل‌های ریاضی، به دو صورت تحلیلی (Analytical Scheme) و عددی (Numerical Scheme) فرآیند هیدرولیک رسوب را شبیه سازی می کنند.

مدل‌های تحلیلی به دلیل مشکلات موجود در حل معادلات و نیز انجام ساده سازیهای زیاد، دارای محدودیت می‌باشند. اما امروزه به دلیل ورود کامپیوترهای قوی و سریع استفاده از روش‌های عددی به طور چشمگیری مورد استفاده قرار گرفته است.

انتخاب مدل ریاضی و معادله مناسب جهت انجام مطالعات

از جمله گزینشهای مهم که تاثیر بسیاری در نحوه اجرا و صحت محاسبات دارد، انتخاب مدل ریاضی مناسب و متناسب با شرایط طرح می باشد، در این راستا معیارهایی اصلی که در انتخاب مدل ریاضی مد نظر قرار گرفت به شرح زیر می‌باشد:

g قابلیت شبیه‌سازی تغییرات در سطح مقطع عرضی و طولی مخزن.

در این تحقیق، چندین مدل ریاضی که در مطالعات مهندسی رودخانه کشور مورد استفاده قرار گرفته‌اند، مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت با در نظر گرفتن قابلیت‌ها و محدودیت این مدل‌ها، مدل ریاضی Gstars2.1 بعنوان گزینه مناسب انتخاب گردید [۱۳] و [۱۱]. پس از گزینش مدل، معادله مناسب جهت بکارگیری در تحلیل بخش هیدرودینامیک جریان و رسوب انتخاب گردید (معادله یانگ). مدل ریاضی Gstars2.1 با استفاده از معادله انرژی و مومنوم به تحلیل هیدرودینامیک جریان

در روش دوم، مطالعات بر روی مخزن متمرکز و معطوف می‌گردد. این روش خود به دسته‌بندی‌های مختلفی تقسیم می‌شود که از آن میان، روش‌های ریاضی (Mathematical Method) مبتنی بر معادلات حاکم بر تئوری انتقال و ته‌نشینی رسوبات مورد توجه قرار گرفت. چرا که در این روش از خصوصیات هیدرودینامیکی آب و رسوب، جهت برآورد حجم و توزیع رسوبات استفاده می‌نمایند، براین اساس این روش به شرح زیر تقسیم بندی می‌شود: [۴]

g روش‌های ریاضی مبتنی بر نظری جت (Jet Theory)

g روش‌های ریاضی مبتنی بر نظری انتشار رسوب (Diffusion Theory)

g روش‌های ریاضی مبتنی بر معادله انتقال و پخش رسوب (Advection-Diffusion Theory)

روش نظری جت، جهت بررسی ته‌نشینی رسوبات در رودخانه‌های منتهی به دریا و اقیانوس پیشنهاد گردیده است، و در روش نظری انتشار، به دلیل مشکل بودن تخمین پارامتر ضرایب پخشیدگی و عدم در نظر گیری خصوصیات بستر مخزن در فرآیند فرسایش مجدد (Resuspension) و ... لذا دارای محدودیت می‌باشند.

اما با توجه به اینکه در روش‌های ریاضی مبتنی بر معادله انتقال و پخش، با حل معادلات دیفرانسیل حاکم بر انتقال و پخش رسوبات قادر به بیان وضعیت جریان و مجهولاتی چون پروفیل کف، غلظت رسوب، بار معلق و بار کل رسوب می‌باشیم، لذا با مد نظر قرار دادن شرایط اعمالی در روش‌های قبلی، این روش تنها راه مناسب، از لحاظ دقت و صحت محاسبات و صرف هزینه و وقت، جهت انجام پروژه مربوطه، تشخیص داده شد. در این راستا مدل‌های ریاضی متعددی توسط اشخاص و g قابلیت شبیه‌سازی انتقال و ته‌نشینی رسوب در پیچ و خم (Meandering) مسیر جریان.

g قابلیت‌های گرافیکی مدل در بخش ورود و خروج داده‌ها و نتایج.

g انجام محاسبات دقیق با حداقل داده مورد نیاز

g امکان دسترسی آسان و هزینه کم مدل.

g قابلیت برآورد و پیش بینی در شرایط نامتعادل رسوبگذاری

g تأیید قابلیت مدل توسط اشخاص، مراکز تحقیقاتی و سازمان‌های مختلف مرتبط با مطالعات مهندسی رودخانه

معیارهای که جهت انتخاب مخزن مناسب و نحوه بکار گیری مدل در نظر گرفته شده عبارت است از :

G اطلاعات هیدرومتری بالا دست مخزن به صورت لحظه‌ای، روزانه و ماهیانه موجود باشد.

G داده های مربوط به رسوبات ورودی بستر در بازه رودخانه - مخزن قابل دسترس باشد.

G جهت انجام مراحل واسنجی (Calibration) و ارزیابی (Verification) مدل ، اطلاعات نقشه برداری حاصل از هیدروگرافی (عمق سنجی) (Bathymetric) مخزن مهیا باشد.

سد میناب با داشتن سه دوره اطلاعات

هیدروگرافی و هیدرومتری در سالهای ۶۳، ۷۱ و

۷۷ و ویژه گیهای فوق ، جهت انجام این

تحقیق مناسب تشخیص داده شد [۲]، [۵] و

[۶].

همچنین بمنظور معرفی هندسه مخزن ، این امر با معرفی ۳۹ مقطع عرضی شکل ۱- صورت گرفت ، در نهایت با مقایسه نتایج حاصل از کالیبراسیون مدل با مقادیر مشاهداتی ، که شامل مقایسه مقطع طولی سد بدست آمده از مدل و مقادیر مشاهداتی شکل ۲- و برآورد میزان خطایی محاسبات توسط فرمولهای ARE و RRMS جدول ۱- می باشد ، با توجه به رضایت بخش بودن نتایج ، صحت پارامترهای انتخابی جهت انجام مرحله ارزیابی مدل ، تایید گردیده است.

می پردازد و برای تحلیل بخش رسوب جریان ، قادر به استفاده از ۱۲ معادله ، در زمینه برآورد رسوب می باشد . با بررسی معادلات حاکم بر هیدرودینامیک جریان رسوب و شرایط طرح ، از میان معادلات موجود معادله Yang بعنوان معادله مناسب جهت انجام محاسبات انتخاب گردید [۱۴]، [۱۲].

نرم افزار GSTARS 2.1

جدیدترین نوع از مدل عددی (ریاضی) برای شبیه سازی جریان آب و انتقال رسوب بر اساس فرضیه لوله جریان ، در رودخانه های آبرفتی می باشد. که می تواند جهت حل مسائل پیچیده مهندسی رودخانه با توجه به منابع و اطلاعات محدود ، مورد استفاده قرار گیرد . این مدل می تواند تغییرات طولی و عرضی جریان و رسوبگذاری جریان را به صورت رفتار نیمه دو بعدی، که بر اساس فرضیه لوله جریان پایه گذاری شده است ، را محاسبه نماید. [۱۱]

در این تحقیق سعی گردید جهت ارایه روند برآورد رسوب مخازن و پیش بینی آن توسط مدل ریاضی GSTARS2.1 از اطلاعات سد میناب در این زمینه استفاده گردد .

انتخاب مخزن

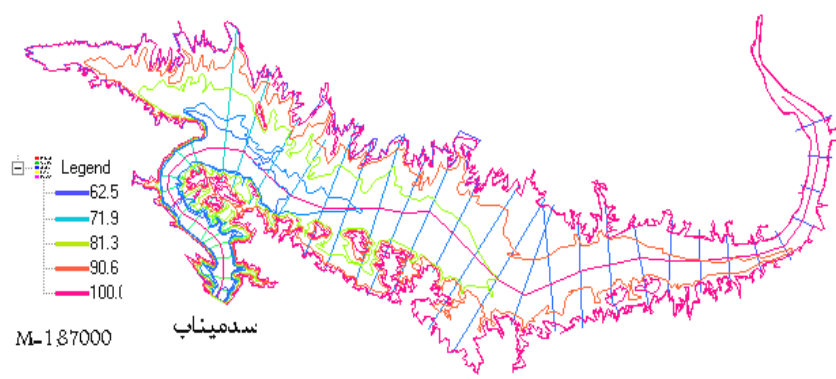
برآورد و پیش بینی رسوب توسط

مدل GSTARS2.1

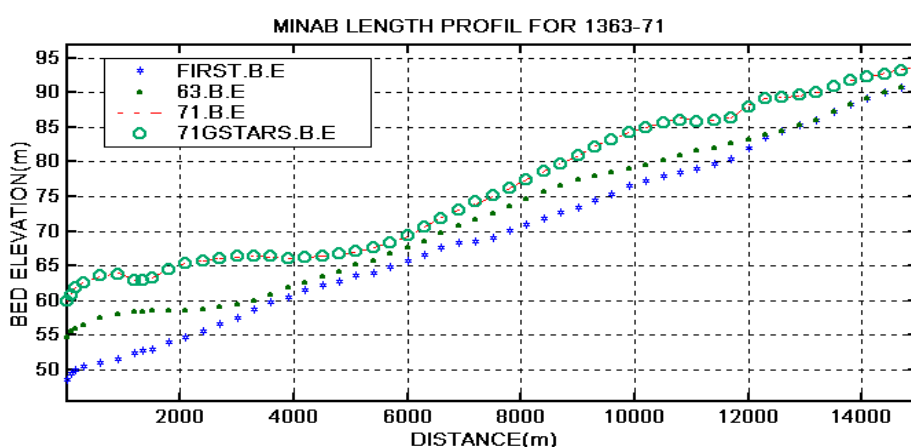
جهت برآورد و پیش بینی رسوب در مخزن سد میناب توسط مدل ریاضی مستلزم مراحل زیر طی گردیده است :

الف- کالیبراسیون مدل : این مرحله بصورت یک

سیر صحیح و خطا ، جهت دستیابی پارامترهای مناسب و صحیح مورد نیاز مدل و تنظیم روند محاسباتی مدل در روند یابی رسوب مخزن میناب ، صورت گرفته است . در این مرحله داده های مورد نیاز مدل (داده های هیدرولیکی و داده های رسوب) از آرشیو سال ۶۳ استخراج و به مدل معرفی گردید. [۱۱]



شکل ۱- نقشه توپوگرافی سد میناب و مقاطع عرضی برداشت شده



شکل ۲- مقایسه بین نتایج کالیبراسیون مدل توسط داده های سال ۶۳ و مقادیر مشاهداتی

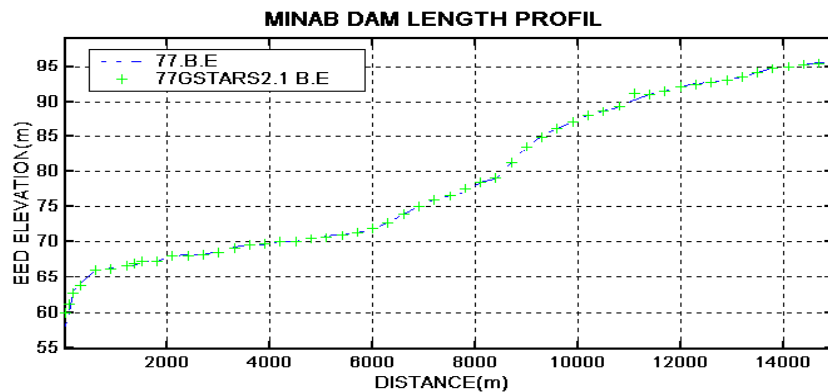
جدول ۱- برآورد خطای آماری (ARE و RRMS) جهت بررسی نتایج حاصل از کالیبراسیون مدل توسط داده های آماری سال ۶۳

number	Distance (m)	B.E (m)	be1363 (m)	be1371 (m)	63B.Egstars2.1 (m)	V=G-E	V^2
1	0	48.5	54.75	60	60.03	0.03	0.0009
.
54	15000	91.5	91.5	93.7	93.8	0.1	0.01
SUM=				4084	4084.61	5.11	1.1437
ARE63=	0.001251	<1	O.K				
RRMS63=	1.537914	<5	O.K				

ب - ارزیابی مدل: در این مرحله جهت سنجش و ارزیابی میزان صحت پارامترهای بدست آمده در مرحله کالیبراسیون ، یکبار دیگر مدل را با معرفی داده های سال ۷۱ اجرا و نتایج با مقادیر مشاهداتی تحت ارزیابی قرار گرفته است (شکل ۳) و جدول (۲) . با توجه به رضایتمند بودن نتایج مرحله ارزیابی ، بار دیگر صحت پارامترهای معرفی شده به مدل مورد تایید قرار میگیرد

جدول ۲:- برآورد خطای نتایج بدست آمده از مدل در مرحله ارزیابی مدل توسط فرمولهای ARE و RRMS

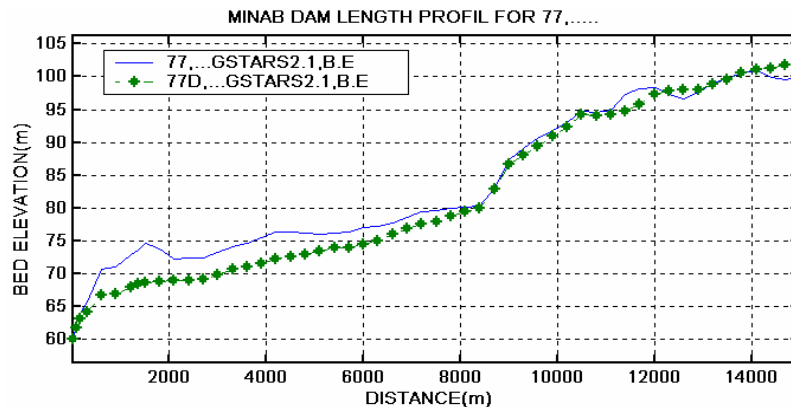
number	Distance(m)	be1371(m)	be1377(m)	GSTARS2.1(m)	U=E-D	U^2
1	0	60	58.5	60	1.5	2.25
.
.
54	15000	93.7	95.6	95.7	0.1	0.01
SUM=		4084	4227.1	4229.58	6.72	4.917
ARE71=	0.00159	<1	O.K			
RRMS71=	2.42481	<5	O.K			



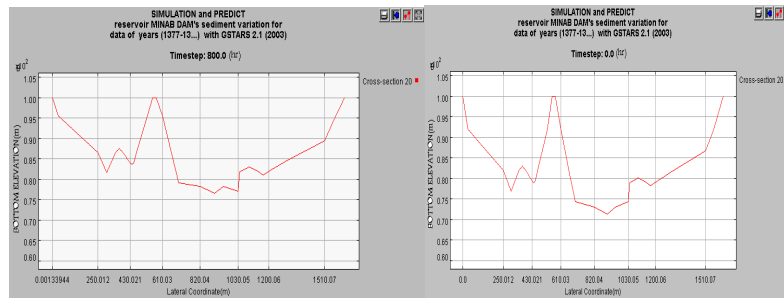
شکل ۳- مقایسه بین نتایج مرحله ارزیابی مدل و مقادیر مشاهداتی

جهت ایجاد یک بانک اطلاعاتی مناسب برای مخزن میناب نیازمند برآورد پارامترهای چون سطح پوشش و حجم مخزن در رقوم مختلف ، درصد کاهش حجم و ... می باشد. لذا تصمیم گرفته شد با استفاده از برنامه ILWIS و نتایج خروجی مدل GSTARS2.1 پارامترهای فوق برآورد گردد.

ج - مرحله پیش بینی: نتایج مرحله ارزیابی موید آمادگی مدل جهت برآورد و پیش بینی رسوب مخزن سد میناب می باشد که نتایج حاصل در شکل ۴ ارائه گردیده است. در شکل ۵ ، بطور نمونه وضعیت مقطع عرضی ۲۰ در قبل و بعد از رسوبگذاری ارائه شده است. بدین ترتیب پروفیل طولی و عرضی مخزن میناب در قبل و بعد از رسوبگذاری ، توسط مدل GSTARS2.1 حاصل گردید.



شکل ۴- نتایج حاصل از مرحله پیش بینی مدل



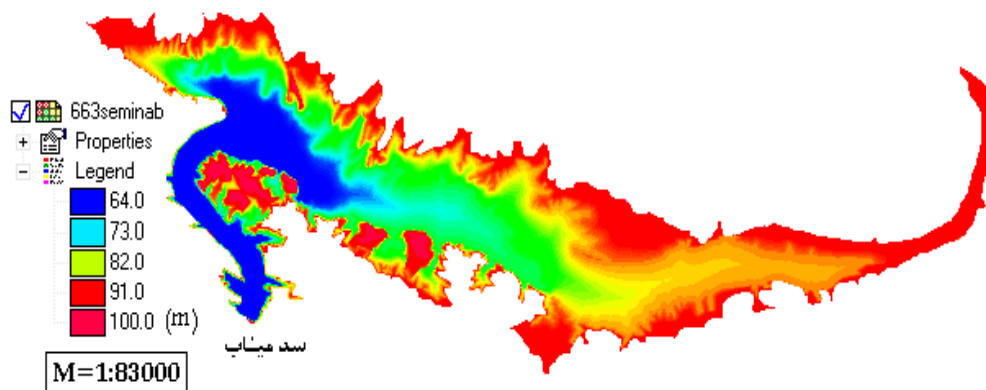
شکل ۵- پروفیل عرضی مقطع ۲۰ در گامهای زمانی ۰ و ۸۰۰ (ساعت)

برنامه ILWIS، نقشه سه بعدی مخزن در هر دوره، در قبل و بعد از رسوبگذاری، بدست می آید شکل ۶-، حال سایر پارامترها هم با انجام آنالیز بر روی نقشه ها توسط برنامه ILWIS بدست می آید که نتایج آن در جداول (۳) و (۴) و شکل ۷ ارایه گردیده است.

نرم افزار ILWIS:

در این سیستم، ذخیره و سازماندهی داده‌های مکانی و توصیفی، پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها، آنالیز عمومی نقشه‌ها و ایجاد شبیه‌سازی انجام می‌شود. [۱]

با معرفی توپوگرافی مخزن در دوره های قبل و بعد از رسوبگذاری و با میان یابی اطلاعات وارد شده، توسط



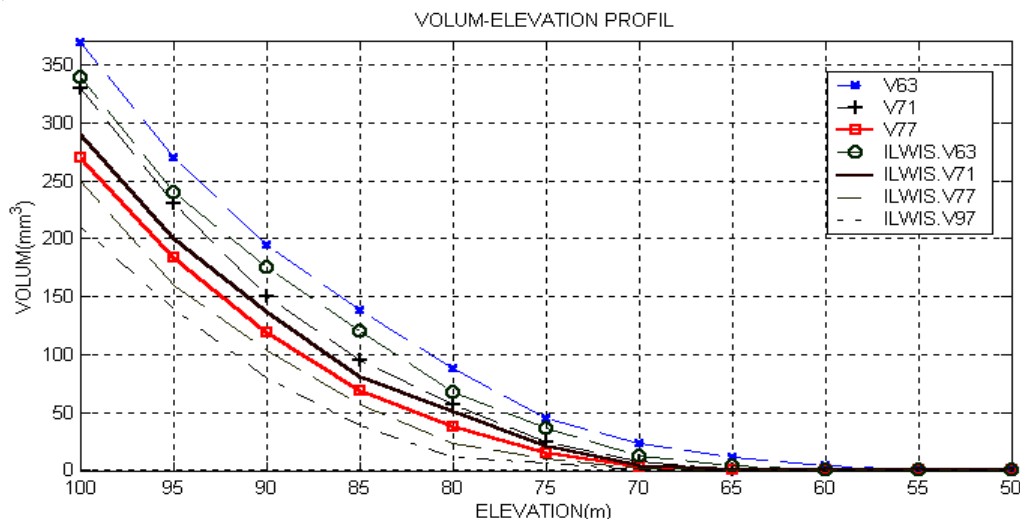
شکل ۶- نقشه اینتر پوله شده حاصل از داده های سال ۶۳

جدول ۳- مقایسه بین مقادیر مشاهداتی و مقادیر محاسباتی

دوره	رقوم آب(متر)	سطح پوشش مخزن (کیلومتر مربع)		حجم مخزن (میلیون متر مکعب)		درصد کاهش حجم مخزن	
		مشاهداتی	محاسباتی	مشاهداتی	محاسباتی	مشاهداتی	محاسباتی
قبل از ۶۳ ۱۳۶۳	۱۰۰	۲۲	----	۳۷۴,۵	----	----	----
	۹۵	----	۱۷,۱	----	۲۴۰	----	----
	۱۰۰	۲۲	۲۲	۳۵۰	۳۳۳,۵	----	----
۱۳۷۱	۹۵	----	۱۵,۵	----	۱۹۸,۴	----	۱۷,۳
	۱۰۰	----	۲۲	۳۲۴,۳	۲۸۹,۳	۹	۱۳
۱۳۷۷	۹۵	----	۱۴,۳	----	۱۶۳	----	۱۷,۸
	۱۰۰	----	۲۰,۲	۲۹۷	۲۵۰	۸,۳	۱۳,۶
مرحله پیش بینی	۹۵	----	۱۳,۲	----	۱۴۲	----	۱۲,۹
	۱۰۰	----	۱۸,۷	----	۲۱۰	----	۱۶

جدول ۴- مقایسه بین مقادیر نهایی محاسباتی و مشاهداتی

محاسباتی	مشاهداتی	پارامتر
۴	۳,۲	حجم رسوب سالانه(میلیون متر مکعب)
۹۴	۱۲۵	مدت زمان پر شدن مخزن از ابتدای آگیری(سال)
۴۷	۵۹	عمر مفید مخزن (با احتساب ۵۰ درصد حجم مخزن) از ابتدای آگیری(سال)
۶۳	۹۳	مدت زمان پر شدن مخزن از سال ۷۷ به بعد(سال)
۳۱	۴۶	عمر مفید مخزن (با احتساب ۵۰ درصد حجم مخزن) از سال ۷۷ به بعد(سال)



شکل ۷- مقایسه بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی منحنی حجم - ارتفاع مخزن میناب

نتیجه گیری :

۱- با توجه به اینکه نتایج بدست آمده از روندیابی رسوب مخزن توسط مدل با استفاده از آمار لحظه ای ، دارای میزان خطای کمتری است نسبت به نتایج حاصل از آمار روزانه می باشد ، لذا به نظر می رسد حجم بسیاری از رسوب ورودی مخزن ناشی از سیلابهای لحظه ای می باشد بنا براین منطقی است جهت شبیه سازی رسوبگذاری مخزن از آمار لحظه ای استفاده گردد.

۲- حجم رسوب سالیانه ورودی مخزن ۴ میلیون تن برآورد گردید که مقدار مشاهداتی آن ۳,۲ میلیون تن در سال می باشد و کاهش حجم سالیانه مخزن ۱,۶ درصد برآورد گردید که مقدار مشاهداتی آن ۱,۲ درصد در سال می باشد

۳- از ارزیابی مقادیر مشاهداتی و محاسباتی مشاهده می گردد که با وجود اختلاف در مقادیر، میزان خطا در حد قابل قبولی است و لذا می توان روش استفاده از مدل ریاضی GSTARS2.1 و تلفیق آن با برنامه ILWIS ، شیوه ای مناسب با دقت مناسب در کاهش قابل توجه ، هزینه و وقت و با توجه به کمبود اطلاعات ورودی موجود ، جهت روند یابی رسوب مخازن می باشد.

مراجع :

۱ - اعلائی حسین. " کاربرد سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مهندسی منابع آب". (۱۳۸۰).

سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت،
 ۲- سازمان تحقیقات منابع آب ایران(تماب). (۷۷-۱۳۷۱). بولتن وضعیت منابع آب کشور.
 ۳- شرکت مهندسی مشاور دریا نقشه. (۱۳۷۷). گزارش رسوب سنجی سد میناب (استقلال).
 ۴- محمدیان، عبدالحمید. منتظری نمین، مسعود. " (۱۳۷۸). مدلهای دو بعدی رسوبگذاری در مخازن سد ها". مجموعه مقالات چهارمین کارگاه آموزشی کمیته تخصصی هیدرولیک سدها، مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو - تهران
 ۵- مرکز تحقیقات آب.، (۱۳۶۴). گروه مطالعات صحرائی. گزارش رسوب سنجی ورسوب شناسی مخزن سد میناب
 ۶ - مرکز تحقیقات آب، (۱۳۷۱). گروه مطالعات صحرائی. گزارش رسوب سنجی ورسوب شناسی مخزن سد میناب
 ۷- مسجدی، محمد. ذاکر، همایون. " (۱۳۷۸). روشهای رسوب سنجی و تخلیه رسوبات سدهای مخزنی". مجموعه مقالات چهارمین کارگاه آموزشی کمیته تخصصی هیدرولیک سدها، مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو - تهران
 ۸- مطهری، عبدالرضا. (۱۳۷۹). " کاربرد مدلهای ریاضی یکبعدی و دوبعدی جهت پیش بینی رسوبگذاری مخازن

- سدها“. . پایان نامه کارشنسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت،
- ۹ _ نجمایی، محمد. سد ومحیطزیست. نشریه شماره ۱۵ کمیته ملی سدهای بزرگ ایران
- 10- Chang, H.H. 1998. Genaralized computer programe fluvial- 12 mathematical model for erodible channels. User's Manual.
- 11- Yang , CH.T. ,Simoos , J.M. , (GSTARS 2.1) , 2000. Generalized Stream Tube model for Alluvial River Simulation version 2.1. User's Manual
- 12- Yang , CH.T. 1940. Sediment Transport Theory and Practice.
- 13- Yang , T.M. , Simoos. 1998.“Simulation and predication of river morphologic Change Using GSTARS 2.0”. Paper presental at 3rd international conference on Hydro – Science and – Engineering. Cottbus/Berlin , Germany ,
- 14- Yang , T.M. 1996. Sediment transport: theory and practice.

Estimating the Sedimentation of Reservoirs by Using the GSTARS2,1 Mathematical Model and the ILWIS Software

ABBS SHAKERI-DARYAN

Islamic Azad University , Damavand branch

daryan_abbas@yahoo.com

MOHAMMAD NAJMAIE

Abstract

The transfer and sedimentation in storage dams reduce the volume and damage the life of water reservoirs. Due to the importance of water , its storage , and the cost time of constructing reservoirs , especially the scarcity of constructing sites for them , a lot of attentions should be given to the sedimentation of dam reservoirs. It requires the estimate of the sedimentation and its management . Since all suggested techniques to estimate the sedimentation need field operations, time . and high costs , this paper aims to combine the GSTARS2,1 mathematical model and the ILWIS software to suggest a proper method to estimate the sedimentation , and also to establish a proper data bank in the reservoirs . Miynab dam has been used to study and analyze data . The results show that we can use this method to estimate the sedimentation of dam reservoirs.

Keywords: Annual sediment volume . sediment routing, Gstars 2,1 Ilwis