برآورد حجم رسوبگذاری در مخزن سد کرخه با استفاده از هیدروگرافی سال های ۱۳۸٤ و ۱۳۹۱

روح اله مهربانی – فوق لیسانس سازه های آبی
سازمان آب و برق خوزستان – معاونت مطالعات پایه و طرح های جامع منابع آب- رییس قسمت مرکز رسوب
علی مکوندی– فوق لیسانس سازه های آبی
سازمان آب و برق خوزستان – معاونت مطالعات پایه و طرح های جامع منابع آب – کارشناس مرکز رسوب
ایمان موزرم نیا- فوق لیسانس سازه های آبی
سازمان آب و برق خوزستان – معاونت مطالعات پایه و طرح های جامع منابع آب – مدیر مرکز رسوب
مصطفی نکوئیان فر- فوق لیسانس رسوب شناسی
سازمان آب و برق خوزستان – معاونت مطالعات پایه و طرح های جامع منابع آب – مدیر امور مطالعات میدانی

چکیده

سد کرخه با مخزنی در حدود ۷/٦ میلیارد متر مکعب آب (در تراز بهره برداری ۲۳۲/۵ متر از سطح دریا) بزرگ ترین سد مخزنی کشور می باشد. یکی از مهمترین عوامل تهدید کننده‌ی عمر مفید سدها، رسوب گذاری در مخزن می باشد. اطلاع از آمار صحیح و با دقت بالا، برای برنامه ریزی آتی مخازن کشور بسیار ضروری خواهد بود. با توجه به وجود روش های زیاد برآورد رسوب در مخازن، شاید بتوان گفت بهترین روش، استفاده از داده های هیدروگرافی مخازن در دوره های مختلف می‌باشد. در تحقیق حاضر از اطلاعات هیدروگرافی های انجام شده در سال های ۸٤ و ۹۱ استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی : سد کرخه، رسوب گذاری، هیدروگرافی

مقدمه

سد کرخه یکی از بزرگ ترین سدهای خاکی دنیا و بزرگ ترین سد خاکی ایران و خاورمیانه است که بر روی رودخانه کرخه در ۲۲ کیلومتری شمال غربی شهرستان اندیمشک در استان خوزستان ساخته شده است. کرخه با تاجی به طول ۳۰۳۰ متر و ارتفاع ۱۲۷ متر از لحاظ حجم بدنه بزرگترین سد تاریخ ایران است و با حجم مخزنی به میزان ۷ میلیارد و ۶۰۰ میلیون مترمکعب در تراز بهره برداری ۲۳۲/۵ ، بزرگترین دریاچه مصنوعی ایران را پدید آورده است. عملیات اجرایی این سد در سال ۱۳۷۰ آغاز و در سال ۱۳۸۰ به پایان رسیده است. این سد دارای نیروگاهی با ظرفیت ۴۰۰ مگاوات می‌باشد. یکی از مهمترین دغدغه های بهره برداری بحث عمر مفید سد بوده که اساسی ترین مشکل در سدهای استان خوزستان، بحث آورد رسوب و رسوب گذاری در مخزن می‌باشد. نمونه‌ی بارز این امر، مشکل حاد رسوب در سد دز بوده که در حال حاضر بهره برداری از آن سد با مسایل و مشکلات زیادی گره خورده که در نهایت هزینه های بسیاری را به همراه خواهد داشت. در خصوص سد کرخه نیز شرایط مشابهی برقرار خواهد بود و می‌بایست از هم اکنون به دنبال راه کارهای پیش گیرانه باشیم. یکی از

موارد اساسی در این خصوص، اطلاع از میزان رسوب تولید شده در حوضه‌ی مشرف به مخزن، نحوه‌ی انتقال رسوب و الگوی رسوب گذاری در مخزن خواهد بود. قدم بعدی توجه به مسایل فرسایش در حوضه و مباحث آبخیزداری و مدیریت مخزن می‌باشد.

برای برآورد میزان وحجم رسوبات ته نشین شده در مخازن سدها روش های بسیاری اعم از ریاضی و تجربی ابداع گردیده است اما بدون شک دقیق ترین روش برآورد حجم مخزن و به دنبال آن رسوبات نهشته شده در مخزن، استفاده از داده های هیدروگرافی در چند دوره‌ی متوالی خواهد بود (حداقل دو دوره). در این تحقیق تلاش شده با استفاده از داده های هیدروگرافی مخزن سد کرخه در دو دوره‌ی متوالی سال های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۱ ، حجم دقیق مخزن در ترازهای مختلف ارائه گردد و در مرحله‌ی بعد میزان رسوب گذاری تجمعی و متوسط سالانه محاسبه گردد.

مواد و روشها

عملیات هیدروگرافی مخزن سد کرخه با استفاده از دستگاه اکوساندر (اکوساندر یک دستگاه الکترونیکی است که با تبدیل پالس های الکتریکی به پالس صوتی و ارسال آن به درون آب و اندازه گیری زمان رفت و برگشت پالس و به عبارتی پدیده‌ی داپلر قادر به تعیین عمق می باشد) ، GPS های دوفرکانسه (جهت تعیین دقیق موقعیت) و نرم افزار HYPACK MAX انجام گردیده است.

به عملیاتی که در آن عمق آب اندازه گیری شود آبنگاری یا عمق سنجی (هیدروگرافی) گویند. این علم پیشرفت های چشم گیری داشته است . شاید اولین و قدیمی ترین روش استفاده از سنگ و طناب بوده است ولی امروزه برای انجام نقشه برداری خطوط تراز از ابزار اتوماتیک آبنگاری استفاده می‌شود. استفاده از این وسایل ضمن افزایش دقت اندازه گیری ها، سرعت عمل انجام کار را نیز بالا برده است.

این دستگاه متشکل از دستگاه GPS، وسیله ی ریزموج (خط مبنا - خطوط مبنا یا خط مبنا - آزیموت) و میله ی عمق سنج صوتی (ترانسدیوسر) که می تواند تا ۲۰۰ کیلوهرتز امواج صوتی ایجاد کند، می باشد. مبدل های عمق سنج های صوتی قابلیت انتخاب بسامدهای زیادی را دارند و با توجه به نیاز مطالعه باید انتخاب شوند. به طور کلی مبدل های با قابلیت تولید امواج با بسامدهای ۱۰۰ و ۳۳ کیلوهرتز و بیشتر قادر هستند تا شرایط پستی و بلندی بستر و جزئیات را دقیق تر برداشت کنند. البته از معایب این مبدل ها این است که در محل هایی که پوشیده از پوشش گیاهی و یا تجمع مواد غلیظ (گل آلود) باشد، خطای دستگاه ممکن است افزایش یابد..

با این وسایل می توان مختصات Z و X، Y هر نقطه ای را که قایق در آن قرار دارد، مشخص کرد. دقت در اندازه گیری عمق حدود ده سانتی متر است و در خصوص فاصله ها هم ممکن است از حدود چند سانتی متر تا چند متر باشد. میزان خطا بستگی به ابزار و سیستم ماهواره ای دارد که از آن استفاده می شود. داده های جمع آوری شده توسط این وسایل از طریق واقعه نگار به رایانه منتقل و توسط نرم افزارهای خاصی تبدیل به مقاطع عرضی یا خطوط تراز رقومی می شود. در تهیه ی نقشه های خطوط تراز، موقعیت نقاطی که برداشت می‌شوند، باید بیش تر به هم نزدیک باشند. یا به عبارتی تراکم نقاط برداشت شده باید نسبت به روش معمولی خطوط مبنا بیش تر باشد تا درون‌یابی بین نقاط برای تعیین خطوط تراز با دقت بهتری انجام گیرد.

نقشه برداری‌های خودکار مزایای بسیاری دارند که می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

–برداشت داده های زیاد در کوتاه ترین زمان

–از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند.

–این روش بر مبنای مختصات نقاط، استوار است و وابسته به ریرگذاری موقعیت خطوط مبنا نیست.

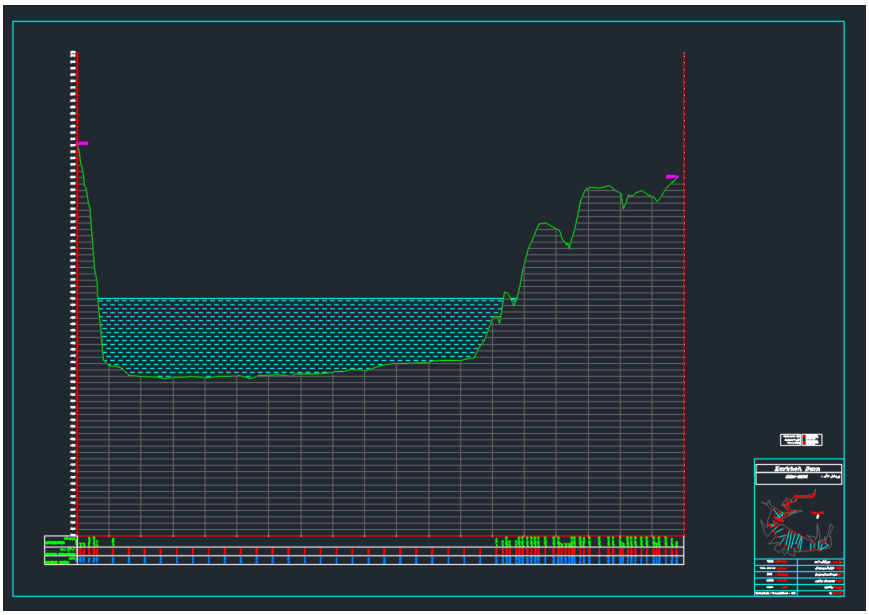
–ردیابی خطوط مبنا در نقشه برداری‌های بعدی به صورت خودکار انجام می شود و در نتیجه شناسایی این خطوط با دقت بسیار بالایی صورت می‌گیرد.

–تمام داده های برداشت شده بلافاصله به فایل های رایانه‌ای منتقل می‌شوند که به آسانی می توانند تبدیل به نقشه های رقومی شوند .در این صورت با استفاده از نرم افزارهای موجود حجم مخزن به سادگی و با دقت قابل محاسبه خواهد بود.

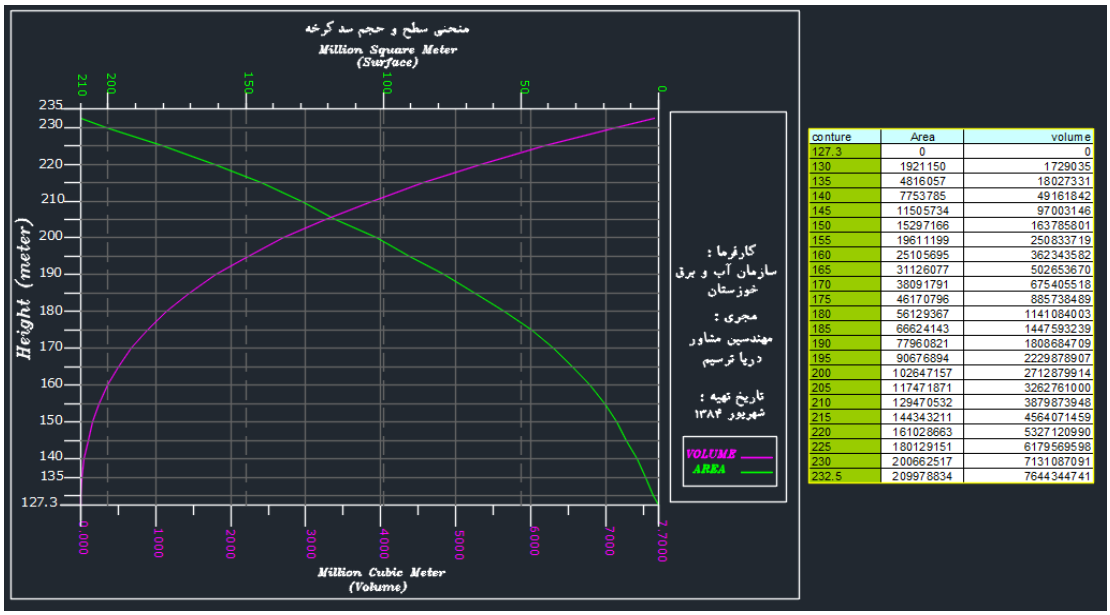
–با قراردادن نقشه های حاصل از آبنگاری هایی که در زمان های مختلف برداشت شده اند ، به راحتی می توان مقدار رسوب گذاری یا فرسایش را در طول مخزن مشخص نمود.

* برای تهیه ی خطوط تراز بالای سطح آب از روش های نقشه برداری زمینی نظیر استفاده از ترازیاب و غیره یا از روش های نقشه برداری هوایی می توان استفاده کرد. پس چون این روش ها در مقایسه با روش های خودکار آبنگاری پرهزینه تر و زمان‌بر تر هستند، بهتر است عملیات آبنگاری در زمانی انجام شود که سطح آب مخزن بالا است.

نتایج خروجی هیدروگرافی سال ۸٤



شکل (۱) نمونه ای از مقاطع برداشت شده از مخزن سد کرخه در سال ۱۳۸۴(مقطع K26)

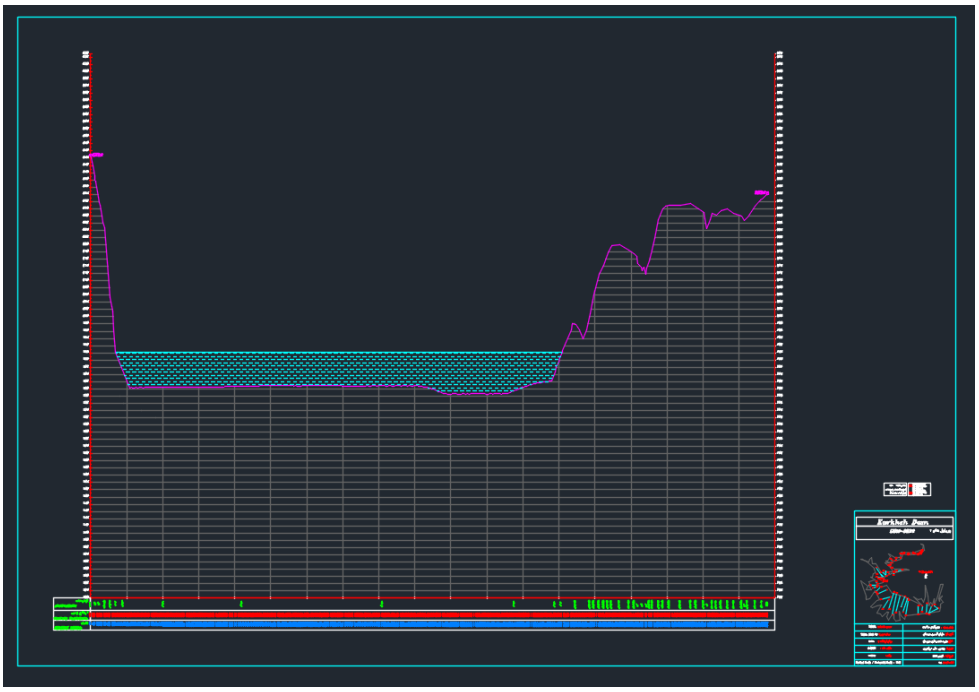


conture	Area	volume
127.3	0	0
130	1921150	1729035
135	4816057	18027331
140	7753785	49161842
145	11505734	97003146
150	15297166	163785801
155	19611199	250833719
160	25105695	362343582
165	31126077	502653670
170	38091791	675405518
175	46170796	885738489
180	56129367	1141084003
185	66624143	1447593239
190	77960821	1808684709
195	90676894	2229878907
200	102647157	2712879914
205	117471871	3262761000
210	129470532	3879873948
215	144343211	4564071459
220	161028663	5327120990
225	180129151	6179569598
230	200662517	7131087091
232.5	209978834	7644344741

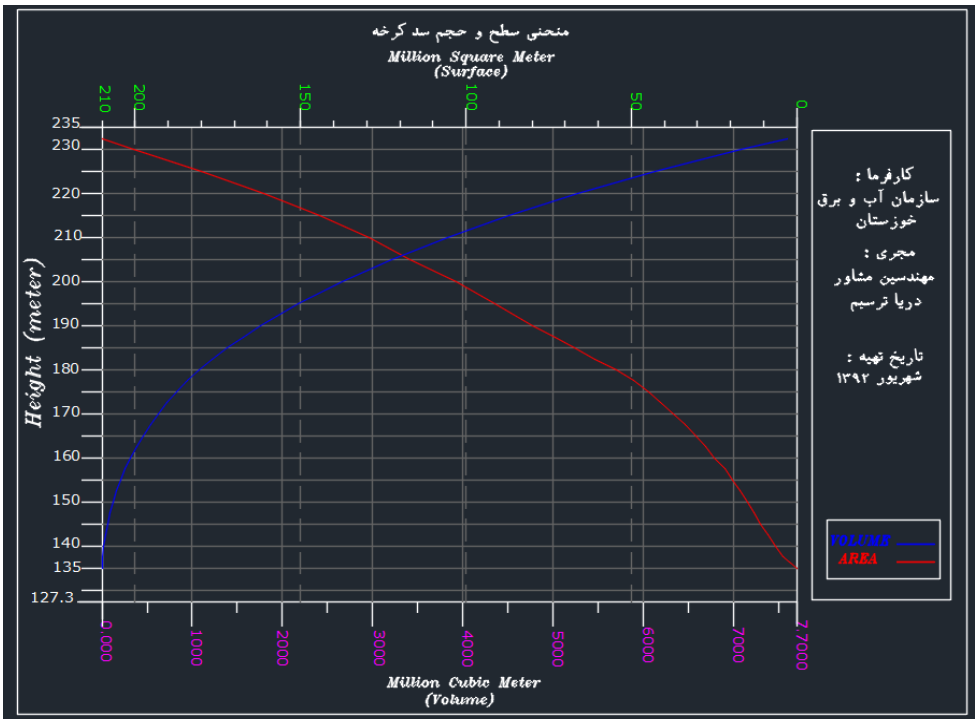
شکل (۲) نمودار سطح – حجم – ارتفاع مخزن سد کرخه در سال ۱۳۸۴

با توجه به اهمیت موضوع و نیاز به دقت بالا تمامی نقشه ها در محیط AutoCad ترسیم و محاسبات بر این اساس صورت گرفته است. لازم به ذکر است محاسبات حجم با استفاده از نرم افزار های MicroStation و ArcGis انجام شده است که در هر دو روش احجام بدست آمده به هم نزدیک بوده است.

نتایج خروجی هیدروگرافی سال ۱۳۹۱



شکل (۳) نمونه ای از مقاطع برداشت شده از مخزن سد کرخه در سال ۱۳۹۱(مقطع K26)



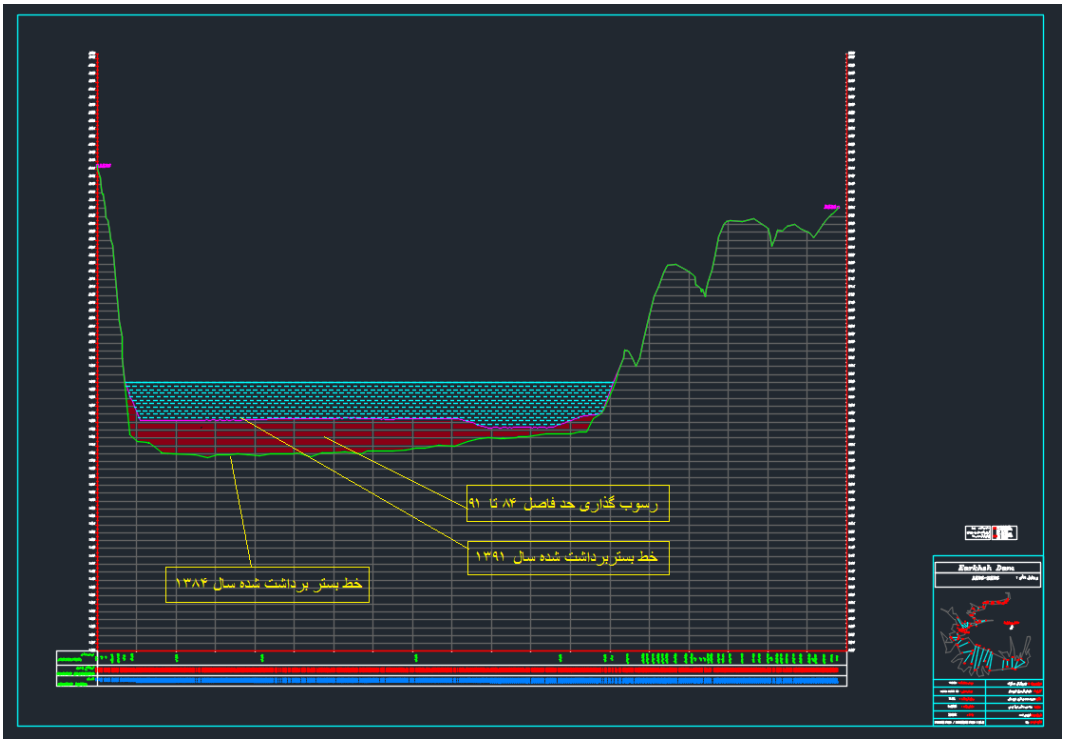
شکل (۴) نمودار سطح – حجم – ارتفاع مخزن سد کرخه در سال ۱۳۹۱

جدول (۱) جدول سطح – حجم – ارتفاع مخزن سد کرخه در سال ۱۳۹۱

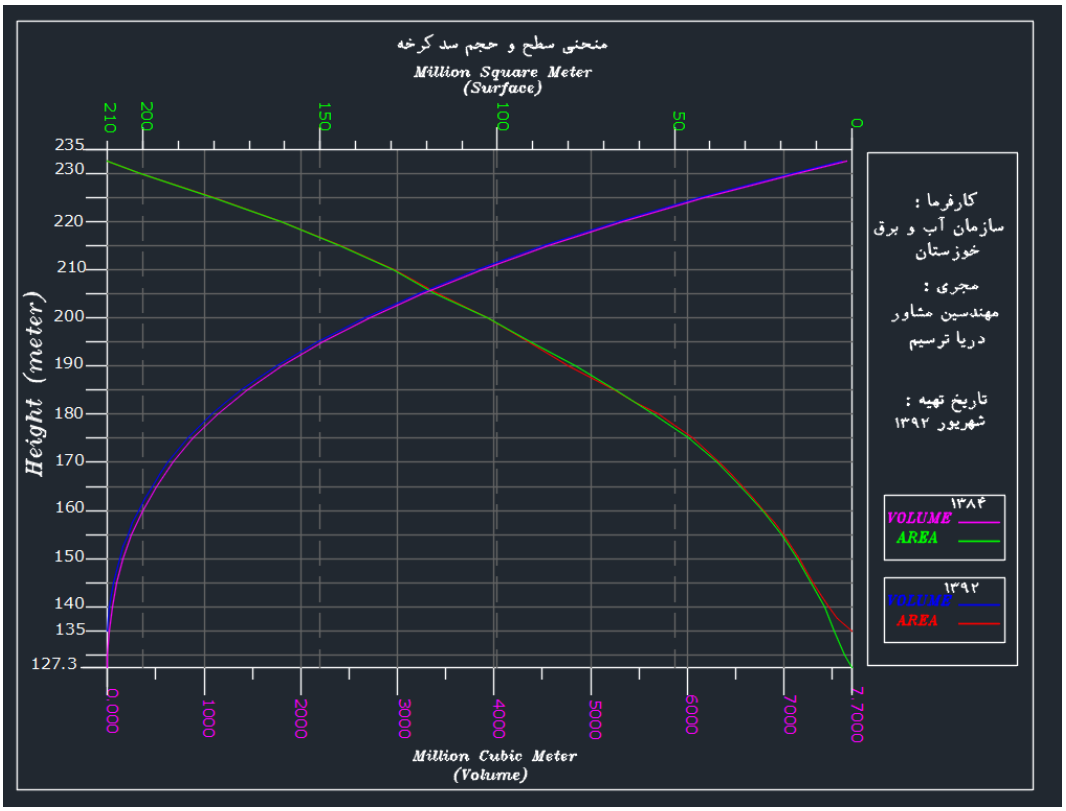
Elevation	Area	Volume
135.0	16,593.36	-
137.5	4,080,383.36	3,630,985.76
140.0	6,329,501.29	16,540,895.18
145.0	10,904,497.96	60,091,008.13
147.5	12,986,483.64	89,916,864.09
150.0	14,785,039.59	124,606,976.13
155.0	19,275,813.50	209,689,025.31
157.5	21,869,488.21	261,086,556.59
160.0	24,819,086.56	319,408,414.59
165.0	30,603,188.03	457,911,210.16
167.5	33,888,530.13	538,490,968.10
170.0	37,447,321.23	627,623,771.67
175.0	44,833,522.82	833,054,869.07
177.5	49,485,392.27	950,905,685.25
180.0	54,504,615.12	1,080,842,694.27
185.0	67,092,825.97	1,385,141,320.50
187.5	73,177,637.57	1,560,424,383.64
190.0	79,906,888.84	1,751,718,386.29
200.0	102,922,128.55	2,663,816,594.42
210.0	129,198,985.51	3,827,490,789.45
220.0	160,974,627.21	5,273,597,032.73
230.0	200,540,698.99	7,076,863,201.11
232.5	209,978,834.00	7,589,967,405.25

با توجه به حجم بالای داده های هیدروگرافی در واقع شاهد دریایی از اطلاعات خام می‌باشیم که تحلیل و استفاده از این اطلاعات با دست غیر ممکن می‌باشد. بنابراین برای تحلیل این حجم اطلاعات می‌بایست از نرم افزارهای تخصصی بهره جست که در بندهای قبل به آنها اشاره شده است.

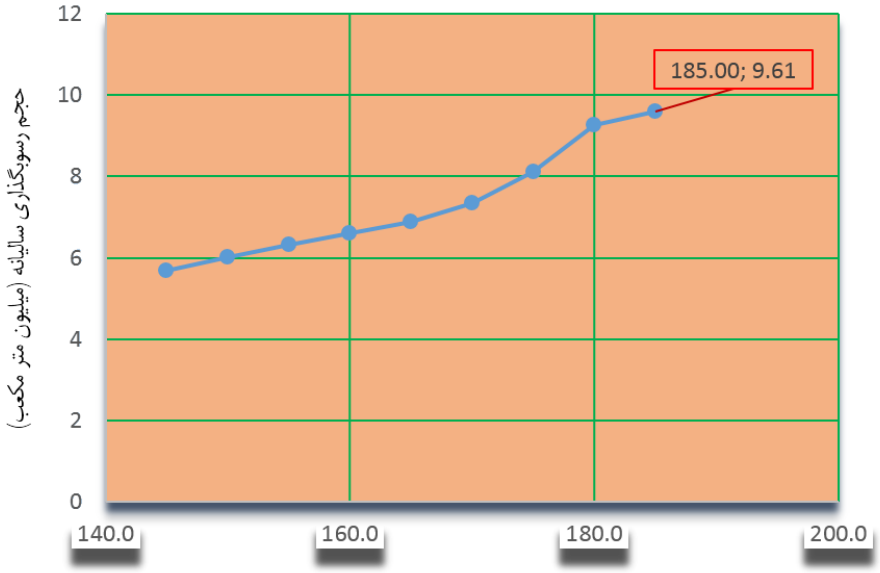
تحلیل و مقایسه نتایج هیدروگرافی سال های ۸۴ و ۹۱



شکل (۵) مقایسه‌ی خط بستر در مقطع شماره K26 در سال های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۱ و وضعیت رسوبگذاری در این مقطع

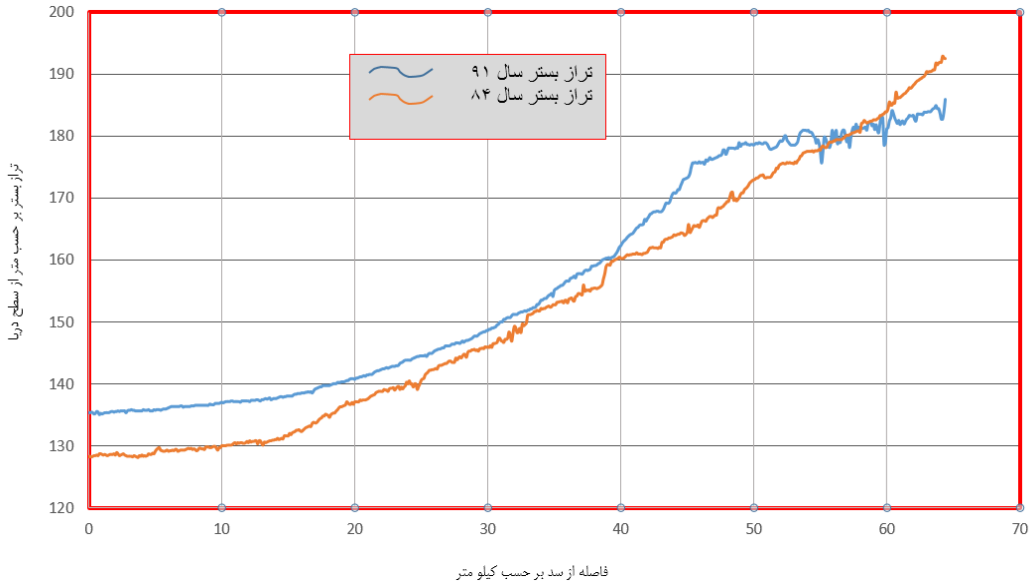


شکل (۶) مقایسه نمودارهای سطح – حجم – ارتفاع مخزن سد کرخه در سال های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۱



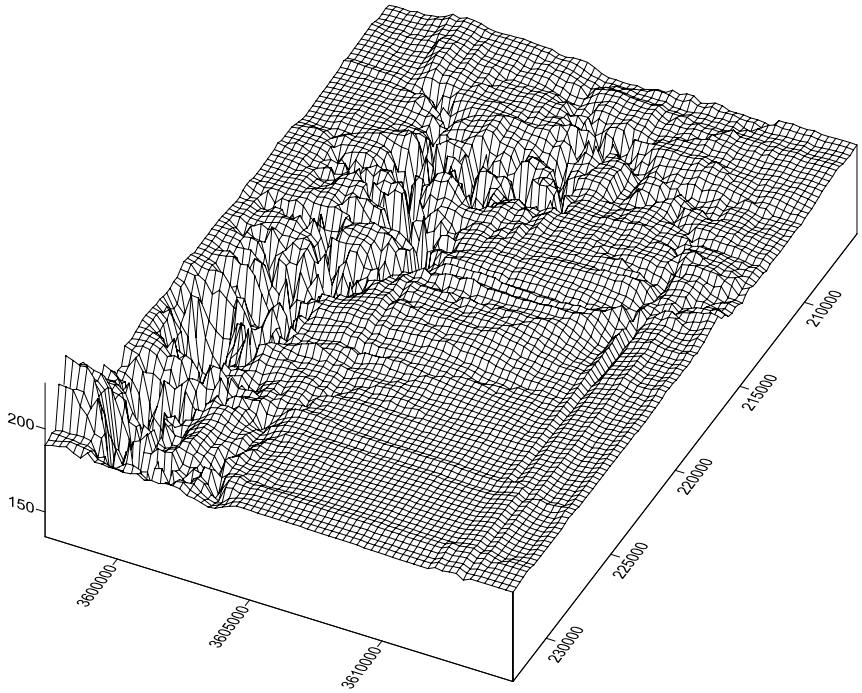
شکل (۷) محاسبه‌ی حجم رسوبگذاری سالانه با استفاده از اختلاف دو هیدروگرافی ۸۴ و ۹۱

لازم به توضیح است که از تراز ۱۸۵ به بعد (یعنی حدود کیلومتر ۵۸ از سد) شاهد جابجایی خط بستر در سال های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۱ می‌باشیم (شکل شماره ۸) که این امر نشان دهنده‌ی حرکت دلتا به سمت پایین دست و فرسایش این بازه از مخزن می‌باشد.

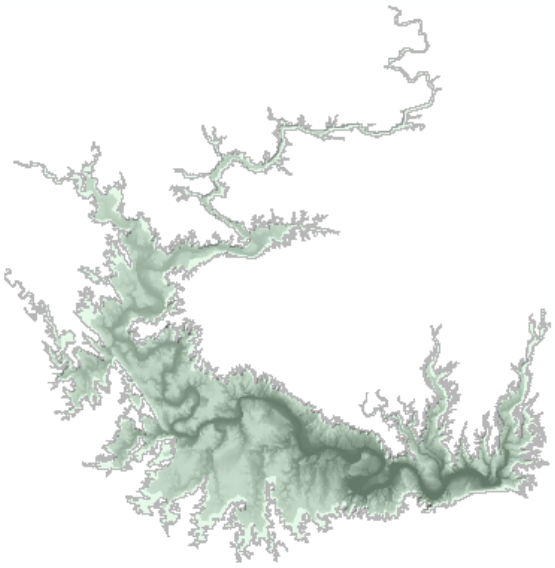


شکل (۸) خط تراز بستر مخزن سد کرخه در سال های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۱

با توجه به محاسبات انجام شده بر حسب هیدروگرافی های ۸۴ و ۹۱ ، حجم کل رسوبگذاری در این بازه‌ی زمانی ۶۲/۵ میلیون متر مکعب بوده که بنابراین رسوبگذاری سالانه ۹/۶۱ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. بیشترین حجم رسوبگذاری در دو بازه و بترتیب کیلومتر ۲۰-۰ از سد و کیلومتر ۵۵-۴۰ از سد اتفاق افتاده است و در بازه‌ی میانی مخزن به دلیل شیب زیاد مخزن رسوبگذاری نسبت به بازه های دیگر کمتر می‌باشد. با توجه به افزایش رقوم بستر در نزدیکی بدنه سد از ۱۲۸/۴+ به ۱۳۵/۳+ به طور میانگین هر ساله تراز بستر در حدود یک متر افزایش خواهد داشت.



شکل (۹) نمای سه بعدی مخزن سد کرخه (خروجی نرم افزار Surfer)



شکل (۱۰) مخزن سد کرخه (خروجی نرم افزار ArcGis)

نتیجه گیری

با توجه به تحلیل دو هیدروگرافی انجام شده از مخزن سد کرخه در سال های ۸۴ و ۹۱ و محاسبات انجام شده نتایج به شرح ذیل خواهد بود:

۱- حجم کل رسوبگذاری در این بازه‌ی زمانی ۶۲/۵ میلیون متر مکعب و رسوبگذاری سالانه در مخزن سد کرخه ۹/۶۱ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

۲- با توجه به اینکه از کیلومتر ۵۸ (از بدنه سد) شاهد پایین افتادگی خط تراز بستر در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال ۱۳۸۴ می‌باشیم، این پدیده نشان دهنده‌ی حرکت دلتا به سمت پایین دست می‌باشد که این امر یک زنگ خطر برای مخزن و مدیریت آن خواهد بود.

۳- از آنجا که ملاک و اساس محاسبات در این مقاله هیدروگرافی های سال ۱۳۸۴ و ۱۳۹۱ بوده و این بازه‌ی زمانی مطابق با خشکسالی های اخیر می‌باشد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در این بازه‌ی زمانی که دبی و آوردها کاهش داشته اند، این میزان رسوبگذاری سالانه، نشان دهنده‌ی فرسایش بیش از حد حوضه های مشرف به مخزن کرخه می‌باشد.

۴- با توجه به دقت بالای اندازه گیری ها و محاسبات انجام شده، لازم است اعداد و ارقام این مقاله پایه و اساس کارهای مطالعاتی دیگر قرار گیرد. لذا پیشنهاد می‌گردد برای کالیبره نمودن مدل های ریاضی و فیزیکی مخزن سد کرخه در مباحث رسوبگذاری مطالعه‌ی حاضر به عنوان رفرنس مورد استفاده قرار گیرد.

۵- پیشنهاد می‌گردد در خصوص مباحث آبخیزداری و فرسایش حوضه های مشرف به مخزن سد کرخه در کمترین زمان ممکن اقدامات لازم انجام گردد تا مبادا این سد نیز به سرنوشت سد دز و مشکلات فراوان رسوبگذاری آن دچار گردد.

۶- یکی از مهمترین مباحث انتقال رسوبات در مخزن پدیده‌ی جریان غلیظ رسوبی است که لازم است در خصوص سد کرخه این مطالعات انجام و از نتایج آن در مدیریت مخزن استفاده گردد.

منابع

[۱] نتایج نهایی هیدروگرافی مخزن سد کرخه در سال ۱۳۸۴–سازمان آب و برق خوزستان– معاونت مطالعات پایه و طرح های جامع منابع آب– مرکز مطالعات رسوب

[۲] نتایج نهایی هیدروگرافی مخزن سد کرخه در سال ۱۳۹۱–سازمان آب و برق خوزستان– معاونت مطالعات پایه و طرح های جامع منابع آب– مرکز مطالعات رسوب

[۳]راهنمای مطالعات رسو بگذاری و رسو بزدایی مخازن سدها،۱۳۹۰،نشریه شماره – 328 الف

Estimation of Sedimentationin the Karkhe dam reservoirusing hydrographicdata from 2004 to 2011

Rouhollah Mehrabani
Ali Makvandi
Iman Moozarmnia
Mostafa Nekoueianfar

Abstract
The Karkhe dam with a reservoir of about 7.6 billion cubic meters (in operation level of 232.5 meters above sea level) is the largest dam in all over IRAN. Deposition in the reservoir is one of the main problems which has been endangered life time of dams. Therefore, to have accurate data for water resources management the country's reservoirs is very necessary. There are many methods to estimate sediment that deposited in dam reservoirs, but bathymetery data is more accurate than other methods. In this study is used two hydrographic data in 2004 and 2011.

Key words*:Karkhe dam, sedimentation, hydrography*