

چگونگی بررسی هندسه مخازن سدها با استفاده از نرم افزار Civil 3D

علی پوربوجاریان^۱، فرهنگ بهرنگی^۲، محمد علی بنی هاشمی^۳
۲۰۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی دانشکده فنی دانشگاه تهران
۳- عضو هیئت علمی دانشکده فنی دانشگاه تهران

pourbojarian@ut.ac.ir

خلاصه

سد ها به منظور تولید انرژی برقایی، کنترل سیلاب، تامین آب شرب و کشاورزی و ... احداث می گردد. پدیده رسوبگذاری علاوه بر تقلیل قابلیت های فوق، کاهش حجم مخازن سدها را نیز به همراه دارد. بدست آوردن مقادیر دقیق و درست سطح و حجم مخازن و همچنین بررسی هندسه مخازن در سنوات مختلف بعد از احداث سد، کمک شایانی در امر بهره برداری و مدیریت مخازن آبی می نماید. در این نوشتار به چگونگی استخراج اطلاعات هندسه مخازن از نقشه های هیدروگرافی و نحوه استفاده این اطلاعات در مطالعات هیدرولیکی با استفاده از نرم افزار نوین Civil 3D 2009 پرداخته می شود.

کلمات کلیدی: حجم مخزن، پروفیل طولی، پروفیل عرضی، نرم افزار Civil 3D، نقشه هیدروگرافی

مقدمه

مهمترین عامل تهدید کننده بهره برداری از مخازن سدها، پدیده رسوبگذاری در مخازن آنها می باشد. این پدیده باعث ایجاد مشکلاتی از قبیل کاهش حجم مفید مخزن، اختلال در عملکرد دریاچه های تحتانی، کاهش قابلیت کنترل سیلاب، کاهش تولید انرژی برقایی، ایجاد نیروی اضافی در حین زمین لرزه، افزایش سطح آب و تخییر بیشتر از سطح دریاچه، اثرات زیست محیطی و گردشگری و ... می شود.

طبق تحقیقاتی که در اواخر دهه ۱۹۵۰ بر روی ۱۱۰۰ سد در ایالات متحده آمریکا انجام شد، نرخ متوسط کاهش ظرفیت مخزن به طور متوسط سالیانه بین ۰/۵۲ تا ۱/۲۸ درصد می باشد [۱]. همچنین بر اساس گزارش کمیته بین المللی سدهای بزرگ (ICOLD) بعد از کشور چین با ۲/۵ درصد کاهش ظرفیت سالیانه، خاورمیانه با ۱/۵ درصد کاهش ظرفیت سالیانه در اثر رسوبگذاری در رتبه بعدی قرار دارد. در ایران نیز در حدود ۱۲۰ سد با ظرفیت بیش از ۳۰ میلیون مترمکعب در حال بهره برداری می باشند که مجموع ظرفیت ذخیره آب آنها در حدود ۳۳ میلیارد مترمکعب است. بررسی ها نشان می دهد سالیانه بین ۱۷۵ تا ۲۵۰ میلیون مترمکعب از این ظرفیت تحت اثر رسوبگذاری از بین می رود که در حدود ۰/۷۵ تا ۱ درصد ظرفیت سدهای کشور می باشد [۲]. با توجه به اینکه کشور ما در ناحیه نیمه خشک قرار دارد و میزان متوسط بارندگی در آن حدود یک سوم متوسط جهانی است [۳]. این کاهش ظرفیت یکی از مشکلات مهم کشور می باشد، لذا با توجه به مشکلات عدیده ناشی از پدیده رسوبگذاری، ضرورت ارائه روشی مناسب و دقیق برای بدست آوردن تغییرات حجم مخزن، توپوگرافی مخزن و شکل و پیشروی دلتای رسوبی به سمت بدنه سد و ... در سالهای پس از بهره برداری به منظور بررسی دقیق تر روند رسوبگذاری در مخازن سدها و پیش بینی ادامه این روند در سالهای آتی دیده می شود.

در این مقاله ضمن مطالعه اجمالی عملیات نقشه برداری از مخازن سدها (عمقیابی مخازن) به چگونگی استخراج اطلاعات لازم از این نقشه ها به منظور محاسبه سطح و حجم مخازن و تهیه پروفیل های طولی و عرضی مخازن پرداخته می شود. مراحل انجام کار بر روی یکی از نقشه های هیدروگرافی تهیه شده از مخزن سد لتیان در سال ۱۳۸۴ شرح داده می شود.

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده فنی دانشگاه تهران

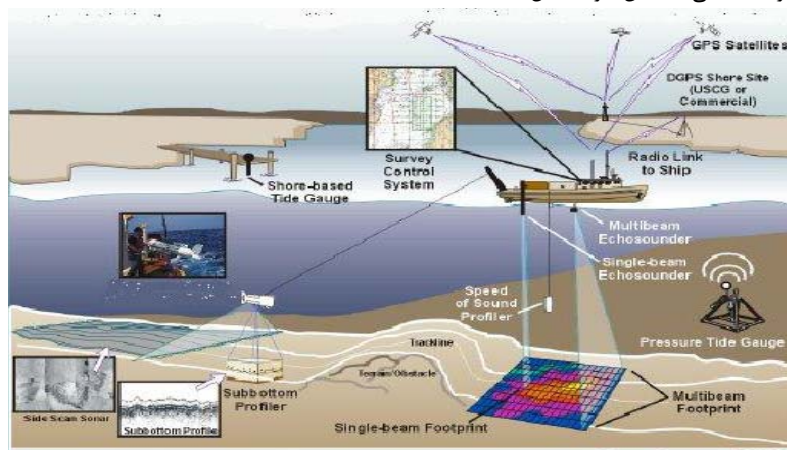
² دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده فنی دانشگاه تهران

³ استادیار دانشکده فنی دانشگاه تهران

نقشه های هیدروگرافی

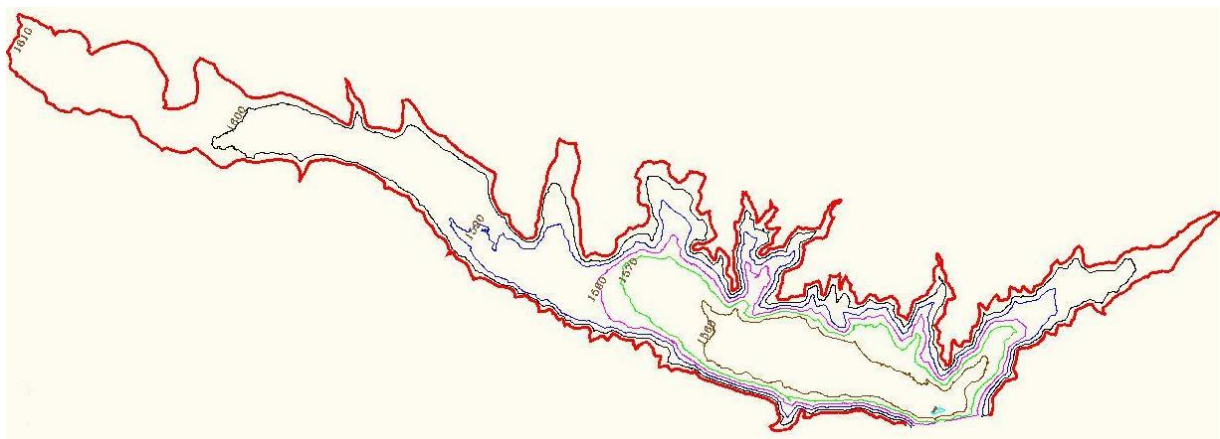
عملیات نقشه برداری بر روی مخازن سدها به کمک بهره گیری از دو سیستم نقشه برداری توپوگرافی و هیدروگرافی صورت می گیرد. برای نقشه برداری در نقاط کف مخزن در تراز بالای سطح نرمال آب تا ارتفاع تاج سد از روشهای رایج نقشه برداری جهت تهیه نقشه های توپوگرافی استفاده می شود. همچنین برای بدست آوردن تراز نقاط بستر مدفون در زیر سطح آب، از روشهای نوین نقشه برداری برای تهیه نقشه های هیدروگرافی استفاده می شود. نقشه برداری هیدروگرافی در واقع پیدا کردن عمق آب تا کف مخزن می باشد.

برای تهیه نقشه های هیدروگرافی تجهیزات عملیات عمق یابی جهت اندازه گیری همزمان عمق و موقعیت جغرافیایی بر روی یک قایق نصب می شود. این تجهیزات شامل یک گیرنده GPS برای تعیین مختصات طولی و عرضی نقاط، یک دستگاه اکوساندر (عمق یاب صوتی) برای تعیین عمق نقاط واقع در کف مخزن، و یک رایانه برای ثبت و پردازش اطلاعات می باشد. همچنین علاوه بر گیرنده موجود در قایق، یک گیرنده دیگر در ساحل نصب می شود تا به کمک اطلاعات گیرنده داخل قایق موقعیت افقی مشخص شود (شکل ۱).



شکل ۱: نمونه ای از قایق و تجهیزات عملیات هیدروگرافی

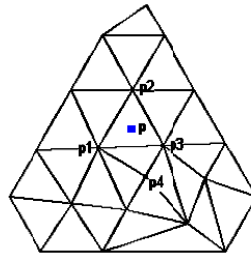
از آنجا که اکثر عمق سنج های صوتی برای عمق های ۱۵ تا ۲۵ متری طراحی شده اند، استفاده از کابل برای عمق های بیشتر پیشنهاد می گردد. نقشه هیدروگرافی مخزن دریاچه سد لتیان در سال ۱۳۸۴ در شکل (۲) نمایش داده شده است.



شکل ۲: نقشه هیدروگرافی مخزن سد لتیان در سال ۱۳۸۴

معرفی نرم افزار Civil 3D

این نرم افزار توسط شرکت Autodesk در آوریل سال ۲۰۰۸ میلادی معرفی شده است. این شرکت با ادغام چندین نرم افزار پیشرفته مهندسی نظیر AutoCAD، Civil Land development و HydroFlow نرم افزار پیشرفته جدیدی با نام Civil 3D را به جامعه مهندسين ارائه کرده است که کاربرد ویژه ای در رشته های مهندسی عمران بخصوص هیدرولیک و راهسازی دارد. برای استفاده از این نرم افزار به نقشه های هیدروگرافی رقومی با فرمت dwg نیاز داریم. نقشه های رقومی به نقشه هایی گفته می شوند که علاوه بر مختصات طولی و عرضی دارای بعد ارتفاع نیز می باشد. در این صورت نرم افزار Civil 3D به کمک مثلث بندی نقاط با ارتفاع های مشخص در نقشه های هیدروگرافی، یک پوسته سه بعدی به شکل بستر مخزن و چندین پوسته دو بعدی در ترازهای موجود نقشه هیدروگرافی در نظر می گیرد. این نرم افزار با استفاده از روش NNI^۴ می تواند ارتفاع هر نقطه تصادفی مانند p درون یک مثلث را بر اساس میانگین وزن دار نقاط موجود در همسایگی آن (رئوس مثلث) با ارتفاع معلوم بیابد [۴] (شکل ۳).

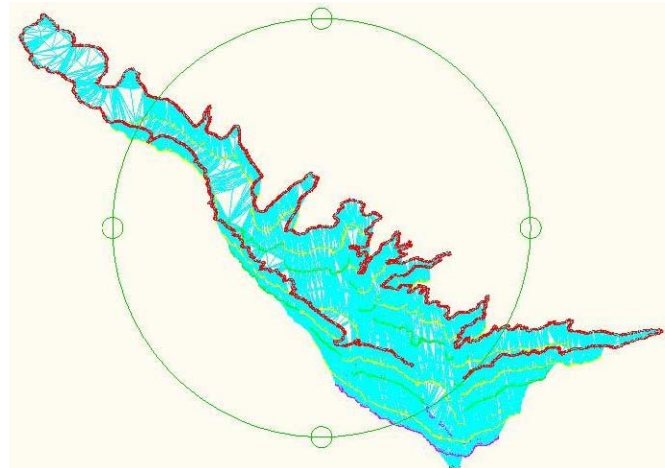


شکل ۳: چگونگی مثلث بندی بر اساس روش NNI در نرم افزار Civil 3D

یکی از ویژگی های این نرم افزار اختصاص خطوط تراز به عنوان مرزهای انتهایی هر کدام از پوسته ها می باشد که باعث افزایش چشمگیر دقت محاسبات می شود. از ویژگی های دیگر این نرم افزار می توان به دینامیک و پویا بودن آن در اطلاعات مرتبط به هم اشاره نمود. بدین معنا که با ایجاد کوچکترین تغییر در اطلاعات اولیه، اطلاعات خروجی نیز اصلاح می شود.

تحلیل نقشه های هیدروگرافی مخازن با استفاده از نرم افزار Civil 3D

برای نشان دادن کاربرد عملی استفاده از این نرم افزار جهت بدست آوردن اطلاعات هندسی از نقشه های هیدروگرافی، نقشه هیدروگرافی مخزن سد لتیان در سال ۱۳۸۴ مورد بررسی قرار می گیرد. در ابتدا برای استفاده از این نرم افزار پوسته های دو بعدی و سه بعدی را در کف مخزن و تراز های موجود در نقشه هیدروگرافی، به نرم افزار معرفی می کنیم. سپس خطوط تراز را در هر ارتفاع به عنوان مرز خارجی آن سطح به نرم افزار معرفی می کنیم. بدین ترتیب پوسته سه بعدی بستر مخزن سد لتیان تشکیل می گردد. تصویر سه بعدی این پوسته در مخزن سد لتیان در شکل (۴) به نمایش در آمده است.

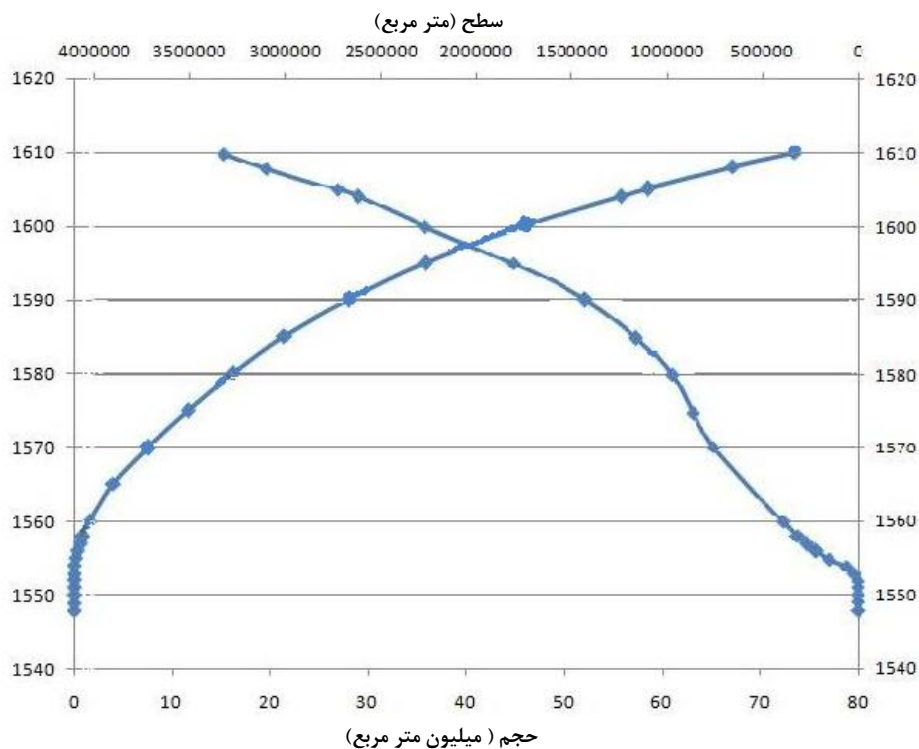


شکل ۴: پوسته سه بعدی بستر مخزن سد لتیان

⁴ Natural Neighbor Interpolation

- محاسبه سطح و حجم مخزن

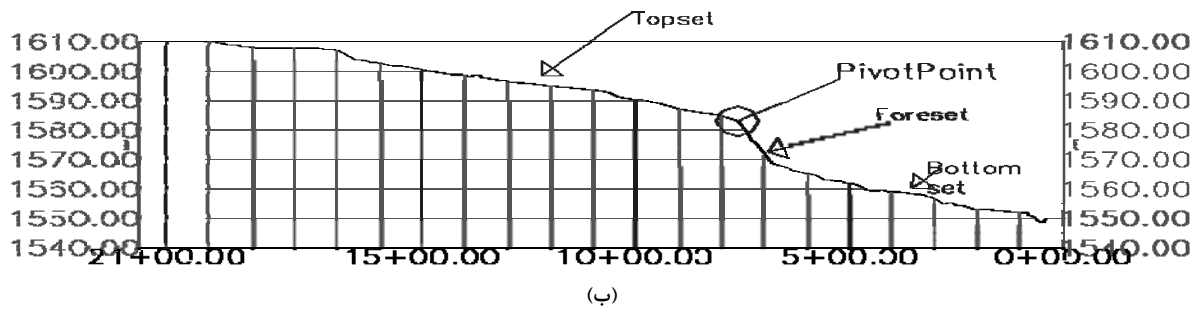
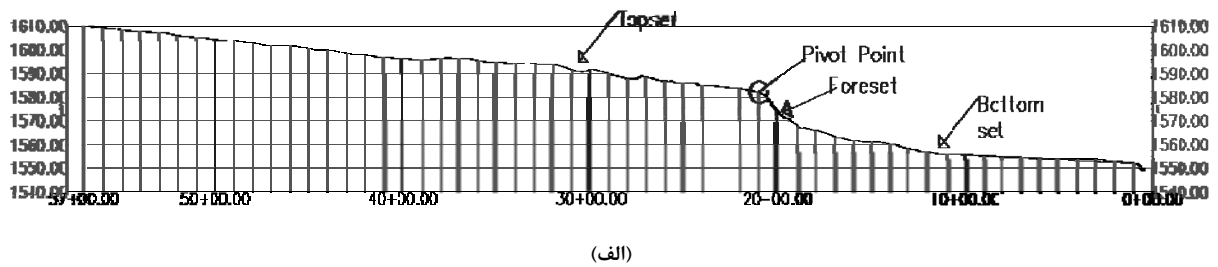
نرم افزار Civil 3D به کمک مثلث بندی و محاسبه مساحت هر کدام از مثلث ها دقت مناسبی را در تعیین مساحت آن سطح دارد. همچنین با توجه به اینکه نرم افزار پوسته سه بعدی مخزن را می شناسد و در هر ارتفاع یک سطح افقی به آن معرفی گردیده، نرم افزار با محاسبه حجم فضای خالی بین سطح افقی و پوسته مذکور، حجم مخزن تا ارتفاع آن سطح افقی را محاسبه می نماید. بدین ترتیب می توان منحنی سطح، حجم و ارتفاع هر مخزن را بدست آورد (شکل ۵). با توجه به اینکه در روی تاج سد، یک دستگاه دیجیتال لیمنو گراف جهت اندازه گیری ارتفاع سطح آب نسبت به سطح متوسط آبهای آزاد در هر لحظه نصب می شود، می توان با داشتن ارتفاع سطح آب در هر لحظه، میزان تغییرات سطح آب و همچنین حجم مخزن را به کمک منحنی های حجم- ارتفاع مخزن سد بدست آورد.



شکل ۵: نمودار سطح، حجم و ارتفاع مخزن سد لتیان در سال ۱۳۸۴
(حاصل از خروجی های نرم افزار Civil 3D)

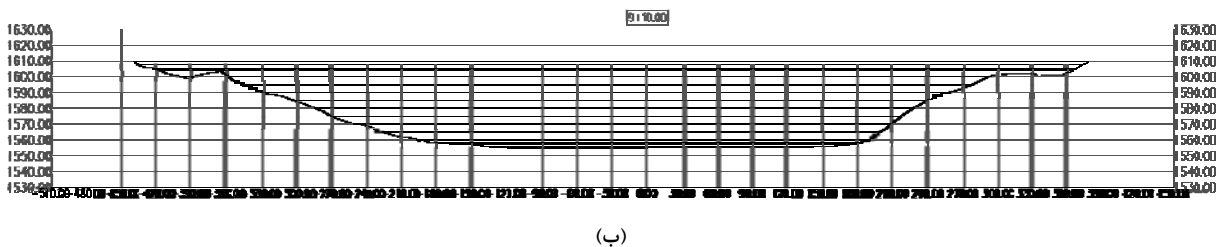
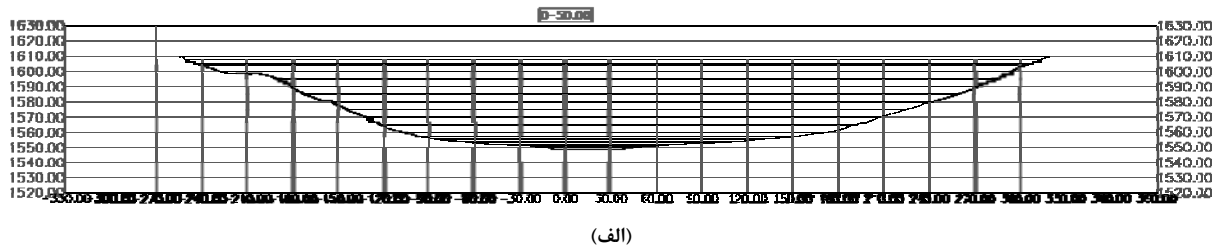
- پروفیل طولی و عرضی

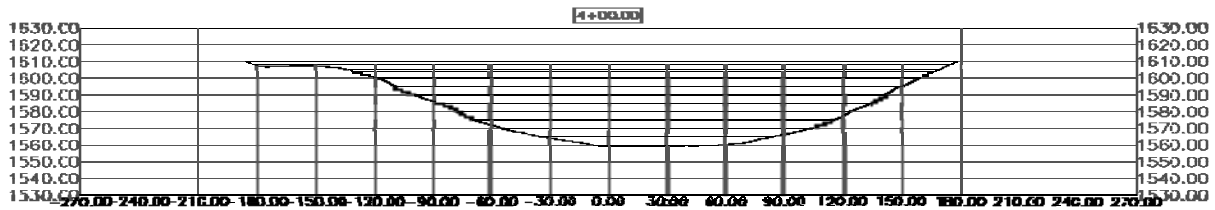
فرایند رسوبگذاری در مخازن سدها علاوه بر کاهش ظرفیت بهره برداری از سدها، تغییراتی در بستر رودخانه و مورفولوژی مخزن ایجاد می کند. از جمله این تغییرات می توان به ایجاد یک پروفیل مثلث شکل بر روی بستر مخزن با نام دلتا اشاره کرد. با پیشروی دلتا به سمت بدنه سد و مسدود کردن دریچه های خروجی و دریچه های توربین ها عملاً بهره برداری از سد با مشکل مواجه خواهد شد. برای بررسی نحوه تغییرات و پیشروی دلتا به سمت بدنه سد نیاز به ترسیم پروفیل طولی در سنوات مختلف و تعیین شیب قسمت های مختلف دلتا (Topset, Bottomset و Foreset) و همچنین تعیین نقطه محوری (Pivot Point) و نرخ پیشروی آن به سمت بدنه سد می باشد. نرم افزار Civil 3D با ایجاد یک سطح عمودی در محلی که نیاز به ترسیم پروفیل طولی داریم و بر هم نهد این سطح با سطح سه بعدی بستر مخزن، گراف پروفیل طولی را ترسیم می نماید. از ویژگی های این نرم افزار در رسم گراف پروفیل طولی میتوان به نمایش شیب تمامی خطوط غیر افقی اشاره نمود در شکل (۶) پروفیل طولی دو شاخه لوارک و جاجرود در مخزن سد لتیان توسط نرم افزار Civil3D رسم شده است.



شکل ۶: پروفیل طولی و قسمت های مختلف دلتای مخزن سد لتیان ۱۳۸۴ الف) شاخه جاجرود ب) شاخه لوارک
محور افقی: فاصله از بدنه سد (متر) محور عمودی: ارتفاع از سطح دریا (متر)

همچنین برای بررسی و مدل کردن یک مخزن به کمک نرم افزار های تحلیل هیدرولیکی، نیاز به ترسیم پروفیل عرضی در فواصل مختلف از بدنه سد می باشیم. معمولا برای ترسیم پروفیل عرضی، از خطوط نشانه عمود بر پروفیل طولی در فواصل مختلف از بدنه سد استفاده می کنند. این نرم افزار توانایی ایجاد این خطوط و ترسیم پروفیل عرضی در فواصل دلخواه از بدنه سد را دارا می باشد. در شکل (۷) سه پروفیل عرضی در بخشهای مختلف مخزن سد لتیان توسط نرم افزار Civil3D رسم شده است.





(ج)

شکل ۷: پروفیل عرضی در فواصل مختلف از بدنه سد لتیان در سال ۱۳۸۴ الف) ۵۰ متری بدنه سد ب) شاخه جاجرود پ) شاخه لوارک
محور افقی: فاصله از خط القعر رودخانه (متر) محور عمودی: ارتفاع از سطح دریا (متر)

نتیجه گیری

با توجه به اینکه بررسی پدیده رسوبگذاری و بررسی نحوه توزیع رسوبات در مخازن سدها از عوامل بسیار مهم در تعیین حجم مخازن به شمار می‌رود و همچنین مهندسين و طراحان تاسیسات آبیگری و سایر تاسیسات هیدرولیکی را در تصمیم گیری یاری میکند، لذا لزوم افزایش سرعت و دقت در محاسبات مربوط به هندسه مخازن سد های کشور می‌تواند کمک شایانی جهت کاهش هزینه های تحقیقاتی و بهره برداری از سد نماید. استفاده از نرم افزارهای نوین از قبیل Civil 3D سرعت و دقت محاسبات را در بدست آوردن سطح، حجم و پروفیل طولی و عرضی مخازن، جهت بررسی و مدل نمودن آنها در نرم افزار های هیدرولیکی افزایش می‌دهد و کمک شایانی در امر مدیریت منابع آب و بهره برداری از مخازن سد های کشور می‌نماید.

مراجع

- 1-Xiaoqing, Y. (2003). "Manual on sediment management and measurement". WMO-No.948, secretariat of the world meterological organization – Geneva – Switzerland, 68-72.
- 2- Water Research Institute, (2000), '*sedimentation in the reservoir of large dams*' Ministry of Energy, Iran.
- [۳] خسروپور، حسین؛ بنی هاشمی، محمد علی؛ " بررسی رسوبگذاری در مخزن سد کرخه با استفاده از مدل عددی و ارائه راهکارهایی برای مدیریت رسوبگذاری در مخزن"، دومین کنفرانس ملی سد و نیروگاههای برقابی اردیبهشت ۱۳۸۷ تهران.
- 4- Autodesk, Inc. (April 2008). AutoCAD civil 3D Tutorials. http://emages.autodesk.com/adsk/files/civil_tut0.