نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۰، ص. ۳۶۴-۳۵۶

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.2, May-Jun 2011, p. 356-364
Archive of SID

مدل ریاضی واسنجی خودکار روش تجربی کاهش سطح در توزیع رسوبات در مخازن سدها با استفاده از الگوریتم ژنتیک

علیرضا عمادی[1*]- اکبر محمدیها[2]- جمال محمد ولی سامانی[3]

تاریخ دریافت:۸۹/۴/۲۶
تاریخ پذیرش:۸۹/۹/۱۴

چکیده

در روش کاهش سطح که یکی از رایج‌ترین روش‌های تجربی در تعیین توزیع رسوبات در مخازن می‌باشد، مخازن از نظر هندسی به چهار نوع تقسیم‌بندی می‌شوند. برای هر یک از چهار نوع مخزن پارامترهای ارائه شده بر اساس تعداد محدودی مخزن بدست آمده است که پیش‌بینی این روش را با خطای زیادی همراه می‌کند. لذا در مخازنی که در حال بهره‌برداری می‌باشند و عملیات هیدروگرافی در آنها حداقل یکبار انجام شده باشد، می‌توان با تعیین پارامترهای مناسب به دقت قابل قبولی دست یافت، یا به اصطلاح مدل را برای آن مخزن خاص واسنجی نمود. در این تحقیق در محیط متلب[4]، ابتدا بر اساس تئوری روش کاهش سطح یک مدل کامپیوتری تهیه شد. سپس مدل بهینه‌سازی به روش الگوریتم ژنتیک آماده شد و در نهایت این دو مدل ترکیب شدند. مدل تهیه شده پارامترهای روش تجربی کاهش سطح را برای هر مخزن به نحوی تعیین می‌کندکه بیشترین تطابق بین مقادیر محاسباتی و اندازه‌گیری شده به دست آید. جهت واسنجی و صحت‌سنجی مدل تهیه شده حداقل به سه دوره اطلاعات اندازه‌گیری شده نیاز می‌باشد. به علت کمبود اطلاعات هیدروگرافی مخازن ایران، ابتدا مدل تهیه شده برای سد مخزنی آلتوس[5] در آمریکا که دارای سه دوره اطلاعات می‌باشد به کار برده شد. نتایج حاصل نشان دهنده افزایش قابل ملاحظه‌ای در دقت پیش‌بینی روش با استفاده از پارامترهای بهینه می‌باشد. سپس با استفاده از این روش پارامترهای بهینه برای سد مخزنی کارده که تنها دو هیدروگرافی از آن در دسترس بود، به دست آمد و بر اساس آنها نحوه توزیع رسوبات در سال-های آینده پیش‌بینی شد.

واژه‌های کلیدی: توزیع رسوبات، روش تجربی کاهش سطح، واسنجی، الگوریتم ژنتیک

مقدمه

یکی از موارد مهم در طراحی سدهای مخزنی نحوه توزیع رسوبات در آنها می‌باشد. نحوه توزیع رسوبات علاوه بر زمان طراحی، در هنگام بهره‌برداری سد از نظر حجم آب قابل دسترس جهت تأمین نیازهای پایین‌دست نیز مهم می‌باشد. به علت توزیع غیر یکنواخت رسوبات و پیچیده بودن نحوه توزیع، روش‌های مختلفی جهت پیش‌بینی توزیع رسوبات در ارتفاعات مختلف مخزن وجود دارد. این روش‌ها شامل مدل‌های ریاضی، روش‌های تجربی و نیمه‌تجربی و مدل‌های آزمایشگاهی می‌باشند. مدل‌های آزمایشگاهی به علت هزینه‌های سنگین، طولانی بودن مدت انجام و محدود بودن مدل ساخته شده، تنها در مواردی که دقت بالا مد نظر است مورد توجه می‌باشند. مدل‌های ریاضی نیز به علت نیاز به اطلاعات زیاد و غیر قابل دسترس در بسیاری از مخازن به خوبی با نحوه رسوبگذاری مخزن تطبیق داده نشده‌اند (۱۲). تاکنون بیش از ۲۲ روش تجربی برای محاسبه چگونگی توزیع رسوب در مخازن سدها ارائه شده است. ولی با این وجود سه روش بورلند و میلر یا روش کاهش سطح (۱۹۵۸)، روش بورلند (۱۹۷۰) و روش منه و کریل (۱۹۵۹) نسبت به سایر روش‌ها متداول‌تر هستند (۹). روش کاهش سطح اولین بار در سال ۱۹۶۰ توسط بورلند و میلر با مطالعه ۳۰ سد در آمریکا ارائه گردید. سپس در سال ۱۹۶۲ مودی اقدام به اصلاح این روش کرد (۳). تحقیقات بسیاری در مورد بهبود روش تجربی کاهش سطح انجام شده است که در ادامه به تعدادی از آنها که در ارتباط با واسنجی این روش می‌باشد اشاره شده است. بر اساس تحقیقاتی که آنانديل (۹)

۱و۲- استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email:emadia355@yahoo.com)
۳- استاد گروه سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

4- Matlab
5- Altus

www.SID.ir

Archive of SID

روی ۱۴ مخزن در آفریقای جنوبی انجام داد، به این نتیجه رسید که روش پیشنهادی بورلند و میلر در تعیین نوع مخزن مناسب نبوده و تنها یکی از ۱۴ مخزن مورد مطالعه بهترین جواب را با نوع مخزن پیشنهادی دارد و بقیه مخازن بهترین تطابق را با مقادیر هیدروگرافی با نوع مخزن دیگری به جزء نوع مخزن پیشنهادی دارند. محمدیها و عمادی (۸) با واسنجی روش تجربی کاهش سطح برای سد گلستان به صورت دستی میزان خطا (مجموع حداقل مربعات) را حدود ۱۰ درصد کاهش دادند. امامی و همکاران (۱) روند رسوبگذاری در مخزن سد دز را با روش کاهش سطح معمولی و واسنجی شده بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که استفاده از ضرایب واسنجی شده می‌تواند خطاهای مدل را در پیش‌بینی توزیع رسوب تا حد زیادی کاهش دهد. کارگر و صدقی (۶) رسوبگذاری در مخزن سد سفیدرود را با روش‌های تجربی کاهش و افزایش سطح و روش تجربی گالای و اوانس بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که خروجی این روش‌ها با مقادیر هیدروگرافی تفاوت فاحشی داشته و این روش‌ها باید واسنجی شوند. موسوی و هابیلی (۷) تأثیر ضریب شکل و تغییرات آن را در اثر رسوبگذاری بررسی کرده و روش جدیدی جهت بهبود تعیین ضریب شکل مخزن ارائه کردند.

با توجه به تحقیقات انجام شده در زمینه روش تجربی کاهش سطح مشخص می‌شود که این روش جهت افزایش دقت، نیاز به واسنجی دارد. تحقیقات انجام شده در زمینه واسنجی این روش به صورت دستی بوده و با سعی و خطا پارامترهای مناسب تعیین شده که نسبت به پارامترهای معمول نتایج بهتری را می‌دهد. ولی این مقادیر ممکن است مناسب‌ترین مقادیر نباشند و بتوان مقادیر بهتری را بدست آورد. لذا در این تحقیق هدف یافتن پارامترهای بهینه در روش تجربی کاهش سطح برای یک مخزن خاص می‌باشد.

مواد و روش‌ها

روش کاهش سطح

این شیوه یک روش ریاضی مبتنی بر اصول مشاهده‌ای بر اساس بررسی‌های انجام گرفته روی ۳۰ مخزن سد در آمریکا در مراحل مختلف بهره‌برداری می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان داد که انباشت و توزیع رسوبات در ارتفاعات مختلف مخزن، رابطه مشخصی با شکل مخزن سد دارد که شکل مخزن با توجه به رابطه بین ارتفاع و ظرفیت مخزن تعریف و طبقه‌بندی می‌شود. در این روش، مخازن سدها مطابق با جدول ۱ به ۴ نوع تقسیم می‌شوند.

مبنای تقسیم بندی مخازن عامل m است. عامل m عبارت است از عکس شیب بهترین خط نمایش ترسیمی ارتفاع مخزن بر حسب ظرفیت مخزن که روی کاغذ تمام لگاریتمی رسم شده باشد که عمق در محور قائم و حجم در محور افقی است. معادله اصلی در این روش به صورت رابطه (۱) می‌باشد:

جدول ۱- درجه‌بندی مخازن سدها بر حسب شکل

درجه بندی مخزن	نوع مخزن	m
I	دریاچه‌ای	۳/۵-۴/۵
II	دشت سیلابی	۲/۵-۳/۵
III	تپه‌ای	۱/۵-۲/۵
IV	دره‌ای	۱-۱/۵

$$S = \int_{0}^{y_0} Ady + \int_{y_0}^{H} Kady \qquad (۱)$$

که S، کل رسوبات ورودی به مخزن سد در طول دوره طراحی، y_0، تراز بستر رودخانه در محل احداث سد بعد از انباشت رسوبات که معادل با عمق رسوب ته نشین شده می‌باشد، A، سطح مخزن در ارتفاعات مختلف، dy، جزئی از ارتفاع، H، ارتفاع مخزن در تراز نرمال سد، a، سطح نسبی رسوب که به ازای مقادیر مختلف عمق نسبی (P) قابل محاسبه است و K، ضریب تناسب به منظور تبدیل سطح نسبی رسوب به سطح واقعی است که از رابطه (۲) بدست می‌آید.

$$K = \frac{A_0}{a_0} \qquad (۲)$$

که در آن A_0 و a_0، به ترتیب سطح واقعی و سطح نسبی مخزن در ارتفاع صفر جدید می‌باشد.

مساحت نسبی از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$a_p = Cp^m(1-p)^n \qquad (۳)$$

مقادیر C، m و n ضرایب ثابتی هستند که با توجه به نوع بر اساس مقادیر اصلاح شده روش بورلند و میلر در جدول ۲ ارائه شده‌اند (۳). واسنجی روش با تغییر این مقادیر برای هر مخزنی می‌تواند انجام شود.

جدول ۲- مقادیر m، n و C در انواع مخازن

نوع مخزن	n	m	C	حد انباشت رسوبات (مکانی)
I	۰/۳۶	۱/۸۵	۵/۰۷۴	بالا
II	۰/۴۱	۰/۵۷	۲/۴۸۷	بالاتر از حد متوسط
III	۲/۳۲	-۱/۱۵	۱۶/۹۶۷	پایین تر از حد متوسط
IV	۱/۳۴	-۰/۲۵	۱/۴۸۶	پایین

در روش کاهش سطح گام‌های زیر در تعیین چگونگی توزیع رسوب گذاری در مخزن باید دنبال شوند:

گام اول: عمق مخزن در مقابل ظرفیت آن در یک کاغذ تمام لگاریتمی رسم می‌گردد تا فاکتور شکل مخزن (m) تعیین و بر اساس

www.SID.ir

Archive of SID

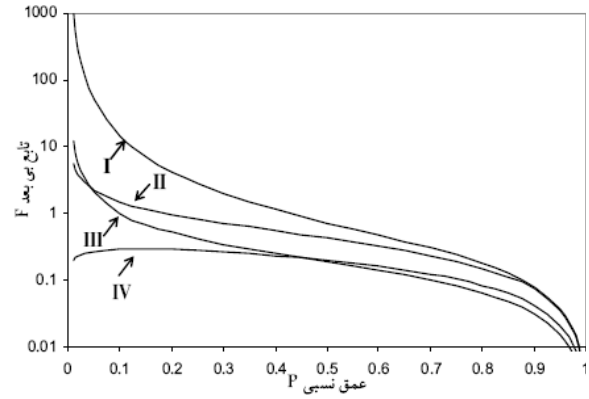
آن نوع مخزن از جدول ۱ مشخص شود.

گام دوم: مقادیر تابع بی‌بعد h'(p) برای مقادیر مختلف عمق نسبی P از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$h'(p)=\frac{S-V(y)}{H\times A(y)} \qquad (۴)$$

که در آن h'(p)، تابع بی‌بعدی از کل رسوب ته نشین شده، ظرفیت، عمق و مساحت مخزن، S، حجم کل رسوب ته‌نشین شده، V(y)، ظرفیت مخزن در رقوم y، H، عمق اولیه مخزن و A(y)، مساحت مخزن در رقوم y می‌باشد.

گام سوم: مقادیر h'(p) بر حسب عمق نسبی P و همچنین رابطه F-P بدست آمده از شکل ۱ (h(p)) در یک دستگاه مختصات رسم می‌شود. نقطه برخورد این دو منحنی، رقوم صفر جدید را در محل سد مشخص می‌کند.



شکل ۱- مقادیر h (p) بر حسب p

گام چهارم: با استفاده از منحنی حجم – ارتفاع مخزن، حجم رسوب موجود در زیر تراز صفر مخزن تعیین و سپس با توجه به رابطه (۱) حجم رسوب در اعماق مختلف برآورد می‌گردد. باید توجه کردکه این روش یک روش سعی و خطا بوده و در صورتی که حجم رسوبات بدست آمده با رسوبات ورودی اختلاف زیادی داشته باشد، ضریب تناسب مجدداً از رابطه (۵) محاسبه می‌گردد.

$$K_2=K_1\frac{S}{S_1} \qquad (۵)$$

که در آن K_2، ضریب تناسب جدید و K_1، ضریب تناسب قبلی و S_1، حجم تجمعی رسوبات بدست آمده می‌باشد (۳). بنابراین بر اساس تئوری روش کاهش سطح، یک مدل کامپیوتری در محیط متلب تهیه شد.

الگوریتم ژنتیک

این الگوریتم که برگرفته از الگوریتم‌های تکاملی[1] می‌باشد در حقیقت روش جستجوی کامپیوتری بر پایه الگوریتم‌های بهینه‌سازی بوده و بر اساس ساختار ژن‌ها و کروموزوم‌ها و قواعد موروثی پایه‌ریزی شده و دارای سه عملگر اصلی انتخاب[2]، ادغام[3] و جهش[4] است که توسط هالند[5] در دانشگاه میشیگان مطرح شد و پس از وی توسط جمعی از دانشجویانش از جمله گلدبرگ[6] توسعه یافت (۲و۵).

برای حل مسئله با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک، ابتدا جمعیت اولیه‌ای شامل K کروموزوم تولید می‌شود. هر کروموزوم نشان دهنده جواب مسئله خواهد بود. سپس با استفاده از عملگر برازش میزان مطلوب بودن هر کرموزوم محاسبه شده و در مرحله بعد با استفاده از مقادیر محاسبه شده در مرحله برازش کروموزوم‌هایی انتخاب شده و جمعیت میانی که شامل K کروموزوم می‌باشد، تولید می‌گردد. در نهایت عملگر جهش روی کروموزوم‌های جمعیت میانی اعمال می‌شود. پس از اعمال عملگر جهش، جمعیت میانی جایگزین جمعیت اولیه شده و مجدداً مراحل برازش، ادغام، جهش و جایگزینی روی آن انجام می‌شود (۱۰). فلوچارت این روش در شکل ۲ ارائه شده است. بر اساس این الگوریتم مدل بهینه سازی تهیه و با مدل کاهش سطح ترکیب شد.

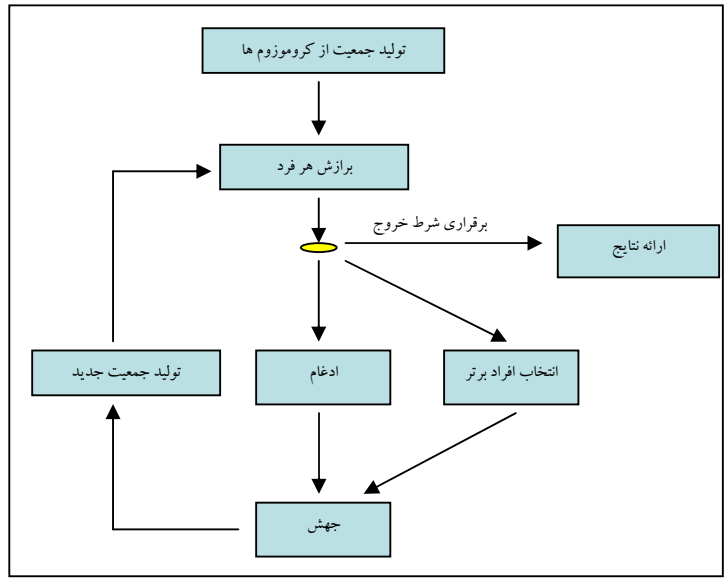
مشخصات سدهای مورد مطالعه

جهت واسنجی و صحت‌سنجی و همچنین نشان دادن میزان بهبود این روش با پارامترهای بهینه نیاز به سه دوره اطلاعات سطح – حجم – ارتفاع اندازه‌گیری می‌باشد که برای اکثر مخازن ایران موجود نمی‌باشد. یا در صورت موجود بودن، به سختی در اختیار محققین قرار می‌گیرد. بنابراین علاوه بر سد کارده که دو دوره از اطلاعات هیدروگرافی آن در دسترس می‌باشد مدل تهیه شده برای سد مخزنی آلتوس در آمریکا که دارای سه دوره اطلاعات اندازه‌گیری شده می‌باشد نیز به کار برده شد. سد مخزنی آلتوس در جنوب غربی ایالت اُکلاهاما[7] در ۳۰ کیلومتری شهر آلتوس واقع شده است. تراز تاج تاج این سد ۴۷۶/۷ متر از سطح دریا می‌باشد و بهره‌برداری از آن از سال ۱۹۴۰ میلادی شروع شده است. سایر مشخصات فنی این سد در جدول ۳ ارائه شده است (۱۱).

1- Evolutionary Algorithms
2- Selection
3- Crossover
4- Mutation
5- Holland
6- Goldberg
7- Oklahoma

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- فلوچارت الگوریتم ژنتیک

جدول ۳- مشخصات فنی سدهای مورد مطالعه

نام سد	نوع سد	حجم مخزن در بالاترین تراز (MCM)	طول تاج (متر)	بالاترین تراز (متر)	پایین ترین تراز (متر)	سال های رسوب سنجی
آلتوس	بتنی قوسی- وزنی	۲۳۷/۸۷	۳۳۸/۹	۴۷۶/۷	۴۵۶/۵۸	۱۹۴۸، ۱۹۵۳و۱۹۶۷ میلادی
کارده	بتنی دو قوسی	۳۰	۱۴۴	۱۲۹۶	۱۲۵۰	۱۳۷۵و۱۳۸۲ شمسی

سد کارده در میان ۴۲ سد بزرگ کشور رتبه اول را در زمینه نرخ کاهش حجم در اثر رسوبگذاری داراست (۶). سد مخزنی کارده روی رودخانه کارده و در ۴۰ کیلومتری شمال مشهد به منظور تأمین آب آشامیدنی، کشاورزی و کنترل سیلاب احداث گردیده است. بهره برداری از این سد از سال ۱۳۶۸ آغاز شد. تراز تاج این سد ۱۲۹۶ متر از سطح دریا می‌باشد. سایر مشخصات فنی این سد به شرح جدول ۳ می‌باشد (۴).

تابع هدف و متغیرهای تصمیم

در این تحقیق m، n و C متغیرهای تصمیم می‌باشند و جهت تعیین مقادیر بهینه این پارامترها تابع هدف به صورت انحراف معیار مقادیر محاسباتی از مقادیر واقعی مطابق با رابطه (۶) تعریف می‌شود. این تابع در حالت کمینه بهترین مقادیر پارامترها را به دست می‌آورد.

$$of = \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{B} (v_c - v_a)^2 / (B-1)} \qquad (۶)$$

که در آن v_c، حجم محاسباتی مخزن بر اساس روش کاهش سطح در تراز iام، v_a، حجم واقعی مخزن در تراز iام بر اساس اطلاعات هیدروگرافی، B، تعداد ترازها در منحنی سطح – حجم – ارتفاع، σ، انحراف معیار و of، تابع هدف می‌باشد.

محدوده تغییرات n وc از صفر تا ۲۰ و برای m بین ۲۰- تا ۲۰+ در نظر گرفته شده است.

نتایج و بحث

به دلیل مناسب نبودن روش پیشنهادی بورلند و میلر در تعیین نوع مخزن، روش تجربی کاهش سطح با هر چهار نوع مخزن برای سدهای مورد مطالعه انجام گرفت. بهترین نوع مخزن برای سد آلتوس برمبنای داده‌های هیدروگرافی سال ۱۹۴۸، نوع ۴ و برای سد کارده بر اساس هیدروگرافی سال ۱۳۷۵ نوع ۳ بدست آمد. بر اساس نوع مخازن بدست آمده محاسبات روش تجربی کاهش سطح انجام و مقادیر بدست آمده با مقادیر واقعی در سال۱۹۵۳ (برای سد آلتوس) و سال ۱۳۸۲ (برای سد کارده) مقایسه شد و مقادیر تابع هدف در هر

www.SID.ir

Archive of SID

یک از مخازن طبق رابطه (۶) محاسبه شد. خلاصه نتایج در جدول ۴ ارائه شده است. در سد کارده نوع مخزن پیشنهادی توسط بورلند ومیلر، بهترین نوع مخزن بوده و به همین علت مقدار تابع هدف ثابت باقی می‌ماند. اما در سد آلتوس بهترین نوع مخزن، دره‌ای می‌باشد و بر اساس روش بورلند و میلر تقاطعی بین منحنی‌های h'(p) و h (p) انجام نشده و در نتیجه روش کاهش سطح در این حالت توانایی پیش‌بینی توزیع رسوب در این سد را ندارد.

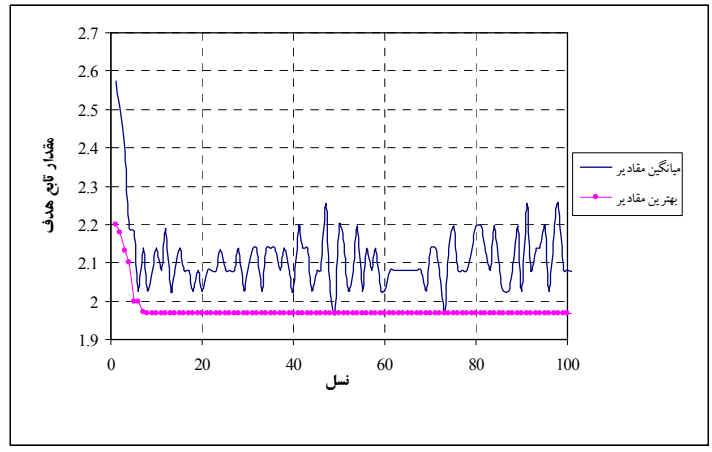
سپس بر مبنای بهترین نوع مخزن برای هر یک از سدها مدل تهیه شده جهت تعیین پارامترهای بهینه اجرا شد. در سد آلتوس پارامترهای بهینه بر اساس هیدروگرافی سال‌های ۱۹۴۸ و ۱۹۵۳ به دست آمد. شکل ۳ نحوه تغییرات تابع هدف وهمگرایی مقدار آن را به سمت مقدار کمینه در فرایند محاسبات برای سد آلتوس نشان می‌دهد. مقادیر بهینه در جدول ۵ ارائه شده است. همانطور که از شکل ۳ مشخص می‌باشد نمودار میانگین و بهترین مقادیر مربوط به این مخزن در ابتدا دارای یک افت قابل توجه بوده و تقریباً پس از ۸ نسل به یک مقدار ثابت که همان بهترین مقادیر می‌باشد میل می‌کند. البته طبیعی است که میانگین مقادیر حول یک مقدار ثابت نوسان کنند، به این علت که در هر نسل، اعداد جدیدی علاوه بر بهترین اعداد در نسل مذکور که در واقع بهترین اعداد در نسل‌های گذشته می‌باشند وارد چرخه شده و شاید این اعداد مقادیر تابع هدف مناسبی نداشته باشند اما از آنجا که در نسل مورد بررسی افراد برتر (از نظر کمینه بودن تابع هدف) نیز وجود دارند، میانگین این اعداد حول یک مقدار تقریباً ثابت نوسان می‌کند. میانگین مقادیر متوسط مقادیر در هر نسل بوده و بهترین مقادیر، مقادیری می‌باشند که کمترین مقدار تابع هدف در هر نسل بر حسب آنها بدست آمده است.

همانطور که از جدول ۵ مشخص است بهینه نمودن پارامترها در این روش تأثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش میزان تابع هدف و بالا بردن دقت این روش دارد. به طوری که در سد آلتوس در سال ۱۹۵۳ میزان تابع هدف در حدود ۲۶ درصد کاهش یافته است. در مورد سد کارده بر اساس اطلاعات منحنی سطح – حجم – ارتفاع سال ۱۳۷۵ میزان تابع هدف در سال ۱۳۸۲ به میزان ۵۰ درصد کاهش یافته است.

جدول ٤- میزان تابع هدف بر اساس روش تجربی کاهش سطح و با توجه به نوع مخزن با روش بورلند و میلر وبهترین نوع مخزن

نام مخزن	سال (میلادی، شمسی)	ظرفیت (میلیون متر مکعب)	حجم رسوبات ورودی(میلیون متر مکعب)	طبقه بندی بر مبنای روش بورلند ومیلر (۱۹۵۸)	بهترین نوع مخزن	میزان تابع هدف با روش معمولی و نوع مخزن بر اساس روش بورلند و میلر(میلیون متر مکعب)	میزان تابع هدف با روش معمولی و بهترین نوع مخزن(میلیون متر مکعب)
آلتوس	۱۹۴۸و۱۹۵۳	۲۲۸/۲۴ و۲۲۰/۳۱	۷/۹	۲	۴	*	۲/۶۵
کارده	۱۳۷۵و۱۳۸۲	۲۸ و ۲۶/۸۲	۱/۱۸	۳	۳	۲/۷۲	۲/۷۲

*- بر اساس نوع مخزن پیشنهاد شده توسط بورلند ومیلر تقاطعی بین h'(p) و h (p) حاصل نمی‌شود.



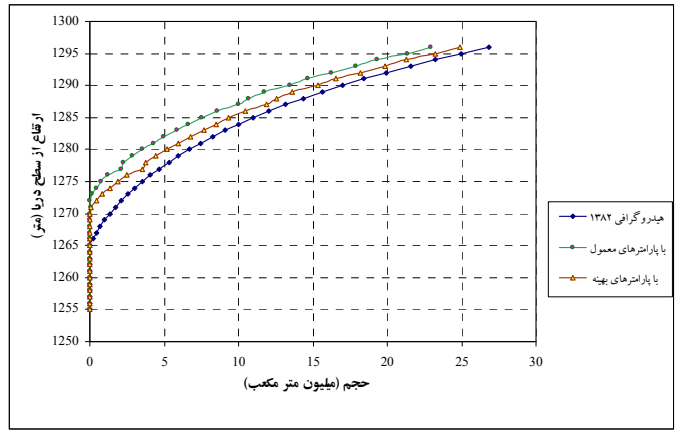
شکل ۳- نحوه همگرایی تابع هدف به مقدار بهینه در سد آلتوس

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- میزان تابع هدف با مقادیر بهینه و معمول C, m ,n

نام سد	پارامترهای مورد استفاده	n	m	C	تابع هدف بر مبنای اولین و دومین هیدروگرافی	تابع هدف بر مبنای دومین و سومین هیدروگرافی
آلتوس	معمول	۱/۳۴	-۰/۲۵	۱/۴۸۶	$۲/۶۵\times۱۰^{۶}$	$۶/۰۹\times۱۰^{۶}$
	بهینه	۰/۱۹	-۱۹/۷۸	۱۹/۹۴	$۱/۹۶۷\times۱۰^{۶}$	$۴/۷۵\times۱۰^{۶}$
کارده	معمول	۲/۳۲	-۱/۱۵	۱۶/۹۶۷	$۲/۷۵\times۱۰^{۶}$	-
	بهینه	۰/۱۹	-۱۹/۷۸	۱۹/۹۸	$۱/۳۶\times۱۰^{۶}$	-



شکل ٤- نحوه توزیع رسوب به روش تجربی کاهش سطح در سد کارده

جهت تعیین کارایی مدل پس از تعیین پارامترهای بهینه برای سد مخزنی آلتوس که با استفاده از هیدروگرافی‌های سال های ۱۹۴۸ و ۱۹۵۳ تعیین شده، حجم مخزن در ترازهای مختلف در سال ۱۹۶۸ بر اساس اطلاعات سال ۱۹۵۳ به دو صورت (بر اساس پارامترهای معمول و پارامترهای بهینه) محاسبه شد. با توجه به مقادیر جدول ۵ مشخص می‌شود که استفاده از پارامترهای بهینه باعث ۲۲ درصد کاهش مقدار تابع هدف نسبت به پارامترهای معمول گردیده است. چنین چیزی توانایی مدل در افزایش دقت روش کاهش سطح را نشان می‌دهد.

در شکل ۴ مقادیر حجم نسبت به ارتفاع مخزن سد کارده در سال ۱۳۸۲ در حالات اندازه‌گیری شده و محاسباتی با استفاده از پارامترهای معمول و بهینه نشان داده شده است. با توجه به این شکل، نمودار حجم - ارتفاع بدست آمده با استفاده از پارامترهای بهینه نسبت به پارامترهای معمول مطابقت بهتری با مقادیر اندازه‌گیری شده دارد. این مطابقت در ارتفاعات بالاتر بیشتر است، ولی در ارتفاعات پایین‌تر تطابق کمتری وجود دارد که مربوط به محاسبه تراز صفر جدید در روش کاهش سطح می‌باشد. با توجه به شکل ۴ می‌توان گفت بر خلاف اینکه پارامترهای بهینه در ترازهای بالاتر پیش‌بینی بهتری انجام می‌دهند، ولی در ترازهای پایین تأثیر چندانی در دقت محاسبات ندارند. چنین چیزی به دلیل عدم توانایی روش کاهش سطح در تعیین دقیق ارتفاع صفر جدید می‌باشد.

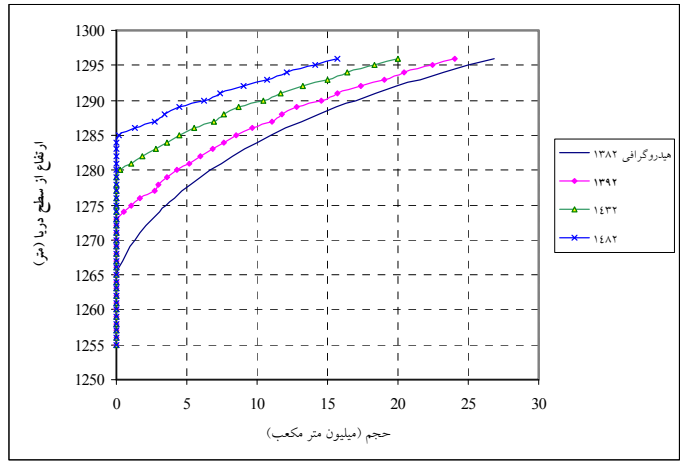
با استفاده از مقدار متوسط رسوب ورودی سالانه، روش تجربی کاهش سطح با پارامترهای بهینه اجرا شده و نحوه توزیع رسوبات برای سال‌های بعد پیش‌بینی شده است. در شکل ۵ بر اساس پارامترهای بهینه سد کارده مقادیر حجم مخزن برای این سد در ترازهای مختلف در سال‌های ۱۳۹۲،۱۴۳۲ و ۱۴۸۲ پیش بینی شده است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق بر اساس تئوری روش کاهش سطح یک مدل کامپیوتری در محیط متلب تهیه شد. سپس مدل بهینه سازی بر اساس الگوریتم ژنتیک نوشته و با مدل کاهش سطح ترکیب شد. مدل تهیه شده پارامترهای بهینه را به‌نحوی تعیین می‌کند که بیشترین تطابق بین مقادیر محاسباتی و اندازه‌گیری شده بدست آید. مدل تهیه شده برای سدهای آلتوس و کارده اجرا و پارامترهای بهینه روش کاهش سطح مربوط به هر یک بدست آمد. مهمترین نتایج حاصله بدست آمده از این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- پیش‌بینی نحوه توزیع رسوب در سال‌های آینده بر اساس پارامترهای بهینه سد کارده

۱- پارامترهای بهینه برای سد کارده (مقادیر C ،m ،n) به ترتیب برابر با ۰/۱۹، ۱۹/۷۸- و ۱۹/۹۸ می‌باشند.

۲- استفاده از پارامترهای بهینه در روش کاهش سطح، تابع هدف را در سد کارده به میزان ۵۰ درصد کاهش می‌دهد.

۳- استفاده از پارامترهای بهینه در روش کاهش سطح، تابع هدف را در سد آلتوس به میزان ۲۶ درصد کاهش می‌دهد.

۴- به منظور صحت‌سنجی، مدل توزیع رسوب برای سد مخزنی آلتوس در دوره‌ای غیر از دوره محاسبه پارامترهای بهینه، بر اساس پارامترهای معمول و بهینه انجام شد. مقایسه نتایج بدست آمده با مقادیر اندازه‌گیری شده نشان داد که استفاده از پارامترهای بهینه نسبت به پارامترهای معمول باعث کاهش میزان تابع هدف به مقدار ۲۲ درصد می‌شود. این مسئله نشان دهنده کاربردی بودن و بهتر شدن پیش‌بینی توزیع رسوب با استفاده از پارامترهای بهینه می‌باشد.

۵- با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک می‌توان دقت روش تجربی کاهش سطح را به میزان قابل توجهی افزایش داد.

۶- یکی از مهم‌ترین مشکلات این روش تعیین نوع دقیق مخزن برای هر هیدروگرافی انجام شده جهت پیش بینی دقیق‌تر برای سال‌های بعد است. با تعیین پارامترهای بهینه برای هر مخزن، دیگر نیازی به تعیین نوع مخزن در هیدروگرافی‌های بعدی نمی‌باشد.

۷- روش تجربی کاهش سطح توانایی پیش بینی ارتفاع صفر جدید را ندارد.

۸- با استفاده از این روش می‌توان پارامترهای بهینه روش تجربی کاهش سطح را برای هر مخزن دیگری به دست آورد.

منابع

۱- امامی س.ا.، محجوب ح.، جباری ا. و علاقه‌مندان م. ۱۳۸۵. بررسی روند رسوبگذاری در مخزن سد دز به روش تجربی کاهش سطح و واسنجی آن بر اساس نتایج هیدروگرافی‌ها. مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ۲۶-۲۴ بهمن.

۲- باوی ا. و صالحی م. ۱۳۸۷. الگوریتم‌های ژنتیک وبهینه‌سازی سازه‌های مرکب. انتشارات عابد، تهران، ۲۰۰ص.

۳- سازمان مدیریت منابع آب ایران. دفتر استاندارد مهندسی آب. ۱۳۸۲. تعیین حجم رسوبات و توزیع آن در مخازن سدها. نشریه شماره۲۲۱. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور معاونت امور فنی، ۳۶ ص.

۴- شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس. ۱۳۷۵. گزارش رسوب سنجی سد کارده.

۵- علیرضا م. ۱۳۸۶. مقدمه‌ای بر الگوریتم‌های ژنتیک و کاربردهای آن. انتشارات ناقوس اندیشه، تهران، ۱۴۰ص.

۶- کارگر ا.ع. و صدقی ح. ۱۳۸۷. معرفی و بررسی متداول‌ترین روش‌های تخمین رسوبگذاری در مخازن سدها (مطالعه موردی: سد سفید رود). چهاردهمین کنفرانس دانشجویان مهندسی عمران سراسر کشور، دانشگاه سمنان، سمنان، ۷-۵ شهریور.

۷- محمد زاده هابیلی ج. و موسوی ف. ۱۳۸۷. بهبود روش تعیین ضریب شکل مخازن سدها و بررسی تغییرات آن در اثر رسوبگذاری. نشریه علمی پژوهشی آب و خاک، دانشگاه فردوسی، مشهد، ۲۲: ۴۱۶- ۴۰۷.

www.SID.ir

Archive of SID
۸- محمدیها ا. و عمادی ع. ۱۳۸۹. کالیبراسیون روش تجربی کاهش سطح در برآورد توزیع رسوب سد مخزنی گلستان. مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی، مشهد، ۱۶-۱۴ اردیبهشت.

9- Annandale G.W. 1987. Reservoir sedimentation, Elsevier Science Publishers, B.V., Rand Afrikaans University, Auckland Park Johannesburg, South Africa.

10- http:// fa.wikipedia.org/wiki/الگوریتم ژنتیک

11- Ronald R.F., Bureau of Reclamation, Technical Service Center, Denver, CO 80225, 2008. Altus Reservoir 2007 Sedimentation Survey.

12- United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation. 1987. Design of Small Dams. Water Resources Technical Publication.

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.2, May-Jun 2011, p. 356-364

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۰، ص. ۳۶۴-۳۵۶

Archive of SID

Mathematical Model for Auto-Calibration of Area-Reduction Method in Sediment Distribution of Dam Reservoir Using Genetic Algorithm

A. Emadi[1]*- A. Mohammadiha[2]- J. Mohammad Vali Samani[3]

Received:17-7-2010
Accepted:5-12-2010

Abstract

Area-reduction method is one of the most common experimental methods that determines the sediment distribution in reservoirs. In this method, reservoirs are geometrically divided into four types. For all reservoir types, parameters are achieved based on a limited number of reservoirs which leads to large scale errors for prediction of this method. So suitable parameters can be achieved in dams that are in operation and hydrography of reservoir is carried out at least once. In other words the method can be calibrated for the reservoir. In this study initially a computer model based on the area-reduction method was provided using MATLAB software. Then optimization model was prepared using Genetic Algorithm and these two models were combined, finally. The above mentioned model determines area-reduction method parameters, so that the most compatibility occurs between computational and measured values. For calibration and verification of the model at least three measured data are required. Due to lack of enough hydrographic data in Iranian dams, first the model was applied for Altus dam in USA with three hydrographic data. Results showed that there was a significant increase in accuracy of estimation, using optimal parameters. Finally optimal parameters were achieved using this model for Karde dam that had only two hydrographic data available. Then based on optimal parameters sediment distribution of Karde dam was predicted for next years.

Keywords: Sediment distribution, Area-reduction method, Calibration, Genetic algorithm

1,2- Assistant Professor and MSc Student, Deportment of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(*-Corresponding Author Email: emadia355@yahoo.com)
3- Professor, Faculty of Agricultural, Tarbiat Modaress University

www.SID.ir