گزارش کوتاه علمی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیستم، شماره پنجم، ۱۳۹۲
http://jwsc.gau.ac.ir

تعیین مقادیر مناسب پارامترهای الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی سدهای بتنی وزنی

مصطفی اصلانی[۱]، *علیرضا عمادی[۲] و هادی نظرپور[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۲]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۳]استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه نوشیروانی، بابل

تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۲۹

چکیده

کاربرد الگوریتم‌های بهینه‌ساز، در بهینه‌سازی مقطع سدهای وزنی و یافتن ابعاد هندسی بهینه سازه با استفاده از این روش، مسأله‌ای است که مورد توجه طراحان قرار دارد. الگوریتم ژنتیک یکی از الگوریتم‌های هوشمند است که از ٤ عمل‌گر برازش، انتخاب، جهش و ادغام برای حل مسایل استفاده می‌کند. در این پژوهش، حساسیت مدل شبیه‌ساز- بهینه‌ساز تهیه شده نسبت به تغییر مقادیر نرخ تکرار، اندازه جمعیت، نرخ جهش و نرخ انتخاب مورد ارزیابی قرار گرفت. در بهینه‌سازی مقطع سدهای بتنی وزنی با الگوریتم ژنتیک در بهترین حالت نرخ تکرار، جمعیت اولیه، نرخ جهش و نرخ انتخاب به‌ترتیب ۳۰، ۵۰، ۰/۳ و ۰/۵ به‌دست آمدند. این اطلاعات می‌توانند به‌عنوان ورودی در مدل بهینه‌سازی برای مطالعه دیگر سدها با استفاده از این الگوریتم، استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: سد بتنی وزنی، الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی، تحلیل حساسیت

* مسئول مکاتبه: emadia355@yahoo.com

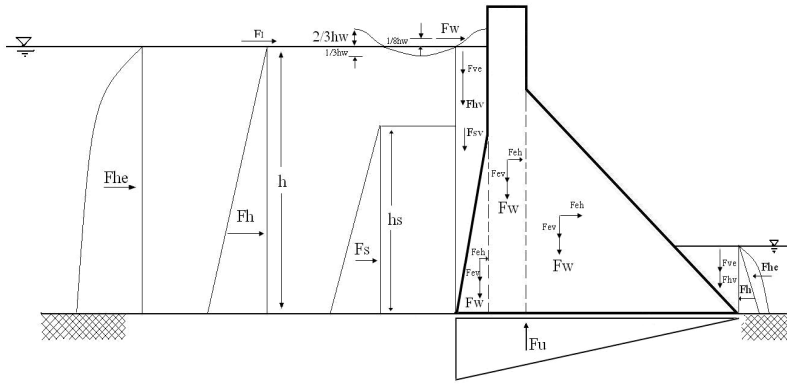
مقدمه

در طراحی سدهای وزنی، یکی از روش‌های کمینه نمودن هزینه‌ها استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی در طراحی سطح مقطع این سازه‌ها می‌باشد (محمدولی سامانی، ۲۰۰۷). ملازاده و همکاران (۲۰۰۱)، مقطع سد وزنی بتنی را با الگوریتم ژنتیک تعیین نمودند. ورعی و احمدی‌ندوشن (۲۰۰۹) با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و گروه ذرات، مقطع بهینه سدهای وزنی را به‌دست آوردند. ابراهیمی و همکاران (۲۰۰۷) پارامترهای الگوریتم ژنتیک در مسأله هیدرولیک مخازن و سازه‌های آبی را تعیین نمودند. الگوریتم ژنتیک، یک روش جستجو و بهینه‌سازی براساس اصول تکامل طبیعی است. در حقیقت این روش براساس ساختار ژن‌ها و کروموزوم‌ها و قواعد موروثی پایه‌ریزی شده و دارای ٤ عمل‌گر اصلی برازش[1]، انتخاب[2]، ادغام[3] و جهش[4] است. این روش با مطالعاتی بر روی تکامل و سازگاری با طبیعت توسط جان هالند[5] (۱۹۷۵) در دانشگاه میشیگان مطرح شد (زهرایی و حسینی، ۲۰۰۹). هدف از این پژوهش، تعیین بهترین مقادیر برای عمل‌گرهای الگوریتم ژنتیک، به‌منظور استفاده در حل مسأله بهینه‌سازی مقطع سدهای وزنی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

براساس استانداردهای طراحی، ۷ نیروی مؤثر در بررسی پایداری سدها در این فرم تهیه گردیده است که براساس اهمیت نیروها عبارتند از: نیروهای وزن، هیدروستاتیک، زیر فشار، اکتیو رسوبات، زلزله در بدنه، زلزله در مخزن و نیروی موج که براساس ترکیبات بارگذاری USBR در نظر گرفته شده‌اند (محمدولی سامانی، ۲۰۰۷). شکل ۱، نمایی از نیروهای به‌کار رفته در مدل را نمایش می‌دهد.

1- Fitness
2- Selection
3- Crossover
4- Mutation
5- John Holland



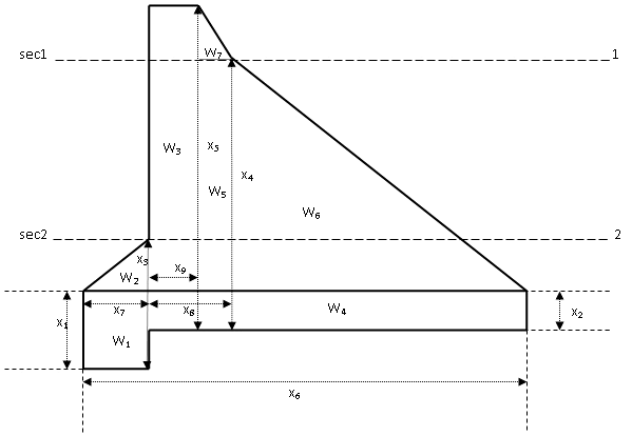
شکل ۱- نمایی از بارگذاری در نظر گرفته شده در مدل.

روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک: یکی از الگوریتم‌های هوشمند شاخه تکاملی الگوریتم ژنتیک می‌باشد. الگوریتم ژنتیک، جستجو را از چندین نقطه در فضای پاسخ آغاز می‌کند. هر کدام از این نقاط، یک طرح اولیه و یا یک کروموزوم می‌باشد (زهرایی و حسینی، ۲۰۰۹). این الگوریتم به دلایل زیر از روش‌های مرسوم بهینه‌سازی متفاوت است:

۱) الگوریتم ژنتیک هم‌زمان با یک مجموعه از نقاط، جستجو را آغاز می‌کند، ۲) الگوریتم ژنتیک به مشتق‌گیری یا هر گونه اطلاعات کمکی نیاز ندارد، ۳) بهینه‌سازی توابع هدف پیچیده را می‌توان با الگوریتم ژنتیک انجام داد و ٤) عمل‌گرهایی مانند تلفیق و جهش، از افتادن الگوریتم در تله نقاط بهینه محلی جلوگیری می‌کند (زهرایی و حسینی، ۲۰۰۹).

پارامترهای مدل بهینه‌سازی ژنتیک

الف) متغیرهای تصمیم: با توجه به شکل ۲، متغیرهای تصمیم، مقادیر عرض مقطع در تاج سد، عرض مقطع در ابتدای شیب پایین‌دست، عرض مقطع در ابتدای شیب بالادست، عرض مقطع در کف، ارتفاع سازه، ارتفاع سازه تا ابتدای شیب بالادست و ارتفاع پهن‌شدگی بالادست را شامل می‌شوند.



شکل ۲- نمایی از متغیرهای طراحی.

ب) تابع هدف: تابع هدف در این روش، وزن سازه بوده که ترکیبی از متغیرهای هندسی نه‌گانه می‌باشد.

ج) تابع برازش: به‌منظور ایجاد تابع برازندگی، از روش تابع جریمه استفاده شده است. تابع جریمه مورد استفاده در شاخه توابع پویا قرار دارد. فرم کلی تابع جریمه مورد استفاده به‌صورت زیر است (ورعی و احمدی‌ندوشن، ۲۰۰۹).

$$F(x) = f(x) + h(k).H(x), \quad x \in S \subset R^n \qquad (۱)$$

که در آن، S: فضای پاسخ‌های امکان‌پذیر، f(x): تابع هدف اصلی در مسأله مقید است، h(k): مقدار جریمه اصلاح شده و H(x): ضریب جریمه می‌باشد که به‌صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$H(x) = \sum_{i=1}^{m} \theta(q_i(x)).q_i(x)^{\gamma(q_i(x))} \qquad (۲)$$

در این پژوهش، پارامترهای طراحی به‌دست آمده از شبیه‌ساز، مقادیر قیود مسأله می‌باشند.

د) انتخاب: وظیفه این عمل‌گر انتخاب افرادی از میان جمعیت فعلی برای ترکیب شدن می‌باشد.

ذ) ادغام: پس از انجام مرحله بالا، شرایط برای ترکیب کروموزوم‌ها (افراد) با یکدیگر مهیا شده است. عمل‌گر ادغام اقدام به ترکیب کروموزوم‌ها می‌کند.

ر) جهش: روشی برای تغییر دادن یک یا چند ژن از کروموزوم به‌طور تصادفی می‌باشد.

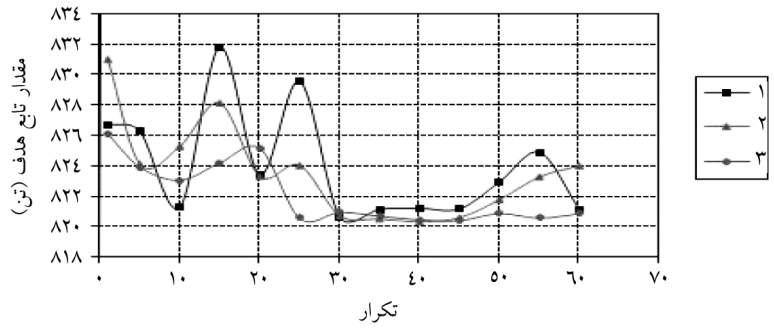
تحلیل حساسیت: در این پژوهش، حساسیت مدل تهیه شده نسبت به تغییر مقادیر نرخ تکرار، اندازه جمعیت، نرخ جهش و نرخ انتخاب مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای شروع می‌توان برای هر یک از پارامترها مقدار معقولی را با توجه به کارهای انجام شده قبلی و مقادیر توصیه شده؛ انتخاب می‌گردند. مقادیر توصیه شده برای عمل‌گر جهش بین ۰/۵-۰/۰۰۱، برای عمل‌گر انتخاب بین ۰/٦-۰/٤ و عمل‌گر تکرار و اندازه جمعیت با توجه به ابعاد مسأله متغیر می‌باشد (اصلانی، ۲۰۱۲). برای این مسأله در شروع محاسبه‌ها برای تحلیل حساسیت، نرخ جهش ۰/۳۵، نرخ انتخاب ۰/۵، اندازه جمعیت ۵۰ و نرخ تکرار ۱۰۰ در نظر گرفته می‌شود. ابتدا با ثابت در نظر گرفتن مقادیر انتخابی برای نرخ جهش، نرخ انتخاب و اندازه جمعیت و تغییر در مقدار عمل‌گر تکرار پس از اجراهای متعدد مدل شبیه‌سازی- بهینه‌سازی، محدوده مناسب عمل‌گر تکرار تعیین می‌گردد در مرحله بعد نرخ تکرار به‌دست آمده از مرحله قبل همراه با تمام پارامترهای انتخابی به‌جز اندازه جمعیت ثابت در نظر گرفته شده و با اجرای الگوریتم در ازای مقادیر مختلف اندازه جمعیت، محدوده مناسب این عملگر نیز تعیین می‌شود. تعیین محدوده مناسب عمل‌گرهای جهش و انتخاب نیز به همان نحو انجام می‌گیرد. این روال به‌دلیل وجود چندین مقدار بهینه برای متغیرهای تصمیم، ۳ بار تکرار شده است.

نتایج و بحث

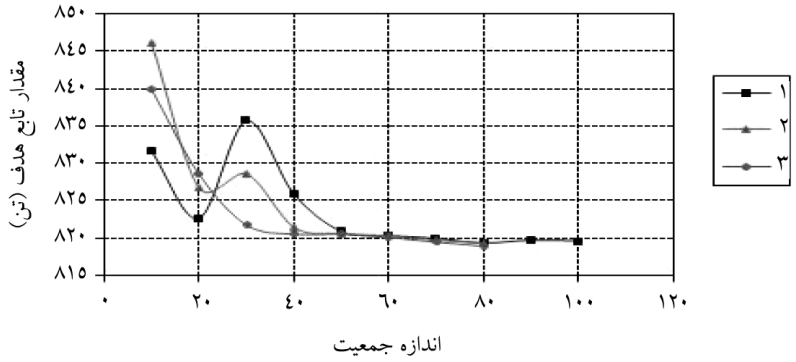
با توجه به مراحل ذکر شده در بالا، تحلیل حساسیت، برای هر یک از پارامترهای الگوریتم ژنتیک به‌میزان ۳ بار در مورد سد میدل فورک[1] انجام شد. شکل ۳ نحوه تغییرات تابع برازش را نسبت به تعداد تکرارهای مختلف نشان می‌دهد. با توجه به این شکل می‌توان نتیجه گرفت که در هر ۳ مرتبه انجام تحلیل حساسیت به‌ازای تعداد تکرار بین ٤۵-۳۰، مقدار تابع برازش به‌میزان ثابتی میل کرده است. بنابراین تعداد تکرار مناسب در این سد برابر با ۳۰ در نظر گرفته می‌شود.

شکل ٤ تغییرات تابع برازش را نسبت به مقادیر مختلف اندازه جمعیت در ۳ بار انجام عملیات تحلیل حساسیت نشان می‌دهد. با توجه به ثبات تابع برازش در جمعیت‌های بالاتر از ۵۰، مقدار این پارامتر، برابر با ۵۰ پیشنهاد می‌شود.

1- Middle Fork



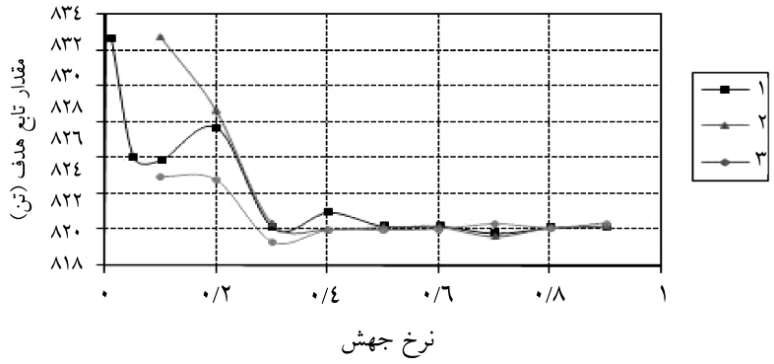
شکل ۳- نتایج ۳ مرحله آنالیز حساسیت نرخ تکرار.



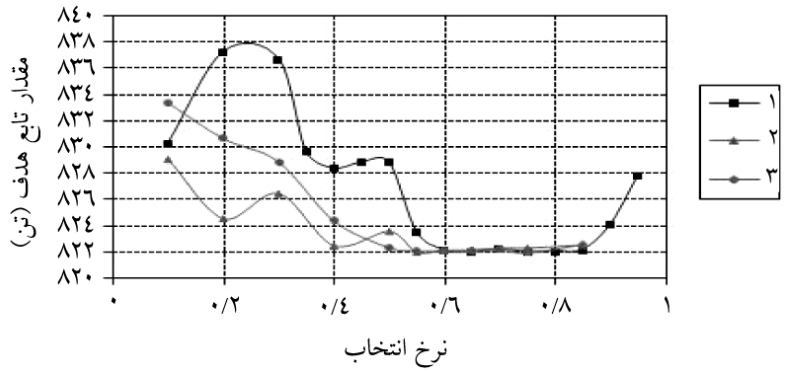
شکل ٤- نتایج ۳ مرحله آنالیز حساسیت اندازه جمعیت.

شکل ۵ تغییرات تابع برازش را نسبت به نرخ‌های مختلف جهش در ۳ بار انجام تحلیل حساسیت برای سد میدل فورک نشان می‌دهد. با توجه به شکل می‌توان گفت بازه ۰/٦-۰/۳ محدوده مناسب نرخ جهش می‌باشد. نرخ‌های جهش کم‌تر از ۰/۳ به‌علت کم بودن اثر پدیده اکتشاف باعث گرفتار شدن جستجو در دام نقاط بهینه موضعی می‌شود و مقادیر کمینه سراسری معین نمی‌شود. در نرخ‌های جهش بیش‌تر از ۰/٦ به‌علت استفاده بی‌رویه از پدیده اکتشاف در فرآیند جستجو، بحث استفاده از اطلاعات قبلی در هدایت جستجو کاهش می‌یابد و نقاط بهینه سراسری مشخص نمی‌شود. با توجه به ثبات تابع برازش در نرخ‌های جهش بالاتر از ۰/۳، مقدار این پارامتر در سد میدل فورک برابر با ۰/۳ پیشنهاد می‌شود.

شکل ٦ تغییرات تابع برازش را نسبت به نرخ‌های متفاوت انتخاب در ٣ مرحله آنالیز حساسیت در سد میدل فورک نشان می‌دهد. مناسب‌ترین محدوده برای این پارامتر ٠/٦-٠/٥ می‌باشد که در هر ٣ مرحله تکرار آنالیز حساسیت کم‌ترین مقدار تابع برازش را به‌دست آورده است. مقادیر کم این پارامتر باعث جایگزینی تعداد افراد جدید زیادی به‌جای افراد موجود و با قابلیت بالا می‌شوند. با توجه به ورود اعضاء جدید، مقادیر زیاد این پارامتر باعث ورود تعداد اعضاء جدید کم‌تری به مجموعه می‌شود. چنین چیزی باعث به دام افتادن جستجو در دام نقاط بهینه موضعی می‌شود. با توجه به موارد بالا و با اجرای مدل، میزان نرخ انتخاب با در نظر گرفتن شکل ٦، ٠/٥، پیشنهاد می‌شود.



شکل ٥- نتایج ٣ مرحله آنالیز حساسیت نرخ جهش.



شکل ٦- نتایج ٣ مرحله آنالیز حساسیت نرخ انتخاب.

نتیجه‌گیری

قابلیت الگوریتم ژنتیک (GA) در کمینه کردن وزن سدهای بتنی وزنی بر خلاف نداشتن تضمین همگرایی ارزیابی شده است (اصلانی، ۲۰۱۲) و تعیین مقادیر بهینه ابعاد سازه توسط این الگوریتم مورد بررسی قرار گرفته است. در مورد سد میدل فورک با توجه به شکل‌های ۳ تا ٦ و بحث‌های ارایه شده بهترین تعداد تکرار، اندازه جمعیت، نرخ جهش و نرخ انتخاب برابر با ۳۰، ۵۰، ۰/۳ و ۰/۵ به‌دست می‌آیند که می‌توان از پارامترهای به‌دست آمده در تحلیل دیگر سدها استفاده کرد. در مورد سد میدل فورک، الگوریتم ژنتیک به پارامتر نرخ تکرار بیش‌ترین حساسیت را دارد.

منابع

1.Aslani, M. 2012. Cross Section Optimization of Gravity Dam Using Genetic Algorithm under Numerical Analysis of Constraint Stress. M.Sc. Thesis in Water Structure Department, Agricultural Sciences and Natural Resources University, 147p. (In Persian)

2.Ebrahimi, L.A., Esfehani, M., and Barani, Gh. 2007. Determination of Fit Value for Genetic Algorithm Parameters in Reservoir and Water Structure Hydraulic. Collection of papers of 6th Hydraulic Conference. Shahrekord University. (In Persian)

3.Mohammad Vali Samani, H. 2007. Design of Hydraulic Structures. Dezab Co. Press, 495p. (In Persian)

4.Mollazadeh, M., Barani, Gh., and Salajegheh, J. 2005. Study of Difference Criteria on Optimization of Gravity Dams Shape using Genetic Algorithm. Collection of papers of 5th Hydraulic Conference. Kerman University. (In Persian)

5.Varaei, H., and Nadooshan, A.B. 2009.Optimization of Gravity Dam Using PSO Groups and Genetic Algorithm. Collection of papers of 8th Inter National Civil Conference. Shiraz University. (In Persian)

6.Zahraee, B., and Hoseini, S.M. 2009. Genetic Algorithm and Engineering Optimization. Gutenberg Press, 260p. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 20(5), 2013
http://jwsc.gau.ac.ir

Determination of appropriate values of genetic algorithm parameters in optimization of gravity dams cross section

M. Aslani[1], *A.R. Emadi[2] and H. Nazarpour[3]

[1]M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Dept. of Civil Engineering, Nooshiravani University, Babol

Received: 08/02/2012; Accepted: 02/17/2013

Abstract

Application of optimizer algorithms, in cross section optimization of gravity dams and finding optimal geometric dimensions of structure using this method is one of the problems which have been considered by designers. Genetic Algorithm (GA) is one of the intelligent algorithms that apply Fitness, Selection, Mutation and Crossover, as operators to solve problems. In this research, the sensitivity of the prepared simulator-optimizer model was investigated in relation to variation of the replication rate, population size, mutation rate and the selection rate. In optimization of gravity dams cross section by Genetic algorithm, at the best state, replication rate, the initial population, the mutation rate and the selection rate were obtained 30, 50, 0.3 and 0.5, respectively. This data can be used as input parameters in optimization model to study about other dams.

Keywords: Concrete gravity dam, Genetic algorithm, Optimization, Sensitivity analysis

* Corresponding Author; Email: emadia355@yahoo.com