بررسی طراحی سیستم انتقال آب نیروگاه برق آبی مارون بهبهان

صادق حقیقی‌پور[1]، جمال محمد ولی سامانی[2]

1- دانشجوی دکتری سازه های آبی (haghighipour_eng@yahoo.com)

2- دانشیار، گروه سازه های آبی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: 87/8/14 تاریخ پذیرش: 88/12/11

چکیده

اصل بهینه سازی طراحی اقتصادی در انتقال و تأمین آب، یکی از مهمترین علاقه مندیها و دغدغه های دانشمندان و طراحان در سالهای اخیر بوده است. برای طراحی اقتصادی سیستم تأمین آب یک نیروگاه برقابی باید تعداد زیادی از ترکیبات تونل انتقال ،پنستاک و مخزن موجگیر با قطرها و ابعاد مختلف در نظر گرفت و در نهایت ترکیبی را که دارای بیشترین نسبت سود به هزینه است انتخاب واجرا نمود. طراحی سیستم بدون استفاده از رایانه مستلزم صرف زمان و نیروی زیاد و همچنین احتمال اشتباه در روش دستی بسیار زیادمی باشد. به همین جهت وجود یک مدل رایانه‌ای که بتواند طراحی بهینه را با صرف زمان و نیروی کمتر وهمچنین با دقت بیشتر انجام دهد ضروری به نظر می رسد. هدف از این تحقیق تهیه مدلی مرکب از یک شبیه ساز هیدرولیکی و یک بهینه ساز قوی جهت طراحی بهینه سیستم تأمین آب نیروگاه برق آبی می باشد. جهت انجام آنالیز هیدرولیکی برنامه ای در نرم افزار MATLAB نوشته شده، که این مدل می تواند جریانات میرای هیدرولیکی را در خطوط انتقال تحت فشار شبیه سازی نماید، همچنین از الگوریتم ژنتیک به عنوان روش بهینه سازی استفاده شده است. برنامه هیدرولیکی ونرم افزار بهینه ساز با هم مرتبط و طی یک فرایندی تکراری بیشینه مقدارتابع هدف را با اعمال قیود حاکم بر مدل به دست می آورند که نتایج حاصل از مدل دارای دقت و همگرایی رضایتبخشی می باشد.همچنین نتایج مدل با دیگر مدلهای موجود در این زمینه مقایسه گردید که نتایج آن قابل قبول و رضایتبخش بوده است.

کلید واژه‌ها: تونل انتقال، لوله پنستاک، مخزن موج‌گیر

مقدمه

اصل بهینه سازی طراحی اقتصادی در انتقال و تأمین آب، یکی از مهمترین علاقه مند یها و دغدغه های دانشمندان و طراحان در سالهای اخیر بوده است. برای طراحی اقتصادی سیستم تأمین آب یک نیروگاه برقابی باید تعداد زیادی از ترکیبات تونل انتقال، لوله پنستاک و مخزن موجگیر با قطرها و ابعاد مختلف در نظر گرفت و در نهایت ترکیبی را که دارای بیشترین نسبت سود به هزینه می باشد را انتخاب و اجرا نمود. استفاده از قطر های کوچک تونل انتقال و لوله پنستاک، هزینه خرید و اجرای آنها را کاهش اما ضمن افزایش خطر ناشی از ضربه قوچ که باعث استفاده از مخزن موجگیر با ابعاد بزرگتر و در نتیجه افزایش هزینه مربوط به آنها، سبب افزایش افت، کاهش ارتفاع فشاری و قدرت توربین می‌شود و در نهایت درآمد حاصل از فروش انرژی را نیز کاهش خواهد داد. حالت دیگر استفاده از قطر های بزرگ تونل و لوله پنستاک است که باعث افزایش هزینه خرید و اجرای آنها واز طرف دیگر باعث کاهش در هزینه مخزن موجگیر، افت وافزایش ارتفاع فشاری در محل توربین و در نهایت به افزایش در آمد حاصل از فروش انرژی منجر می گردد. لذا باید ترکیبی از قطرهای تونل انتقال، لوله پنستاک و مخزن موجگیر را چنان انتخاب نمود که دارای بیشترین نسبت سود به

هزینه باشد(2). بدیهی است که هزینه احداث سازه ها با ابعاد سازه متناسب و مرتبط است. لذا انجام بهینه یابی برای دستیابی به ابعادی که بیشترین نسبت سود به هزینه را داشته باشد، ضروری می باشد. طراحی بدون استفاده از رایانه مستلزم صرف زمان و نیروی زیاد و همچنین احتمال اشتباه در روش دستی بسیار زیاد می باشد. لذا استفاده از این روش به بهترین جواب ها منتهی نخواهد شد. از این رو وجود یک مدل رایانه ای که بتواند طراحی بهینه را با صرف زمان و نیروی کمتر و همچنین با دقت بیشتر انجام دهد ضروری به نظر می رسد. استفاده از مدل‌های ریاضی مختلف برای بهره‌برداری از منابع آب و طراحی بهینه تأسیسات انتقال و توزیع آب در چند دهه اخیر مورد توجه بسیار قرار گرفته و کاربرد روش‌های بهینه‌سازی در منابع آب و هیدرولیک به طور وسیعی با استقبال متخصصین و محققین این رشته‌ها روبرو شده است، و همه ساله مقالات بسیاری در این زمینه در مجلات علمی مختلف به چاپ می‌رسد. از مهمترین محققانی که در این زمینه تلاش نموده اند می توان به افرادی چون فرارد، ارسفلد، اسکالیچ، فابوش، لودینگ، آلپیرپوتیز و شامیر، سامانی و نائینی و سامانی و حاجی شاه نام بر(2و3و4)د. که در کلیه تحقیقات قبلی از روشهای بهینه سازی خطی یا غیر خطی استفاده شده است. همچنین بیشتر محقق های قبلی در زمینه سیستم های انتقال آب وشبکه های توزیع آب شهری فعالیت نموده اند. هدف از این پروژه تهیه مدلی مرکب از یک شبیه ساز هیدرولیکی و یک بهینه ساز قوی جهت طراحی بهینه سیستم تأمین آب نیروگاه برق آبی می باشد. این مدل باید بتواند با در نظر گرفتن اطلاعاتی همچون ارتفاع آب در مخزن، دبی طرح، جنس تونل، لوله ها و همچنین با توجه به محدودیت های مربوط به حداقل و حداکثر مجاز سرعت و حداقل سطح مقطع مخزن موجگیر، قطر بهینه تونل انتقال، لوله پنستاک و مخزن موجگیر را به نحوی که نسبت سود به هزینه بیشترین گردد انتخاب نماید.

در این مدل جهت انجام آنالیز هیدرولیکی برنامه‌ای در نرم افزار MATLAB نوشته شده که این مدل می تواند جریانات میرای هیدرولیکی را در خطوط انتقال تحت فشار شبیه سازی نماید. همچنین از الگوریتم بهینه سازی ژنتیک (GA) به عنوان روش بهینه سازی در این مدل استفاده می‌شود. الگوریتم بهینه سازی ژنتیک یکی از اعضای مجموعه وسیع روش های هوش جمعی برای حل مسائل بهینه سازی فراگیر می‌باشد (12).

در این تحقیق ابتدا جریان غیر ماندگار جهت دستیابی به بیشترین فشار در تونل انتقال و لوله ی پنستاک و همچنین بیشترین ارتفاع آب در مخزن موج گیر اجرا می گردد که اساس طراحی سازه ای تونل انتقال، لوله ی آب بر و مخزن موج گیر می باشد سپس هزینه های پروژه محاسبه و با توجه به مقدار ارتفاع فشاری در محل توربین درآمدها نیز محاسبه و در نهایت نسبت سود و هزینه تعیین می گردد.

هیدرولیک حاکم

یکی از مهمترین پدیده‌های هیدرولیکی که در لوله‌ها و مجاری تحت فشار سیال ممکن است حادث گردد ضرباتی است که در اثر تغییرات سرعت و فشار ناشی از قطع ناگهانی جریان در شیر فلکه‌ها و خاموش و روشن پمپ و توربین، که به سیال وارد می‌گردند، به وقوع می‌پیوندد. به این پدیده ضربه قوچ گفته می‌شود (5و8).

محاسبات هیدرولیکی جریان های غیرماندگار (میرا) در مجاری تحت فشار بر اساس معادلات پیوستگی - مومنتم می باشد که به ترتیب عبارتند از :

1) معادله پیوستگی:

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{gA}{a^2}\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial \mathrm{t}}=0 \qquad (1)$$

2) معادله مومنتم جریان:

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+gA\frac{\partial H}{\partial x}+\frac{f}{2DA}Q|Q|=0 \qquad (2)$$

که در معادلات فوق Q دبی جریان، H ارتفاع مانومتریک برای هر سطح مرجع اختیاری، f ضریب اصطکاک دارسی ویسباخ، D قطر داخلی لوله، A سطح مقطع عرضی لوله، a سرعت موج فشاری، x فاصلهٔ طولی و t بیانگر زمان می باشد(14و9). جهت حل معادلات فوق از برنامه هیدرولیکی نوشته شده در محیط MATLAB استفاده شده است. که درادامه به روش حل معادلات اشاره می گردد.

شبیه سازی عددی معادلات حاکم

جهت حل معادلات حاکم بر جریان غیر ماندگار از روش تفاضل محدود (Finite Difference) که دارای دقت کافی جهت حل معادلات مومنتم وپیوستگی می باشد استفاده شده است. اساس حل بر مبنای الگوی پرایزمن وشمای بکار گرفته شده توسط وروی و یو (Wervy and Yu) به روش غیر صریح (Implicit.) می باشد (2و4و6).

نتایج حاصل از مدل را با نتایج شبیه ساز هیدرولیکی MIKE.NET مقایسه و دقت مدل تایید شده است. لازم به ذکر است نرم افزار MIKE.NET یکی از مدل های استاندارد در زمینه آنالیز هیدرولیک جریان های غیر ماندگار در مجاری تحت فشار بوده و از محصولات انیستیتوی هیدرولیک دانمارک (DHI) می باشد.

مواد و روش ها

دامنه کار و مفروضات

با توجه به اینکه، حالت های متعددی برای طراحی سیستم تأمین آب یک نیروگاه برق آبی وجود دارد و نظر به اینکه هدف از این تحقیق تهیه یک مدل رایانه ای اولیه با تلفیق الگوریتم ژنتیک و شبیه ساز هیدرولیکی و اثبات مزیت‌های آن می‌باشد، لذا تنها شرایطی که نیروگاه دارای تونل انتقال، پنستاک و مخزن موج گیر می باشد در نظر گرفته شده است تا از حجم و وسعت کار کاسته شود.

شروط، محدویت ها و مفروضات در نظر گرفته شده در تهیه این مدل عبارتند از:

1. کلیه مطالعات پایه انجام گرفته و دبی طراحی سیستم مشخص است.
2. سیستم متشکل از تونل انتقال، لوله پنستاک و مخزن موج گیر می‌باشد.
3. ارتفاع آب در مخزن سد مشخص است.
4. تونل انتقال به صورت Box و از جنس بتن مسلح، و همچنین لوله پنستاک فولادی می باشد(1).
5. جریان در کل سیستم انتقال به صورت تحت فشار می باشد.
6. شمای کلی سیستم مشخص وعملیات بهینه سازی برای قطرهای تونل انتقال، لوله پنستاک و ابعاد مخزن موج گیر صورت می گیرد.
7. در تونل های انتقال با پوشش بتنی، مطابق با توصیه USBR محدوده تغییرات سرعت(4-2) متر بر ثانیه می باشد و همچنین در لوله پنستاک رنج سرعت بین(7-2/5) متر بر ثانیه می‌باشد (1و2و12).
8. حداقل سطح مقطع مخزن موجگیر از شرایط پایداری توما (Toma Stability) Condition بدست می‌آید (12و13و15).

تابع هدف

در این تحقیق نسبت سود به هزینه به عنوان تابع هدف انتخاب شده است. قطر تونل انتقال و لوله پنستاک و همچنین ابعاد مخزن موج گیر باید چنان انتخاب شود تا مقدار تابع هدف بیشینه شود. کل هزینه ها شامل موارد ذیل می‌باشد (7و10):

1- هزینه های ثابت C.

2- هزینه های بهره برداری و نگهداری OMC.

هزینه های ثابت شامل هزینه های تونل انتقال، لوله پنستاک و مخزن موج گیر می باشد که مربوط به حفاری، خاکبرداری، پوشش بتنی و فولادی می باشد. این هزینه ها توابعی از ابعاد سازه ها و ضخامت پوشش مورد نیازسازه می‌باشد(1). ضخامت لاینینگ بر مبنای بیشترین فشار ناشی از ضربه قوچ که از آنالیز هیدرولیکی بدست می آید محاسبه می گردد (9و11). هزینه‌های بهره برداری و نگهداری سالیانه (AOMC) نیز بوسیله ی فرمول زیر محاسبه می‌گردد (10):

$$AOMC = uC \qquad (3)$$

u ضریب بهره برداری و نگهداری است (معمولاً مقدار آن بین 6 تا 14 درصد است).

مقدار کل هزینه انجام شده در پایان عمر مفید طرح از رابطه ی زیر بدست می آید.

$$TCPV = C + uC \sum_{j=1}^{N} \frac{(1+r)^j - 1}{r(1+r)j} \qquad (4)$$

که در آن r نرخ بهره و N عمر بهره برداری از پروژه می باشد همچنین مقدار کل درآمد حاصل از فروش انرژی در پایان عمر مفید طرح نیز با استفاده از رابطه ذیل بدست می آید(10).

$$RESPV = k_e E \sum_{j=1}^{N} \frac{(1+r)^j - 1}{r(1+r)j} \qquad (5)$$

که در آن ke و E به ترتیب قیمت فروش واحد انرژی و ظرفیت تولید انرژی سالیانه می باشند.

از تفاوت مقدار فروش انرژی سالیانه و مقدار کل هزینه، میزان سود خالص پروژه بدست می آید.

$$BESPV = RESPV - TCPV \qquad (6)$$

و همچنین مقدار تابع هدف از رابطه ی زیر بدست می آید.

$$F(D_i) = \frac{BESPV}{TCPV} \qquad (7)$$

تهیه مدل کامپیوتری

این مدل کامپیوتری متشکل از یک برنامه محاسباتی هیدرولیکی مربوط به خطوط انتقال ومخزن موجگیر نیروگاه بر قابی می باشد که جهت بهینه سازی اقتصادی ، در نرم افزار MATLAB با برنامه بهینه سازی ژنتیک متصل شده است. به طور کلی فرایند انجام کار مدل بشرح ذیل می باشد:

1- ابتدا کلیه اطلاعات ورودی موردنیاز شامل جانمایی کلی سیستم، مخزن سد، قطر تونل و پنستاک و ... به مدل معرفی می گردند.

2-کلیه قطر های مورد نیاز مدل با در نظر گرفتن محدودیت های هیدرولیکی لازم فرض می شوند.

3- تحلیل هیدرولیکی جریان ماندگار انجام شده و مقدار سرعت و فشار در هر نقطه مشخص می گردد.

4- عددی برای سرعت موج فشاری فرض می شود.

5- تحلیل هیدرولیکی جریان غیرماندگار توسط شبیه ساز انجام و مقدار فشار و سطح آب ماکزیمم را در تونلها، پنستاک هاو مخازن موجگیر مشخص می گردد.

6- براساس مقدار فشار بیشینه، ضخامت تونل و پنستاک و همچنین میزان آرماتور مورد نیاز مدل به دست می آیند.

7- پس از مقایسه و اصلاح سرعت موج فشاری، مدل را باردیگر اجرا کرده و تا رسیدن به همگرایی این مراحل ادامه می یابند.

8- با توجه به مشخص بودن قطر، ضخامت و ارتفاع تونل انتقال، لوله پنستاک و مخزن موج گیر مقدار هزینه، درآمد و نهایتاً می توان نسبت سود به هزینه را محاسبه نمود.

9- در این قسمت برنامه بهینه سازی الگوریتم ژنتیک در نرم افزار مطلب وارد عمل شده و عملیات بهینه سازی با انتخاب قطرهای مختلف برای تونل انتقال، پنستاک و مخزن موج گیر تا رسیدن به مقدار بیشینه نسبت سود به هزینه ادامه می یابد. البته لازم به ذکر است که کنترل کردن محدودیت های مربوط به سرعت مجاز در تونل انتقال و آب بر و همچنین شرط پایداری توما برای حداقل سطح مقطع لازم برای مخزن موج گیر همزمان با انجام عملیات بهینه سازی لازم و ضروری می باشد.

در این مدل پس از پایان یافتن محاسبات تحلیلی هیدرولیکی، با توجه به قطر مخزن موج گیر سطح مقطع آنرا محاسبه نموده و با سطح مقطع توما مقایسه می کند. از آنجا که سطح مقطع توما به عنوان حداقل سطح مقطع لازم مخزن موج گیر برای برقراری شرایط پایداری و میرا شدن نوسانات امواج ناشی از ضربه قوچ و نوسانات جرمی می باشد، لذا در صورتیکه سطح مقطع بدست آمده مخزن موج گیر، کوچکتر از سطح مقطع توما باشد، هزینه مربوط به مخزن موج گیر در یک عدد بزرگ مثل 10^{10} ضرب شده که در نتیجه باعث بالا رفتن هزینهٔ کل سیستم می شود. از طرفی با توجه به ماهیت تابع هدف، این جواب از مجموعه جوابها، خارج می گردد.

آنالیز حساسیت پارامترهای مدل

در این مرحله با توجه به چند متغیره بودن مدل، وابستگی یا عدم وابستگی آنها به هم طی اجراهای مکرر، در محدوده هر کدام از پارمترها تعیین شده است. برای تعیین هر پارامتی پارامترهای دیگر ثابت منظور شده و تغییرات عامل موردنظر تحلیل گردیده است(7).

بدین نحو که چون پارامترهای مدل بر 2 گونه، پارامترهای هیدرولیکی و پارامترهای ژنتیک می‌باشد و هدف تعیین بهترین پارامترهای ژنتیک است که مطلوب ترین جواب را با امکانات موجود فراهم نماید.

براساس تحقیقاتی که توسط گلدبرگ انجام گرفته است پیشنهاد گردید که بهترین عملکرد از کاربرد روش ژنتیک برای مسائل بهینه سازی، از احتمال پیوند بالا و احتمال جهش پایین بدست می آید(16و17). به همین جهت احتمال پیوند برابر 100% منظور گردیده و این عملگر روی همه افراد اعمال شده است. اما احتمال جهش اولیه برای تعیین بهترین تعداد افراد جامعه هر نسل طبق مقدار توصیه شده بین (3-0,1) درصد. قرار داده شد که تفاوت معنی داری در این رنج احتمال جهش در جواب نهایی ایجاد نگردید. لذا احتمال جهش مقدار 2% در نظر گرفته شد. نوع انتخاب افراد جامعه طبق قاعده چرخ رولت و نوع نمایش از نوع اعداد واقعی می باشد. تعداد تکرارها عدد ثابت 500 منظور شده که عملاً جواب بهینه در همهٔ موارد در زیر این تعداد تکرار حاصل می‌گردد. تعداد افراد جامعه در محدوده 4 الی 30 نفر در هر مثال مورد آزمایش قرار گرفت که عدد 20 مطلوب ترین جوابها را به نمایش می گذارد.

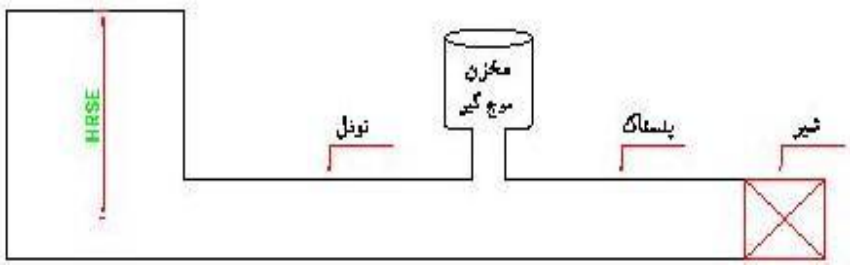
و به طور کلی مدل تهیه شده حساسیت زیادی نسبت به پارامترهای کنترلی ژنتیک نداشته ولی در حالتهای فوق جوابها کمی بهتر از حالت های دیگر می باشد.

مثال 1:

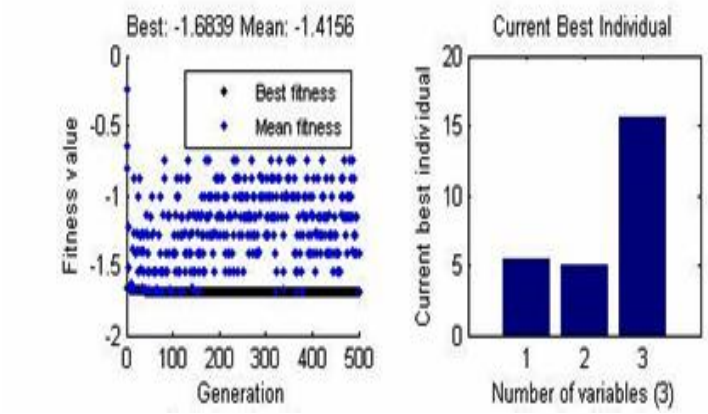
شبکه ای شامل مخزن، تونل انتقال، پنستاک و توربین را در نظر بگیرید.(شکل 1). دراین مثال ارتفاع مخزن 100 متر، دبی طراحی 50 متر مکعب بر ثانیه، طول تونل انتقال 100 متر و طول آب بر 70 متر و زمان بستن دریچه های توربین 20 ثانیه در نظر گرفته شده است. جریان غیرماندگار بر اثر بستن دریچه های توربین ایجاد می شود. مقدار بهینه قطر تونلها، مخزن موج گیر و لوله پنستاک به گونه ای که نسبت سود به هزینه حداکثر گردد مورد نظر است.

(نرخ بهره را 16%، عمر مفید پروژه 50 سال، راندمان توربین 92,5 % ، زمان کارکرد روزانه توربین 20 ساعت (1) و قیمت واحد انرژی به ازای هر کیلو وات ساعت 40ریال در نظر گرفته شده است (2).)

نتایج حاصل از اجرای مدل در شکل(2) ارائه شده است. لازم به ذکر است نتایج حاصل از مدل ژنتیک با نتایج مدل دیگری که روش بهینه سازی آن روش بهینه سازی غیر خطی (Non Linear Optimization) می باشد مقایسه و در جدول (1) ارائه گردیده است(2). با توجه به جدول (1) قطر تونل انتقال، پنستاک، مخزن موجگیر و نسبت سود به هزینه در مدل ژنتیک از مدل غیر خطی بیشتر می باشد.



شکل1- سیستم انتقال آب مربوط به مثال یک



شکل2- نتایج خروجی شامل بهترین مقدار تابع هدف و همچنین قطر بهینه اجزای سستم انتقال آب از برنامه ژنتیک مربوط به مثال یک

جدول 1- نتایج طراحی بهینه محاسبه شده با مدل ژنتیک و مدل غیر خطی مربوط به مثال یک

Table of result			
N Var	Diceription	GA Model	Nonlinear Model
d(1)	قطر تونل انتقال	5.5m	5.48m
d(2)	قطرپنستاک	5m	4.95m
d(3)	قطر مخزن موج گیر	15.584m	16.5m
Benefit-cost ratio	نسبت سود به هزینه	1.684	1.681

مثال 2:(مطالعه موردی)

پروژه نیروگاه مارون یک در کنار سد مخزنی مارون ساخته شده است. با توجه به مطالعات انجام شده دبی اسمی نیروگاه 140 متر مکعب در ثانیه و معادل نیاز آبی اراضی دشتهای چهارگانه شادگان، بهبهان، جایزان و خلف آباد (مجموعا 52500 هکتار) می باشد سایر مشخصات نیروگاه به شرح زیر می باشد (جدول 2).

تونلهای تحت فشار در بالادست اتاقک دریچه و از محل آبگیر تا اطاقک دریچه بطول 100 متر و قطر 7 متر و از اطاقک دریچه تا محل دو شاخه با پوشش فولادی بطول 288 متر و قطر 6 متر و از محل دو شاخه تا نیروگاه نیز به طول 39 متر و قطر 4 متر ادامه دارد. شکل(3)

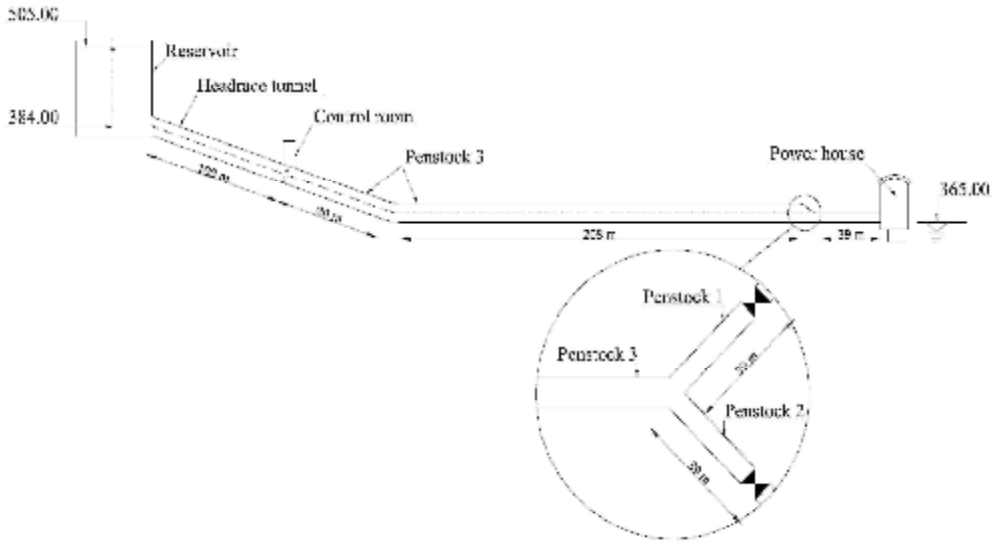
عمر مفید نیروگاه در برآوردهای اقتصادی 50 سال و نرخ بهره 16 درصد در نظر گرفته شده است.

متوسط ساعات کارکرد نیروگاه در روز 20 ساعت و ارزش فروش هر کیلو وات ساعت انرژی نیز 40ریال می باشد.

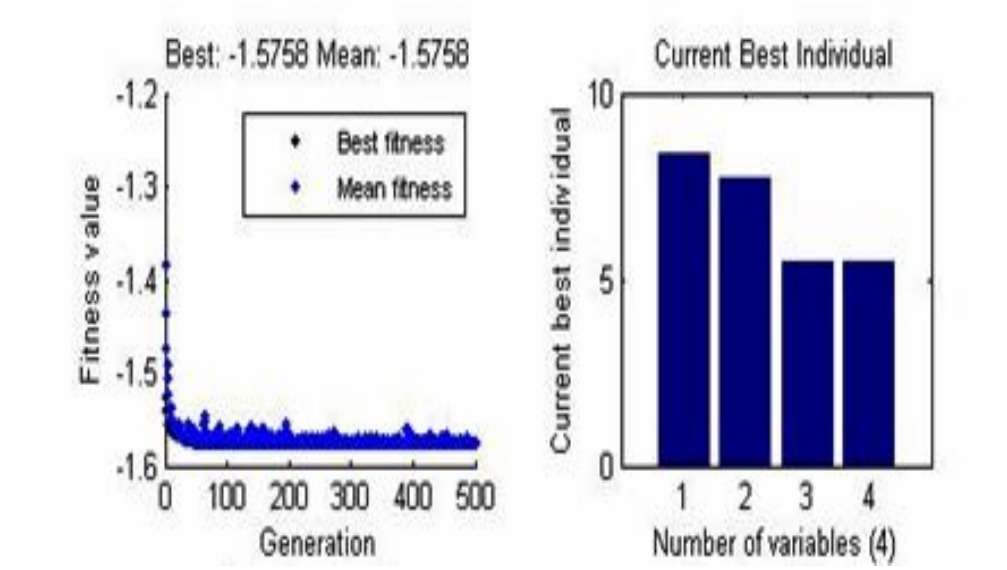
مشخصات فوق به برنامه داده شده و هدف تعیین قطرهای بهینه تونل تحت فشار و پنستاک ها به گونه ای که نسبت سود به هزینه حداکثر باشد. (لازم به تذکر است که منافع حاصل از آبیاری دشتهای پایین دست و توجیه اقتصادی آن در مساله بهینه سازی نیروگاه وارد نشده است). در نهایت جوابهای مدل با شرایط موجود نیروگاه به لحاظ ابعاد خط انتقال و همچنین نتایج مدل بهینه سازی غیر خطی مقایسه شده است که نتایج آن در جدول (3) ارائه شده است.

جدول 2- مشخصات نیروگاه مارون یک(2)

آیتم	مقدار	واحد
حداکثر رقوم سطح آب	514/85	متر
رقوم عادی سطح آب	505/00	متر
حداقل رقوم سطح آب	440/00	متر
رقوم پایاب	363/00	متر
دبی اسمی	140/00	مترمکعب در ثانیه
تعداد واحدها	2	دستگاه
ظرفیت نصب	145	مگاوات
دبی اسمی	72/5	مترمکعب بر ثانیه
ارتفاع طرح	121/00	متر
راندمان	92/5	درصد



شکل3- سیستم انتقال آب مربوط به مثال دو



شکل4- نتایج خروجی شامل بهترین مقدار تابع هدف و همچنین قطر بهینه اجزای سستم انتقال آب از برنامه ژنتیک مربوط به مثال دو

جدول 3- نتایج طراحی بهینه محاسبه شده با مدل ژنتیک و مدل غیر خطی مربوط به مثال دو

Table of result

N Var	Discription	GA Model	Nonlinear Model	Marun project
d(1)	قطر تونل انتقال	8/37m	7/625m	7m
d(2)	قطر پنستاک	7/71m	7/625m	6m
d(3)	قطر پنستاک	5/45m	5/4m	4m
d(4)	قطر پنستاک	5/45m	5/4m	4m
Benefit-cost ratio	نسبت سود به هزینه	1/576	1/554	1/495

نتیجه گیری

در این تحقیق جهت طراحی بهینه نیروگاه‌های برق آبی یک مدل کامپیوتری تهیه شده است که آنالیز هیدرولیکی آن توسط برنامه نوشته شده در محیط برنامه نویسی نرم افزار MATLAB و مراحل بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک جهت دستیابی به بیشترین نسبت سود به هزینه که به عنوان تابع هدف مدل می‌باشد، اجرا می گردد. مدل هیدرولیکی ونرم افزار بهینه ساز با هم مرتبط و طی یک فرایندی تکراری بیشترین مقدار تابع هدف را با اعمال قیود حاکم بر مدل به دست می آورند. نتایج حاصل از مدل دارای دقت و همگرایی رضایتبخشی می‌باشد. همچنین نتایج مدل با مدل بهینه سازی غیر خطی مقایسه، که نتایج حاکی از برتر بودن مدل ژنتیک می باشد. و به طور کلی با توجه به جوابهای مثالهای ارائه شده می توان نتایج زیر را استنتاج نمود:

1- نتایج حاصل از مدل ژنتیک، نسبت به مدل بهینه‌سازی غیرخطی نسبت سود به‌هزینه بیشتری نشان می‌دهد.

2- در این مدل با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که با ارضاء شدن قیود حاکم، حدبالای قطرهای مربوط به‌تونل و پنستاک انتخاب می‌شود.

3- از آنجا که حداقل سطح مقطع لازم برای میرا کردن نوسانات حاصل از شرایط غیرپایدار در جریان، سطح مقطع محاسبه شده از شرط پایداری توما می باشد و در صورت استفاده از مقاطع کوچکتر از سطح مقطع توما سیستم انتقال ناپایدار خواه بود، لذا برای حل چنین مشکلی مدل در شرایطی که سطح مقطع بدست آمده برای مخزن موج گیر کوچکتر از سطح مقطع توما باشد هزینه سیستم را در یک عدد بسیار بزرگ ضرب خواهد نمود و از آنجا که برنامه بهینه سازی به دنبال کمترین مقدار هزینه می باشد لذا چنین حالتی بطور خودکار از روند بهینه سازی خارج شده ودر نهایت مدل فقط سیستم های پایدار را بهینه سازی می نماید. لذا از نکات برجسته این تحقیق بهینه سازی سیستم انتقال با درنظر گرفتن شرایط پایداری توما می باشد.

4- بعد از اجرای مدل جهت کسب جوابهای بهینه از مدل آنالیز حساسیت مدل نسبت به پارامترهای کنترلی الگوریتم ژنتیک صورت گرفته و در نهایت پارامترهای منتخب در جدول ذیل آورده شده است (جدول4) .

جدول4- پارامترهای کنترلی الگوریتم ژنتیک

Field	Value
Population type	Double vector
Population size	20
Selection	Roulette
Elit count	2
Crossover fraction	0/8
Migration interval	20
Number of Generation	500
Mutation rate	0/01

5- درگذشته در طرح هیدرولیکی سیستم انتقال آب در نیروگاهها معمولاً ضریبی را جهت در نظر گرفتن اثرات ضربه قوچ در نظر گرفته و فشارهای حداکثر را باضرب نمودن فشارهای مربوط به شرایط پایدار در این ضریب بدست می آورند. از طرفی قطر تونلها، پنستاکها و مخازن موج گیر نیز با توجه به محدوده مجاز و توصیه شده سرعت انتخاب می‌شد وعملاً مسأله بهینه‌سازی هیچگونه جایگاهی در طراحی خط انتقال نداشته است. اما دراین مدل تعیین حداکثر فشار با استفاده از شبیه ساز هیدرولیکی و با دقت بسیار زیاد انجام و در قسمت بهینه سازی نیز مدل با تعداد نقاط شروع و تکرارهای بسیار زیاد در محدوده مجاز تعیین شده برای قطرها و با انتخاب یک روش منطقی در مدتی بسیار کوتاه اقدام به بهینه سازی سیستم انتقال می نماید. لذا با توجه به مطالب مذکور یکی دیگر از نکات برجسته و شاخص مدل دقت و سرعت بسیار زیاد آن است که البته صحت و دقت مدل در آزمونهای مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در پایان یادآوری می گردد که درشرایط کنونی مسأله بهینه سازی سیستمهای انتقال آب (و بطور خاص سیستم انتقال آب نیروگاهها) میدان وسیع و گسترده‌ای جهت کارهای تحقیقاتی در زمینه سازه‌های هیدرولیکی می باشد و مسائل مربوط به سیستمهای انتقال نیز از این امر مستثنی نیستند. در زیر به چند مجموعه برای ادامه تحقیقات دراین زمینه اشاره می شود که در صورت به ثمررسیدن هر یک از آنها تا حد مطلوبی از زمان و هزینه طراحی و همچنین از هزینه سرمایه گذاران اکثر سازه های هیدرولیکی کاسته می شود. این امر کاربردی بودن آنها را نشان می‌دهد که خود به تنهایی یک دلیل قوی بر ضرورت انجام آنها خواهد بود.

1- بهینه سازی سیستم انتقال آب نیروگاه با استفاده از الگوریتم بهینه سازی جدید مانند تئوری مورچه ها، الگوریتم زنبور عسل PSO, BA و ...

2- تعیین ضخامت بهینه تونل انتقال آب نیروگاه و مقایسه با روشهای موجود

3- بهینه سازی مسیر و محل نصب مخازن موج گیر و انشعابات

4- تعیین ابعاد و تعداد بهینه مخازن موجگیر با استفاده از الگوریتم ژنتیک

منابع

1- بیات، ح. (1385). نیروگاه برقابی. انتشارات دانشگاهی صنعتی امیرکبیر، پلی تکنیک تهران.

2- سامانی، ح. و حاجی شاه، م. (1386). استفاده از بهینه سازی غیر خطی در طراحی سیستم انتقال آب نیروگاه برقابی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

3- سامانی، ح. و خیاط زاده ع. (1376). مدل ریاضی هیدرولیکی تحلیل جریان در شبکه لوله‌ها در حالت ماندگار. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

4- سامانی، ح. و نائینی س. ت. (1370). تحلیل و بهینه شبکه های آبرسانی شـهری. پایـان نامـه کارشناسـی ارشد. دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

5- نجمایی، م. (1375). ضربه قوچ. انتشارات دانشگاه علم وصنعت، چاپ سوم.

6-Abbott, M.B., Basco, D.E.R. (1989). "Computational Fluid Dynamics." ongman, Essex, UK.

7- Afshar, A. (1990). "Optimization of Pipeline System with Consideration of Water power." power resource planning and manage. ASCE. 116(5): 665-675.

8- Afshar, M.H. (2003). "An Element-by-Element Algorithm for the Analysis of pipe networks." Int. J. for Eng. Science, 3(12), pp 87-100.

9-Alperovits, F., Shamir, U. (1977). " Design of optimal water distribution systems." Water Resour. Res., 13(6): 885-900.

10- Geriani, A. M. EI. (1998). "Cost-effectiveness analyses of libya's water supply." Water Resources Planning end Management. ASCE

11-Eiger. G., Shamir. U., Ben-Tal, A. (1994). "Optimal design of water distribution networks." Water Resour. Res., 30(9): 2637-2646.

12- Eliasson, J., Jensson, P. (1997). "Optimal design of hydropower plants." Hydropower97, Broch, Lysne & Helland-Hanssen (eds), Balkema, Rotterdam, pp: 611-618.

13-Jaeger, C. (1995). "Surge – Tank Stability", Water Power. 4(9): 20-30.

14-Lansey. K., mays, L. (1989). "Optimization model for water disturb. System design." J. hyd. Engry., ASCE,115(10), 1401-1418.

15-Naber. W, (1995). "Surge Tank and Water Hammer Calculations on Digital and Analog Computer." Journal of water Power. 21 (10):45-68.

16-Pezzinga, G., Gueli, R. (1999). "Optimal location of control valves in pipe networks by genetic algorithm." Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, pg. 65-67.

17-Savic, D.A., Walters, G.A. (1995). "Genetic Algorithm Techniques for Calibrating Network Models", Report N. 95/12, Centre For Systems And Control Engineering, School of Engineering, University of Exeter, Exeter, United Kingdom, (1995).

18-Verwey, A., Yu, j.H. (1993). "A space- Compact High- order scheme for Water Hammer simulation." Proceedings of the XXVth IAHR conference, Tokyo, Japan.