

بهینه سازی مصرف انرژی ایستگاه پمپاژ جزیره هرمز به روش کلنی مورچگان و مقایسه آن با روش الگوریتم ژنتیک

سمیه انگبینی و صادق روحانی^۱، امین قصمی^۲، سعید صادقی^۳، جهانبخش یابنده^۴

دکتری منابع آب و کارشناس دفتر فنی شرکت آب و فاضلاب هرمزگان

angebini@yahoo.com

کارشناس ارشد مکانیک و کارشناس دفتر فنی شرکت آب و فاضلاب هرمزگان

کارشناس ارشد مدیریت و مدیر عامل شرکت آب و فاضلاب هرمزگان

معاون مهندسی و توسعه شرکت آب و فاضلاب هرمزگان

مدیر دفتر فنی و خدمات مهندسی شرکت آب و فاضلاب هرمزگان

چکیده:

سیستم های فاضلابی به شکل کلی مجموعه ای هستند که وظیفه جمع آوری و انتقال فاضلاب های خانگی و رواناب ها را به تصفیه خانه دارند. کارکرد این مجموعه با توجه به شرایط خارجی تغییر می کند بطور مثال در ساعت مختلف یا ماه های متفاوت سال همچنین در هنگام بارش باران مقدار دبی ورودی تغییر کرده که به تبع آن وضعیت کارکرد پمپاژ نیز باید عوض گردد. وظیفه ایستگاه پمپاژ انتقال فاضلاب به تصفیه خانه می باشد. تصفیه فاضلاب از تخلیه مستقیم فاضلاب به محیط زیست جلوگیری کرده و بجای فاضلاب پساب تصفیه خانه به محیط زیست تخلیه می شود. می توان از ظرفیت ذخیره سازی ایستگاه و پمپاژ برای بهینه سازی میزان انرژی مصرفی ایستگاه استفاده نمود. در ایستگاه های پمپاژ معمولاً از روش روشن-خاموش جهت بهره برداری از پمپ ها استفاده می شود. که این روش سنتی می تواند باعث هدر رفت انرژی گردد. در این مطالعه بعد از انتخاب پمپ مناسب با استفاده از دو روش بهینه سازی الگوریتم مورچگان و ژنتیک جدول بهینه کارکرد پمپ تهیه و با هم مقایسه می گردند.

کلمات کلیدی: بهینه سازی- الگوریتم ژنتیک- کلنی مورچگان- جزیره هرمز

۱- مقدمه :

سیستم های فاضلابی شبکه هایی هستند که فاضلاب خانگی و آب باران را از سطح شهر جمع آوری و به وسیله پمپاژ یا ثقلی به خارج شهر یا تصفیه خانه منتقل می نمایند. با توجه به محل های انتخابی برای احداث تصفیه خانه ایستگاه پمپاژ جهت انتقال فاضلاب طراحی می گردند. این ایستگاه ها با توجه به ساعت کارکرد خود مقدار زیادی انرژی مصرف می نمایند (مرادی و همکاران، ۲۰۰۳).

همواره از بهینه سازی انرژی پمپاژ بعنوان یکی از موارد مهم صرفه جویی اقتصادی یاد می شود. مصرف انرژی پمپاژ مقداری حدودی ۲۲ درصد کل مصرف موتورهای الکتریکی در کل جهان می باشد و به شکل خاص در برنامه های صنعتی بالغ بر ۵۰ درصد مصرف انرژی صرف پمپاژ می شود. یکی از مهمترین دلایل صرفه جویی در مصرف انرژی کاهش میزان تولید گازهای گلخانه ای است. همچنین کاهش مصرف منابع سوختی و کاهش هزینه های تولید انرژی نیز می باشد (جاستون، ۲۰۱۱). در این مطالعه از روش بهینه سازی کلونی مورچگان و الگوریتم ژنتیک جهت بهره برداری مناسب تر از ظرفیت ایستگاه پمپاژ استفاده می شود. برای این منظور از الگوی مصرف ساعتی و میزان تولید فاضلاب جهت تهیه جدول کارکرد بهینه برای ایستگاه پمپاژ فاضلاب جزیره هرمز استفاده خواهد شد، به نحوی که با کمترین مصرف برق، مناسبترین پمپاژ ایجاد شود.

Ibanez et al (2008) جهت مینیم نمودن هزینه های پمپاژ و هزینه های نگه داری ایستگاه های پمپاژ از روش کلونی مورچگان برای بهینه سازی استفاده نمودند. (Cisty (2009 مسئله بهینه سازی را برای ایستگاه پمپاژ شبکه آبرسانی در وضعیت بحرانی بررسی نمودند آنها از مدل هیدرولیکی EPANET جهت مدل سازی شبکه و از الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی پمپاژ استفاده نمودند. Johnston(2011) برای یک مطالعه موردی به کمک روش الگوریتم ژنتیک در شبکه ای با ۱۴ پمپ توانست میزان مصرف را نسبت به حالت قبل از بهینه سازی به میزان ۱۳ درصد کاهش دهد. Hashemi et al (2014) جدول پمپاژ بهینه شبکه آبرسانی را بوسیله روش کلونی مورچگان بدست آورد.

۲- معرفی مدل های مورد استفاده در این تحقیق

۲-۱- الگوریتم کلونی مورچه:

الهام گرفته شده از مطالعات و مشاهدات روی کلونی مورچه هاست. این مطالعات نشان داده که مورچه ها حشراتی اجتماعی هستند که در کلونی ها زندگی می کنند و رفتار آنها بیشتر در جهت بقاء کلونی است تا در جهت بقاء یک جزء از آن یکی از مهمترین و جالبترین رفتار مورچه ها، رفتار آنها برای یافتن غذا است. و بویژه چگونگی پیدا کردن کوتاهترین مسیر میان منابع غذایی و آشیانه این نوع رفتار مورچه ها دارای نوعی هوشمندی توده ای است. که اخیراً مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است. از این روش می توان برای حل مسائل محاسباتی- عددی بر مبنای علم احتمالات و یافتن بهترین جواب در یک مسئله استفاده نمود.

۲-۲- الگوریتم های ژنتیک:

با نماد اختصاری (GA) تکنیک جستجویی در علم رایانه برای یافتن راه حل تقریبی برای بهینه سازی مسائل جستجو است. الگوریتم ژنتیک نوع خاصی از الگوریتم های تکامل است که از تکنیک های زیست شناسی

فراگشتی‌مانند وراثتو جهش‌استفاده می‌کند. این الگوریتم برای اولین بار توسط جان هلند معرفی شد. در واقع الگوریتم‌های ژنتیک از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کنند.

۳- مواد و روش

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر هرمز از نظر موقعیت طبیعی به صورت جزیره ای در درون آب قرار گرفته و از اطراف به دریا محدود می شود. بدین لحاظ دارای موقعیت خاص از نظر طبیعی می باشد. در حال حاضر آب شهر هرمز از طریق آبشیرین کن جزیره هرمز تأمین می گردد. ظرفیت آبشیرین کن حدود ۱۵۰۰ مترمکعب در روز می باشد که نیاز فعلی این جزیره را تأمین می نماید. پس از تولید، کلر زنی و ذخیره در مخزن ۱۰۰ مترمکعبی ایستگاه پمپاژ در شبکه آب شهر توزیع می گردد. مجموع طول شبکه توزیع آب شهر هرمز نیز حدود ۲۲ کیلومتر می باشد. همچنین در جزیره هرمز یک مخزن ذخیره آب ۱۷۰۰ مترمکعبی نیز وجود دارد که بیشتر جهت فروش آب با تانکر و مصارف متفرقه از آن استفاده می شود

۳-۲- دوره ایستگاه های پمپاژ

دوره طرح را برای طراحی شبکه های جمع آوری فاضلاب برابر ۲۰ تا ۳۰ سال در نظر می گیرند دوره طرح برای تجهیزات الکتریکی و مکانیکی مانند پمپهای فاضلاب باید متناسب با مراحل گسترش و حداکثر برابر عمر مفید آنها در نظر گرفته شود. برای طراحی تصفیه خانه و ایستگاه های پمپاژ فاضلاب معمولاً دوره طرح برابر ۱۰ تا ۲۰ سال انتخاب می گردد. با انتخاب دوره طرح ، تعداد جمعیت طرح محاسبه شده و طرح برای برآورده نمودن نیاز آن جمعیت طراحی می گردد. در جدول شماره ۱ مبانی جمعیتی و تراکمی طرح از سال شروع تا افق طرح مشاهده می گردد. همچنین در جدول ۲ خلاصه سرانه در ابتدا و انتهای طرح مشاهده می شود.

جدول ۱: جمعیت و تراکم

سال ابتدای دوره طرح	۱۳۸۹	۱۴۱۴
جمعیت (نفر)	۷۰۰۰	۱۴۴۰۰
مساحت تقریبی شهر (هکتار)	۱۸۰	
تراکم شهر (نفر در هکتار)	۴۰	۸۰

جدول ۲: خلاصه سرانه

سال ابتدای طرح	سال انتهای طرح	دوره طرح
۱۳۸۹	۱۴۱۴	
۳٫۸		(l/d.c) سرانه مصرف آب دام و فضای سبز خانگی
۱۳۲	۱۴۵	سرانه مصرف آب خالص خانگی (l/d.c)
۱۰	۳۰	(l/d.c) سرانه مصرف آب تجاری و صنعتی
۱۵	۲۰	(l/d.c) سرانه مصرف آب عمومی
۱۵۷	۱۹۵	(l/d.c) سرانه مجموع مصارف آب
۱۳۳	۱۶۶	(l/d.c) سرانه تولید فاضلاب
۱۸۳	۲۳۹	(l/d.c) سرانه تولید فاضلاب با احتساب نشتاب

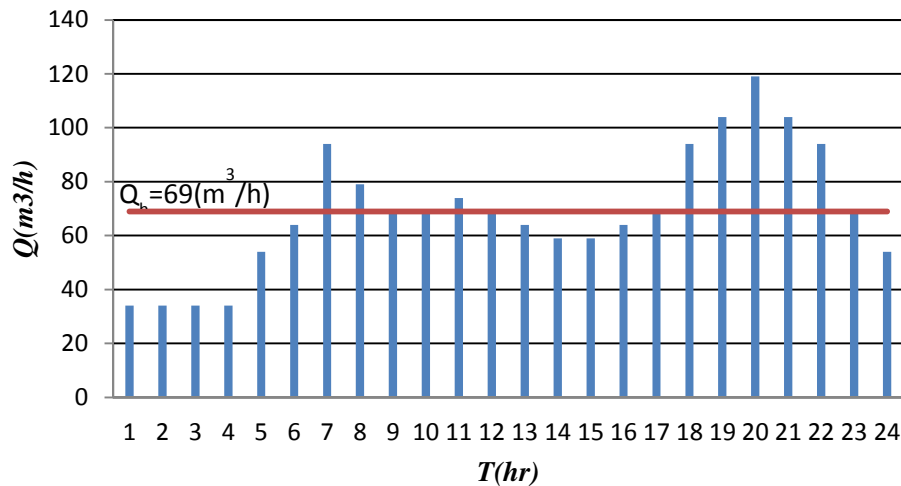
۴- تجزیه و تحلیل یافته ها

۴-۱- محاسبه جدول دبی ورودی ساعتی

جهت محاسبه جدول پمپاژ ابتدا نیاز به محاسبه جدول دبی ورودی می باشد. از آنجایی که در ایستگاه پمپاژ مورد نظر اندازه گیری دبی ورودی صورت نمی پذیرد جهت محاسبه جدول ورودی از مباحث تئوری استفاده می شود. برای محاسبه سرانه و جمعیت با فرض یکنواخت بودن نرخ رشد در طول دوره طرح و با میانبایی نتایج برای سال ۱۳۹۴ محاسبه و در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: جمعیت، سرانه فاضلاب و نشتاب منطقه مورد مطالعه

۱۴۱۴	۱۳۹۴	۱۳۸۹	
۱۴۴۰۰	۸۴۸۰	۷۰۰۰	جمعیت (نفر)
۲۳۹	۱۹۵	۱۸۳	سرانه تولید فاضلاب (لیتر.روز.نفر)
۷۳	۵۵	۵۰	سرانه نشتاب (لیتر.روز.نفر)



شکل ۱: دبی ورودی فاضلاب به ایستگاه پمپاژ

۴-۲- محاسبه جدول کارکرد به روش روشن و خاموش (وضعیت موجود)

در این بخش به بررسی وضعیت موجود ایستگاه پمپاژ پرداخته می شود و میزان مصرف برق بوسیله پمپهای آن محاسبه می شود. ایستگاه پمپاژ مذکور دارای ۳ دستگاه پمپ می باشد که دو عدد آنها در حال کار و یک پمپ جایگزین می باشد. مشخصات پمپ های ایستگاه در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴: مشخصات پمپ نصب شده

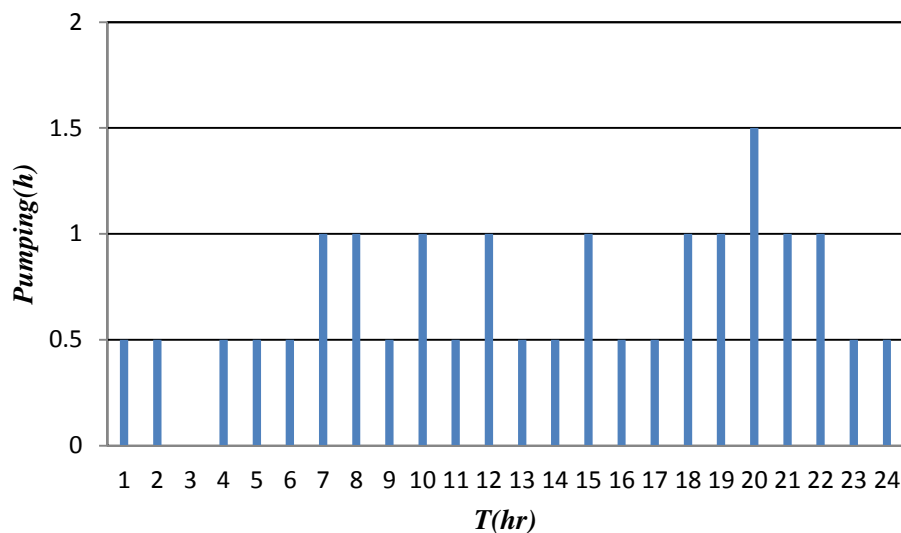
Q_{max} (m³/h)	162
H(m)	40
rpm	1460
راندمان (%)	60
P(kw)	30

باتوجه به راندمان و هد ثابت پمپ ها دبی ساعتی هر پمپ مقداری معادل ۹۷ مترمکعب بر ساعت می باشد. حجم مخزن ذخیره ایستگاه مقدار ۸۰ مترمکعب می باشد و همچنین همواره باید مقدار ۱۵

مترمکعب در مخزن باقی بماند. لذا پمپها باید به گونه ای کار کنند که حجم فاضلاب باقی مانده در مخزن از ۸۰ تجاوز ننماید و قبل از کاهش حجم به زیر ۱۵ متر مکعب نیز پمپها خاموش شوند.

همانگونه که در جدول مشاهده می شود در هیچ ساعتی از شبانه روز میزان حجم ذخیره از عدد ۸۰ مترمکعب تجاوز ننموده و از حداقل حجم ذخیره نیز کمتر نگردیده است.

همانگونه که از نمودار مشخص است پمپ ها در ساعت ۰۳:۰۰ به شکل کامل و در ۱۳ مرحله نیز نیم ساعت خاموش بوده یعنی انتقال فاضلاب به تصفیه خانه قطع می گردد که می تواند باعث اختلال در فرآیند تصفیه شود. همچنین پمپ شماره ۲ فقط در ساعت ۲۰:۰۰ و به اندازه ۰,۵ ساعت روشن می شود پس از نمودار مشخص می شود که اندازه پمپ بالاتر از نیاز برآورد شده است و عملاً از پمپ شماره ۲ فقط ۰,۵ ساعت در شبانه روز استفاده می گردد.



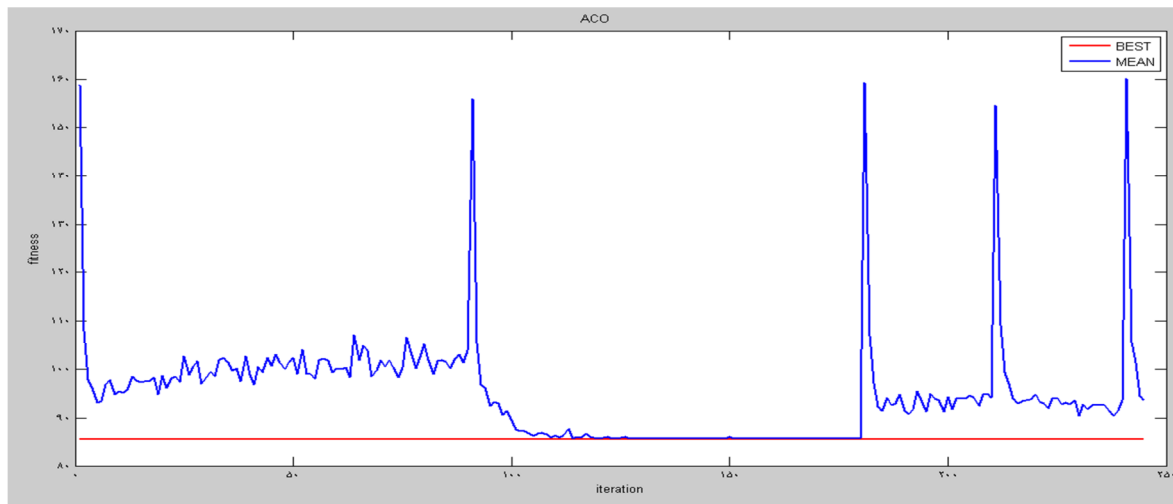
شکل ۲: نمودار کارکرد پمپ های موجود

حال با توجه به مطالب بیان شده بالا مشخص گردید که ایستگاه به اندازه ۱۷ ساعت در شبانه روز روشن می باشد و با توجه به میزان مصرف برق هر پمپ که به اندازه ۱۸ کیلووات می باشد در مجموع میزان ۳۰۶ کیلووات ساعت در شبانه روز برق مصرف گردیده است.

۳-۴ محاسبه جدول کارکرد بوسیله روش بهینه سازی الگوریتم کلونی مورچگان

در این بخش جدول بهینه کارکرد پمپ بوسیله کلونی الگوریتم مورچگان مورد بررسی قرار می گیرد. روش گفته شده بوسیله کد نویسی در نرم افزار Matlab انجام شده است .

پس از اجرای مدل و انجام عملیات بهینه سازی نمودار بهینه ساز به شکل ۳ نشان داده می شود.



شکل ۳: نمودار بهینه سازی مدل الگوریتم کلونی مورچگان

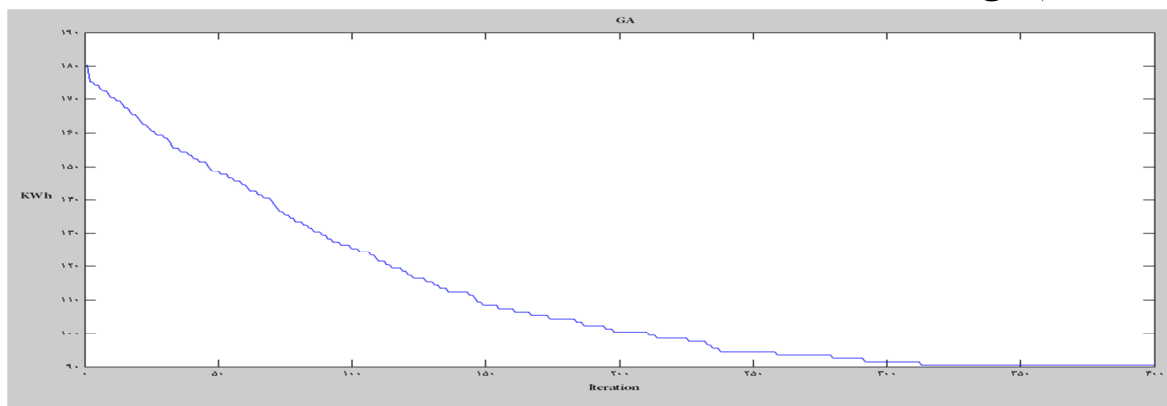
مدل پس از ۲۴۵ بار اجرا شدن به جواب بهینه می رسد و همانطور که از نمودار مشخص است ۴ بار (چهار جهش نمودار) نیز مدل از ابتدا شروع به یافتن جواب بهینه نموده است. در نهایت مدل پمپ شماره ۰۱ را بعنوان بهترین گزینه با میزان ۸۵ کیلووات ساعت مصرف انتخاب نموده است. پمپ انتخابی جریان را بدون قطع و وصل پمپ نموده و همیشه یک جریان پایه را به تصفیه خانه پمپاژ می نماید. و جهت انجام این کار به سه پمپ با ظرفیت ۳۶ مترمکعب بر ساعت نیاز می باشد.

۴-۴ محاسبه جدول کارکرد بوسیله روش بهینه سازی الگوریتم ژنتیک

جدول پمپها و جدول دبی ساعتی ورودی فاضلاب به ایستگاه مدل به عنوان ورودی به مدل داده می شود سپس بوسیله ۲۰۰ کروموزوم در ۲۰ جمعیت و با حداکثر ۴۰۰ تکرار مدل اجرا می گردد. همانطور که در مطالب قبلی نیز بیان گردید هدف کمینه کردن میزان کیلووات ساعت ایستگاه پمپاژ می باشد. همچنین قیود این مدل نیز شامل موارد زیر می باشد:

- حداقل ذخیره موجود در ایستگاه برابر با ۱۵ متر مکعب

- حداکثر ذخیره موجود در ایستگاه برابر با ۸۰ متر مکعب
- عدم قطع پمپاژ



شکل ۴-۴: نمودار بهینه سازی مدل الگوریتم ژنتیک

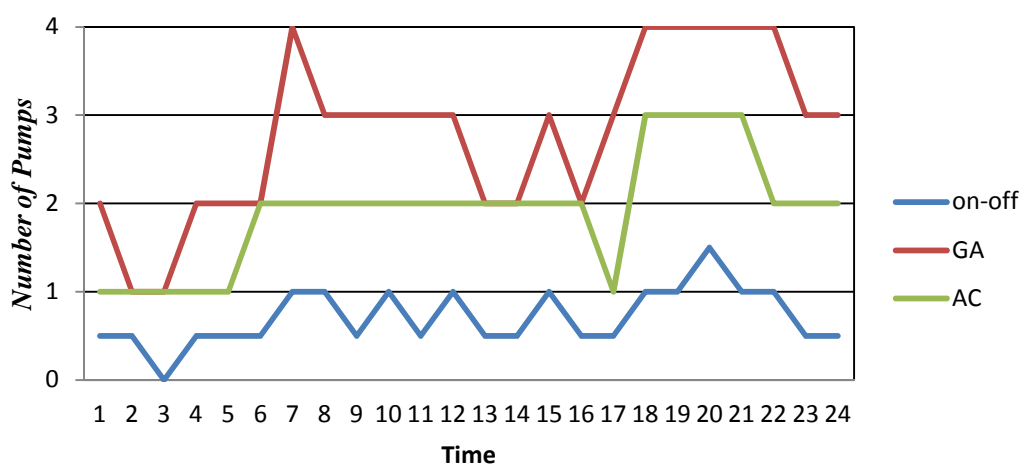
مدل پس از ۴۰۰ بار اجرا شدن به جواب بهینه می رسد و همانطور که از نمودار مشخص است از مقدار **180** کیلووات ساعت در تخمین اولیه به مقدار **90.45** در انتها رسیده است. در این مدل پمپ شماره ۱۲ بعنوان بهترین گزینه با میزان **90.45** کیلووات ساعت مصرف انتخاب شده است. پمپ انتخابی جریان را بدون قطع و وصل پمپ نموده و همیشه یک جریان پایه را به تصفیه خانه پمپاژ می نماید. و جهت انجام این کار به چهار پمپ با ظرفیت ۲۵ مترمکعب بر ساعت نیاز می باشد.

۵- بحث و نتیجه گیری

خلاصه نتایج بدست آمده از سه روش فوق در جدول ۵ و شکل ۳ قابل ملاحظه می باشد با توجه به نتایج روش کلونی مورچگان مشخص است که این روش با داشتن کمترین مصرف و بدون قطع جریان بهترین گزینه می باشد. لازم بذکر است روش الگوریتم ژنتیک نیز جواب قابل قبولی را از لحاظ مصرف ارائه نموده است. اما با توجه به تعداد پمپ ها روش الگوریتم مورچگان با یک پمپ کمتر از لحاظ هزینه اولیه نیز مناسبتر می باشد. و می توان آن را به عنوان گزینه برتر انتخاب نمود.

جدول ۵: مقایسه روش های ارائه شده

روش	دبی (مترمکعب بر ساعت)	توان (کیلووات)	کارکرد (ساعت)	مصرف (کیلووات ساعت)	قطع جریان (ساعت)	تعداد پمپ
الگوریتم مورچگان	36	1.85	46	85	0	3
الگوریتم ژنتیک	25	1.35	67	90.45	0	4
روش روشن و خاموش	97	18	17	306	7.5	2



شکل ۳: نحوه پمپاژ سه روش ارائه شده

منابع

1. Attarzade, A, Mousavi, J, Tahershamsi, A, 2008, Estimation of optimal reservoir storage with a control on supply reliability applying hybrid genetic algorithm and linear programming, 3rd Water Resources Management Conference, Tabriz, Iran, October 15.
2. Cisty, M, 2009, Hybrid genetic algorithm and linear programming method for least-cost design of water distribution systems, Water Resources Management, 24(1), 1-24.
3. Hashemi, S, Tabesh, M, Ataeekia, B, 2014, Ant-colony optimization of pumping schedule to minimize the energy cost using variable-speed pumps in water distribution networks, Urban Water Journal Volume 11, Issue 5, 91-105.
4. Ibáñez L, Prasad, T, Paechter, B, 2008, Ant Colony Optimization for Optimal Control of Pumps in Water Distribution Networks, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 134, No. 4, 75-84.
5. Johnston, G, 2011, Minimizing Energy Consumption in a Water Distribution System, A System Modeling Approach, M.S Thesis of Texas A&M University.
6. Moradi-Jalal, M, Marino, M. A, Afshar, A, 2003, Optimal design and operation of irrigation pumping station. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 129(3), 149-154.