بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده عمران

طراحی بهینه شبکه های توزیع آب و جمع آوری فاضلاب

دانشجو:

عابدین رضوان خواه گلسفیدی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی عمران گرایش سازه های هیدرولیکی

استاد راهنما:

دکتر محمد هادی افشار

شهریور ۱۳۸٦

تقدیم به:

پدر و مادرم

تشکر و قدردانی:

بر خود لازم می دانم که بدین وسیله از زحمات بی دریغ و راهنمائی های ارزنده استاد ارجمند جناب آقای دکتر محمد هادی افشار صمیمانه تشکر و قدردانی کنم. همچنین از اعضای هیات داوران بخاطر حضور در جلسه دفاعیه و فراهم نمودن امکان ارائه پربار آن تشکر نموده و سپاس خود را به حضورشان تقدیم می دارم.

چکیده

به کارگیری روشهای بهینه سازی در تحلیل سیستم های عمران، همانند شبکه های توزیع آب و جمع آوری فاضلاب، منابع آب، سازه و .... در چند دهه اخیر مورد توجه متخصصین این رشته واقع شده است. با توجه به هزینه بری فراوان طرحهای آب و فاضلاب (شبکه های توزیع آب و جمع آوری فاضلاب) لزوم به کارگیری روشهای نو و به صرفه برای طراحی و اجرای سیستم های مذکور احساس می شود.

روشهای سنتی و مرسوم طراحی شبکه های توزیع آب و جمع آوری فاضلاب بر اساس قواعد عملی محدودیت های موجود و قضاوت مهندسی انجام می شود که این روشها بسیار وقت گیر و پرهزینه می باشند. ضمناً گستردگی گزینه های مختلف احتمال دستیابی به طرح بهینه را کم می کند. ضرورت بهره گیری از روشهای بهینه سازی به منظور ارائه طرح هایی با کارآیی بهتر و توسعه الگوریتم های بهینه سازی مناسبتر و با قابلیت گسترده تر، غیر قابل انکار و از عوامل اصلی محرک در این کار تحقیقاتی می باشد.

در این راستا با معرفی الگوریتم های ژنتیک بر مبنای ساخت مدل احتمالاتی Probability Model Building Genetic Algorithm و انواع آن، از الگوریتم ژنتیک فشرده Compact Genetic Algorithm و الگوریتم ژنتیک فشرده توسعه یافته Extended Compact Genetic Algorithm به عنوان مدلهایی تکاملی و فرا ابتکاری برای حل بهینه شبکه های توزیع آب و جمع آوری فاضلاب با جانمایی مشخص استفاده می گردد. در روش های بهینه سازی ارائه شده کلیه محدودیت های فنی درنظر گرفته شده است. در شبیه سازی شبکه های جمع آوری فاضلاب از مدل هیدرولیکی مانینگ و هیزین – ویلیامز اصلاح شده استفاده شده است و متغیر تصمیم در مدل پیشنهادی شیب لوله ها می باشد. فرمول هیزین – ویلیامز در شبیه سازی شبکه های توزیع آب به کارگرفته شده است و متغیر تصمیم قطر لوله هاست.

کاربرد موفقیت آمیز این مدل ها در چند مساله نمونه، قابلیت این الگوریتم ها را در طراحی بهینه شبکه های آب و فاضلاب نشان داده است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل۱ کلیات **۷**

۱-۱. مقدمه ۸

۱-۲. اهداف کار ۹

۱-۳. دامنه کار ۱۰

۱-۴. مروری بر مطالعات گذشتگان ۱۱

۱-۴-۱. شبکه جمع آوری فاضلاب ۱۱

۱-۴-۲. شبکه توزیع آب ۱۴

فصل۲ شبیه سازی هیدرولیکی **۱۷**

۲-۱. مقدمه ۱۸

۲-۲. شبیه سازی هیدرولیکی شبکه جمع آوری فاضلاب ۱۸

۲-۲-۱. مدل هیدرولیکی مانینگ ۱۹

۲-۲-۲. مدل هیدرولیکی هیزین – ویلیامز اصلاح شده ۲۲

۲-۳. شبیه سازی هیدرولیکی شبکه توزیع آب ۲۸

۲-۳-۱. مدل های تحلیل شبکه ۲۹

۲-۳-۲. روش های حل معادلات شبکه های آبرسانی ۳۲

۲-۳-۳. رابطه بین سرعت، قطر و شیب ۳۹

فصل۳ روش های بهینه سازی **۴۱**

۳-۱. مقدمه ۴۲

۳-۲. بهینه‌سازی و تقسیم‌بندی روشهای آن ۴۲

۳-۲-۱. روش های بهینه سازی فراگیر و محلی ۴۴

۳-۲-۲. بهینه سازی مقید و نامقید ۴۴

۳-۲-۳. تقسیم‌بندی روشهای جستجو ۴۵

۳-۳. الگوریتم ژنتیک ۴۷

۳-۳-۱. الگوریتم ژنتیک چیست؟ ۴۸

۳-۴. الگوریتم ژنتیک لایق ۴۹

۳-۴-۱. تکنیک ساخت مدل احتمالاتی ۵۰

۳-۴-۲. عملگرهای الگوریتم ژنتیک لایق ۵۹
۳-۴-۳. اعمال قیدها و محدودیتها ۶۳
۳-۴-۴. شرط توقف الگوریتم ۶۴

فصل۴ مدلهای بهینه سازی شبکه های آب و فاضلاب ۶۵

۴-۱. مقدمه ۶۶
۴-۲. مدل بهینه سازی ۶۷
۴-۲-۱. مدل بهینه سازی شبکه های جمع آوری فاضلاب ۶۷
۴-۲-۲. مدل بهینه سازی شبکه های توزیع آب ۷۱
۴-۳. مدل شبیه سازی هیدرولیکی ۷۳
۴-۴. روش حل مسأله ۷۳
۴-۴-۲. تعیین ضریب جریمه ۷۵
۴-۴-۳. مدل بهینه سازی ۷۵
۴-۴-۴. الگوریتمهای مدلهای پیشنهادی بر اساس Competent GA ۷۷
۴-۵. الگوریتم محاسبه اقطار استاندارد در فرایند بهینه سازی ۷۹

فصل۵ آزمون مدل ۸۰

۵-۱. مقدمه ۸۱
۵-۲. طراحی شبکه جمع آوری فاضلاب ۸۱
۵-۲-۱. مساله طراحی ۱ ۸۱
۵-۲-۲. مساله طراحی ۲ ۸۸
۵-۲-۳. مساله طراحی ۳ ۹۲
۵-۳. طراحی شبکه توزیع آب ۹۷
۵-۳-۱. مساله طراحی ۴ ۹۷
۵-۳-۲. مساله طراحی ۵ ۹۸
۵-۳-۳. مساله طراحی ۶ ۱۰۳

فصل۶ نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۰۷

مراجع ۱۱۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

فصل۱ کلیات ۷

فصل۲ شبیه سازی هیدرولیکی ۱۷

شکل۲-۱. سطح مقطع لوله با متغیرهای مربوطه ۱۹

شکل۲-۲. منحنی برازش تغییرات ضریب زبری n بر اساس نسبت پر شدگی فاضلاب..... ۲۱

فصل۳ روش های بهینه سازی ۴۱

شکل۳-۱. فضای سه بعدی با سطح Multy – modal [۳۲]..... ۴۳

شکل۳-۲. نمایش گرافیکی مدل های احتمالاتی تک متغیره ۵۲

شکل۳-۳. نمایش گرافیکی مدل های احتمالاتی دو متغیره..... ۵۴

شکل۳-٤. نمایش گرافیکی مدل های احتمالاتی چند متغیره ۵۵

شکل۳-۵. فرآیند ECGA ۵۷

شکل۳-٦. انتخاب طبیعی توسط چرخ گردان [۷۵] ۶۱

فصل۴ مدلهای بهینه سازی شبکه های آب و فاضلاب ۶۵

شکل٤-۱. فلوچارت فرایند بهینه سازی غیرخطی..... ۷۶

فصل۵ آزمون مدل ۸۰

شکل۵-۱. جانمایی مساله طراحی اول [۴۳]..... ۸۲

شکل۵-۲. بهترین جواب الگوریتم ECGA مساله طراحی ۱ ..... ۸۴

شکل۵-۳. بهترین جواب الگوریتم ECGA مساله طراحی ۱ با تغییر قید سرعت..... ۸۶

شکل۵-٤. جانمایی مساله طراحی ۲ [۴۵]..... ۸۸

شکل۵-۵. بهترین جواب الگوریتم ژنتیک توسعه یافته با استفاده از فرمول مانینگ ۹۰

شکل۵-٦. بهترین جواب الگوریتم ژنتیک توسعه یافته با استفاده از فرمول هیزین – ویلیامز ۹۱

شکل۵-۷. جانمایی مساله طراحی۴ [۴۶]..... ۹۳

شکل۵-۸. بهترین جواب الگوریتم ژنتیک توسعه یافته..... ۹۶

شکل۵-۹. شبکه آب دو حلقه ای..... ۹۷

شکل۵-۱۰. جانمایی مساله طراحی ۵..... ۹۹

شکل۵-۱۱. بهترین جواب الگوریتم ECGA مساله طراحی۵ ..... ۱۰۰
شکل۵-۱۲. جانمایی مساله طراحی ۶ ..... ۱۰۳
شکل۵-۱۳. بهترین جواب الگوریتم ECGA مساله طراحی۶ ..... ۱۰۴

فصل۶ نتیجه گیری و پیشنهادات **۱۰۷**

مراجع **۱۱۰**

فهرست جداول

فصل۱ کلیات ۷

فصل۲ شبیه سازی هیدرولیکی ۱۷

جدول۲-۱. تغییرات ضریب زبری مانینگ بر اساس نسبت پرشدگی فاضلاب ۲۰

جدول۲-۲. مقادیر تجربی نسبت $\frac{f_p}{f_f}$ بر اساس نسبت پرشدگی فاضلاب ۲۶

جدول۲-۳. ضرایب توابع $\alpha_2(k),\alpha_1(k)$ و $\alpha_3(k)$ [۱۴] ۲۷

فصل۳ روش های بهینه سازی ۴۱

فصل۴ مدلهای بهینه سازی شبکه های آب و فاضلاب ۶۵

فصل۵ آزمون مدل ۸۰

جدول۵-۱. مشخصات شبکه مساله طراحی ۱ ..... ۸۳

جدول۵-۲. نتایج هزینه مساله ۱ ..... ۸۴

جدول۵-۳. نتایج حل مساله ۱ توسط ECGA ۸۵

جدول۵-٤. نتایج هزینه مساله ۱ با تغییر قید سرعت ۸۶

جدول۵-۵. نتایج حل مساله ۱ با تغییر قید سرعت ۸۷

جدول۵-٦. مشخصات شبکه مساله طراحی ۲ ..... ۸۹

جدول۵-۷. نتایج هزینه مساله ۲ ..... ۹۰

جدول۵-۸. نتایج حل مساله ۲ با فرمول مانینگ ۹۱

جدول۵-۹. نتایج حل مساله ۲ با فرمول هیزین - ویلیامز ۹۲

جدول۵-۱۰. اطلاعات ورودی مساله طراحی ۳ ..... ۹۴

جدول۵-۱۱. هزینه واحد طول فاضلابرو (هزار ریال) ۹۴

جدول۵-۱۲. هزینه پمپاژ (هزار ریال) ۹۵

جدول۵-۱۳. نتایج هزینه مساله ۳ ..... ۹۵

جدول۵-۱٤. نتایج حل مساله ۳ توسط ECGA ۹۶

جدول۵-۱۵. هزینه لوله ها در مساله طراحی ۴ ..... ۹۸

جدول۵-۱۶. نتایج هزینه مساله ۴..... ۹۸
جدول۵-۱۷. هزینه لوله ها در مساله طراحی ۵ ..... ۹۹
جدول۵-۱۸. نتایج هزینه مساله ۵..... ۱۰۰
جدول۵-۱۹. نتایج حل مساله ۵ توسط ECGA..... ۱۰۱
جدول۵-۲۰. نتایج گرهی حل مساله ۵ با استفاده از ECGA ۱۰۲
جدول۵-۲۱. هزینه لوله ها در مساله طراحی ۶..... ۱۰۴
جدول۵-۲۲. نتایج هزینه مساله ۶..... ۱۰۴
جدول۵-۲۳. نتایج حل مساله ۶ توسط ECGA..... ۱۰۵
جدول۵-۲۴. نتایج گرهی حل مساله ۶ توسط ECGA..... ۱۰۶

فصل۶ نتیجه گیری و پیشنهادات **۱۰۷**

مراجع **۱۱۰**

فصل۱

کلیات

۱-۱. مقدمه

حیات بشر و بقا و ادامه زندگی سایر جانداران به وجود آب بستگی دارد. انسان ها همواره در محل زندگی خود با حفر چاه ها و استفاده از منابع سطحی نیار خود به آب را رفع کرده اند.
با گذشت زمان و رشد سریع جمعیت شهری و توجه بیشتر به بهداشت همگانی، ایجاد منابع آب و انتقال آن به محل سکونت انسان ها و همچنین دفع فاضلاب ناشی از آن امری ضروری به نظر می رسد که حل آنها تنها به کمک متخصصین کارآزموده امکان پذیر است.
از این رو سرمایه گذاری زیادی درطراحی، اجرا، اصلاح، بهره برداری و نگهداری سیستمهای توزیع آب و فاضلاب شهری مورد نیاز است. هزینه اجرای شبکه های توزیع آب و جمع آوری فاضلاب شهری بخش اصلی هزینه سیستم آبرسانی و دفع فاضلاب شهری می باشد، بنابراین حجم عمده ای ازسرمایه گذاریها می تواند به وسیله بهینه سازی طراحی شبکه های توزیع آب و جمع آوری فاضلاب ذخیره گردد.
در طراحی شبکه های توزیع آب و جمع آوری فاضلاب، طراحی بدون تلاش در جهت حداقل کردن هزینه ها انجام می گردد. در روشهای سنتی، معمولاً پس از مشخص نمودن جانمایی[۱] و تعیین هر لوله از قبیل طول، جمعیت تحت پوشش، مصرف سرانه و توپوگرافی منطقه، شبکه های توزیع آب و جمع آوری فاضلاب با رعایت ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی طراحی می گردند. فرایند طراحی در شبکه توزیع آب شامل تعیین قطر است به طوری که سرعت و فشار مناسب در شیکه حاصل شود. در حالی که فرایند طراحی در شبکه جمع آوری فاضلاب شامل تعیین قطر و شیب لوله هاست به نحوی که از داشتن ظرفیت کافی برای جریانهای حداکثر و سرعت خودشویی[۲] کافی برای جریانهای حداقل یا متوسط اطمینان حاصل شود. مسئله مهم دیگر در روشهای طراحی متعارف این است که هزینه های ناشی از پارامترهای مختلف از جمله

[1] Layout
[2] Cleansing Velocity

هزینه ناشی از ایستگاههای پمپاژ، هزینه های بهره برداری و... به ندرت در طراحی لحاظ می گردد.
چند سیستم جایگزین به لحاظ فنی و هیدرولیکی بررسی شده و سیستم با حداقل هزینه انتخاب می گردد. روشن است طراحی به روش فوق به میزان زیادی بستگی به تجربه طراح دارد و سلیقه ای است. طبیعی است که در چنین شرایطی نمی توان از بهینه بودن طرحهای حاصل اطمینان حاصل کرد، اگر چه طرحهای حاصل طرحهایی قابل تایید و تصویب باشند.

۱-۲. اهداف کار

هدف از این تحقیق ارائه مدلهای بهینه سازی برای طراحی شبکه های توزیع آب و جمع آوری فاضلاب برای یک جانمایی مشخص است. الگوریتم های متفاوتی در بهینه سازی طراحی شبکه جمع آوری فاضلاب در سالهای گذشته توسعه یافته اند که می توان به روشهای برنامه ریزی پویا، برنامه ریزی خطی، برنامه ریزی غیرخطی و روشهای ابتکاری اشاره نمود.
در روش برنامه ریزی پویا، علیرغم کاربرد آن در مورد متغیرهای گسسته از قابلیت مناسبی برای استفاده در مورد متغیرهای پیوسته به دلیل ضرورت گسسته سازی این متغیرها، برخوردار نیست. زیرا زمان زیادی برای طراحی می طلبد. بالعکس روشهای برنامه ریزی خطی و غیر خطی برای متغیرهای پیوسته مناسب هستند و زمان بسیار کمتری برای طراحی مصرف می کنند ولی دستیابی به بهینه مطلق را تضمین نمی کنند.
مدل هیدرولیکی معمول در طراحی شبکه های فاضلاب، فرمول مانینگ و در طراحی شبکه های توزیع آب، فرمول هیزین – ویلیامز است.
در این تحقیق موارد ذیل به عنوان اهداف کار مورد بررسی قرار گرفته است:
- امکان استفاده موثر از الگوریتم ژنتیک فشرده و الگوریتم ژنتیک فشرده توسعه یافته در طراحی بهینه شبکه های آب و فاضلاب با اعمال قیود فنی معمول
- امکان استفاده از مدلهای هیدرولیکی مانینگ و هیزین – ویلیامز اصلاح شده در تحلیل شبکه فاضلاب طراحی شده
- قابلیت در نظر گرفتن ایستگاههای پمپاژ و آدم روهای ریزشی در طراحی شبکه های فاضلاب

۱-۳. دامنه کار

در این تحقیق به دلایل مختلف از جمله پیچیدگی، شرایط فیزیکی و هیدرولیکی و... از فرضیات ومحدودیتهای ذیل استفاده گردیده است:

- جانمایی شبکه و دبی طرح معلوم و قطعی است.
- از افت های موضعی صرف نظر شده است.
- هر شاخه به دو گره ابتدا و انتها و تنها از یک قطر در طول هر شاخه استفاده می شود
- سرعت حداقل برای تمامی لوله ها ثابت در نظر گرفته شده است.

فرضیات محدود کننده در شبکه جمع آوری فاضلاب

- جریان فاضلاب در لوله ها به صورت یکنواخت فرض شده است.
- شبکه فاضلاب به صورت شاخه ای بوده و فاقد حلقه می باشد و هر گره شامل یک خروجی می باشد.
- جهت جریان در هر یک از لوله های شبکه ثابت است.
- تمام ایستگاه های پمپاژ و آدم روهای ریزشی در گره ها قرار دارند.
- لوله فاضلابرو در بین گره ها بصورت مستقیم قرار گرفته است.
- پیوستگی هیدرولیکی در گره ها برقرار است.

فرضیات محدود در شبکه های توزیع آب

- جریان در شبکه به صورت ماندگار فرض می شود.
- منابع تغذیه کننده شبکه با ارتفاع ثابت در نظر گرفته می شود.
- از پمپ های با ارتفاع متغیر استفاده شده است.

۱-۴. مروری بر مطالعات گذشتگان

۱-۴-۱. شبکه جمع آوری فاضلاب

- لیبمن [۱] روشی ابتکاری برای بهینه سازی جانمایی، با فرض ثابت بودن اقطار لوله پیشنهاد کرد. جانمایی بهینه از طریق روشی ابتکاری جستجو می شد. در هر مرحله جا نمایی یک شاخه از شبکه تغییر می یافت، که در صورتی که موجب کاهش هزینه می گردید، آن تغییر باقی می ماند.

روش وی دارای چندین نقص بود. مهمتر آن اینکه شبکه هرگز به صورت هیدرولیکی طراحی نمی شد و بنابراین ممکن بود که از نظر هیدرولیکی شدنی نباشد.

- هایت [۲] برنامه ای برای طراحی بهینه یک خط فاضلاب منفرد ارایه داد. در این روش، طول خط به مسیرهایی تقسیم می شد که جریان و پارامترهای هزینه در آن ثابت می ماند. جواب بهینه به وسیله روش برنامه ریزی پویا بدست می آمد. متغیرهای تصمیم در این روش تراز کف در هر مسیر و اقطار تجاری مورد نیاز برای هدایت جریان بود. در این روش لوله ها بصورت جریان پر طراحی می شدند و بنابراین برخی جوابهای مناسب نیمه پر حذف می شدند. این مشکل هنگامی که از قید اقطار پیشرونده (که بر اساس آن قطر لوله ها در جهت جریان افزایشی در نظر گرفته می شوند) صرفنظر می گردد، تشدید می شد.
- هالند [۳] روش برنامه ریزی غیر خطی را برای طراحی بهینه شبکه های فاضلاب با جانمایی ثابت ارایه داد. در این روش دبی هر لوله ثابت و متغیرهای تصمیم تراز کف و اقطار لوله ها در نظر گرفته شد. هالند با استفاده از یک فرمول بندی از معادلات جریان از یک برنامه بهینه سازی عمومی موجود استفاده کرد. روش برنامه ریزی غیر خطی انتخاب شده، برای سیستمهای کوچک و محدود قابل استفاده بود و برای سیستمهای بزرگتر نیاز به حافظه زیادی داشت. همچنین اقطار بدست آمده به اندازه تجاری موجود گرد می شدند که در نتیجه آن طرح حاصل از شرایط بهینه دور می شد.

- دشر و دویس[۴] روشی ابتکاری موسوم به SSD در تلاش برای یافتن طرحی با حداقل هزینه از شبکه های فاضلاب بهداشتی ارایه دادند. SSD سرعت ها، عمق آب، شیب لوله ها و تراز کف لوله ها را با توجه به قطر، جریان و طول لوله ها، تراز زمین و معیارهای مانینگ برای لوله های نیمه پر استفاده می کرد. همچنین از برنامه برای اجرای آنالیز حساسیت استفاده گردید. (برای ارزیابی اثر معیارهای طراحی، عدم قطعیت جریان و تغییر اقطار لوله ها بر هزینه شبکه) این آنالیز ها نشان داد که هزینه اجرا می تواند به وسیله آزاد سازی قید اقطار پیشرونده ۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش یابد و طراحی شبکه های فاضلاب نسبتاً به عدم قطعیت جریان حساس است. هر چند برنامه نمی توانست شبکه را با بیش از ۱۰۰ لوله طراحی کند.
- فیشر [۵] از روش برنامه ریزی خطی صحیح و فرمول مانینگ در شرایط جریان پر برای تعیین اقطار استاندارد شبکه های خیلی کوچک استفاده نمود.
- داجانی [۶] شبکه های جمع آوری فاضلاب را به صورت مجزا با استفاده از روشهای برنامه ریزی پویا و هندسی برای شبکه های خیلی کوچک با استفاده از فرمول مانینگ در شرایط پر طراحی کرد. روش وی اقطار را بصورت غیر استاندارد بدست می آورد.
- گوپتا [۷] از روش تابع جریمه برای تعیین اقطار غیر استاندارد با استفاده از فرمول مانینگ در شرایط نیمه پر برای شبکه های با اندازه های محدود استفاده نمود.
- جونجا [۸] روش ساده ای برای بهینه سازی طراحی بر اساس فرمول مانینگ برای شرایط مختلف جریان ارایه داد.
- آرگمان و شامیر [۹] روشی را بر اساس برنامه ریزی پویا برای بهینه سازی همزمان جانمایی و طراحی براساس فرمول مانینگ ویرای حالت نیمه پر ارایه دادند. برنامه آنها به دلیل محدودیت زمان و فضای محاسبه برای شبکه های کوچک محدود می گردید.
- میز و ونزل [۱۰] از روش برنامه ریزی پویای دیفرانسیلی گسسته برای بهینه سازی جانمایی و طراحی هیدرولیکی بصورت همزمان ارایه کردند.
- والش و براون [۱۱] یک روش کامپیوتری بر مبنای برنامه ریزی پویا ارایه دادند که در آن ابتدا ناحیه جواب قابل قبول برای هر لوله با اعمال قیود طراحی بدست می آید. سپس از ابزار برنامه ریزی پویا برای بهینه سازی طرح ارایه می گردد. در این روش به جای استفاده از یک تابع هزینه مشخص، از جدول هزینه های واحد شرایط مختلف حفاری، لوله ها و آدمروها استفاده شده است. در این روش هزینه های اجرایی شبکه های فاضلاب می تواند بصورت موثرتر و دقیق تری تخمین زده شود.

- گوپتا [۱۲] از مدل هیدرولیکی هیزین – ویلیامز اصلاح شده در شرایط نیمه پر استفاده کرد. وی از روش برنامه ریزی پویای اصلاح شده که تنها برای شبکه های با اندازه های متوسط مناسب است استفاده کرد، هر چند که این روش دستیابی به بهینه مطلق را تضمین نمی کرد.
- کولکارنی و خانا [۱۳] الگوریتم بهینه سازی برنامه ریزی پویا را برای بهسازی هزینه سیستم های «ثقلی – پمپاژی» در طراحی بهینه شبکه های فاضلاب ارایه دادند. کاربرد برنامه ریزی پویا در طراحی شبکه های فاضلاب همراه با مشکل ابعادی بوده است. آنها برای حل مشکل ابعادی روشهای برنامه ریزی پویا از مفهوم گرههای شدنی در گره های رابط و تقسیم سازی فرآیند بهینه سازی استفاده نمودند. هر چند این روش دستیابی به طرح بهینه را تضمین نمی کند. آنها از فرمول هیدرولیکی هیزین – ویلیامز اصلاح شده در تحلیل جریان استفاده نمودند.
- الیمام وچارالامبوس [۱۴] با توسعه و بکارگیری ترکیبی از برنامه ریزی خطی و گسسته سازی قطر، روشی ابتکاری برای طراحی بهینه سازی شبکه های فاضلاب بزرگ مقیاس ارایه دادند. در این کار از فرمول هیزین - ویلیامز اصلاح شده در شرایط نیمه پر همراه با رابطه جدیدی برای محاسبه ضریب زبری بر اساس جنس لوله استفاده گردید.
- الیمام و چارالامبوس [۱۵] روشی ابتکاری برای طراحی شبکه های فاضلاب که می توان به آن ایستگاههای پمپاژ نیز معرفی نمود ارایه دادند. آنها از اقطار استاندارد و فرمول هیزین – ویلیامز اصلاح شده در شرایط نیمه پر بدین منظور استفاده نمودند.
- مریت و بوگان [۱۶] مدلی برای افزودن ایستگاه پمپاژ در سیستم فاضلابرو هنگامی جواب جریان ثقلی از قید حداکثر عمق مجاز تخلف کند، ارایه دادند. آنها از روشهای برنامه ریزی پویای گسسته با متغیر طراحی اندازه لوله و تراز کارگذاری لوله بدین منظور استفاده کردند.
- فرویز و بورگز [۱۷] روشی را که در آن از ایستگاههای پمپاژ یا آدمروههای ریزشی هنگامی که از قید عمق پوشش خاک پایین دست تخلف شود استفاده می کند، را اتخاذ کردند.
- افشار و ستوده [۴۶] از الگوریتم ژنتیک در طراحی شبکه های جمع آوری فاضلاب با متغیرهای تصمیم گیری شیب لوله و یا تراز کارگذاری کف لوله ها استفاده کردند

- یافنگ جو[۴۷] برای کاهش هزینه های محاسباتی، الگوریتم سلولهای خودکار CA[1]را به کار گرفت که در آن از epa SWMM 5 به عنوان شبیه ساز شبکه جمع آوری فاضلاب استفاده کرد.
- افشار [۴۸] با به کارگیری تظریف تطبیقی در الگوریتم بهینه سازی جامعه مورچگان که بر مبنای آن رفتار طبیعی مورچگان بنا نهاده شده است، از آن در طراحی شبکه جمع آوری فاضلاب استفاده کرد.

انتخاب ایستگاههای پمپاژ در تمام مدلهای اشاره شده تنها بدلیل عدم تخلف از قید پوشش حداکثر و به دلیل ضرورت بوده و ارتفاع و ظرفیت پمپاژ در بهینه سازی هزینه کل سیستم لحاظ نشده است. در حالیکه ممکن است استفاده از ایستگاه پمپاژ در یک طرح ثقلی موجب کاهش هزینه های اجرایی شبکه فاضلاب مورد نظر گردد.

۱-۴-۲. شبکه توزیع آب

- آلپرویتز و شامیر[۴۹] یک روش برنامه ریزی خطی گرادیان (LPG)[2] برای بهینه سازی شبکه های توزیع آب ارایه دادند که در آن طول لوله هایی با قطر متفاوت به عنوان متغیر تصمیم گیری استفاده شده بود.
- سپس این روش توسط کسلر و شامیر [۵۰] بهبود پیدا کرد و از یک فرایند دو مرحله ای در آن استفاده شد در مرحله اول قسمتی از متغیرها ثابت در نظر گرفته می شوند و دیگر متغیرها توسط برنامه ریزی خطی حل می شوند. برای یک مجموعه از دبی های مفروض مجموعه هد متناظر با آن توسط روش LP[3] بدست می آید در مرحله دوم فرایند جستجو بر مبنای گرادیان تابع هدف انجام میشود و جریان ها بر مبنای گرادیان تابع هدف اصلاح می شوند.

[1] Cellular Automata
[2] Linear Programming Gradiant
[3] Linear Programming

- فوجی وارا و خانگ [۵۱] روش تجزیه دو مرحله ای را که آلپرویتز و شامیر در سال ۱۹۷۷ ارایه داده بودند در برنامه ریزی غیر خطی به کار گرفتند.
- ایگر و همکاران [۵۲] فرمولاسیون مشابهی با کسلر و شامیر به کار گرفتند که برای تعیین طول یک یا چند تکه از هر لوله با قطر های گسسته به کار می رفت
- روش برنامه ریزی غیر خطی توسط چیپلانکر [۵۳] در سال ۱۹۸۶ به کار گرفته شد ولی این روش به خاطر تکیه بر جواب های اولیه و مشتقات تابع هدف غیر مقید سریع همگرا می شود.
- همچنین گوپتا [۵۴] نیز از برنامه ریزی غیرخطی برای بهینه سازی شبکه های توزیع آب استفاده کردند. این روش بر مبنای متغیر های پیوسته است که به طورمثال قطر لوله های در دسترس درون بازار مقادیر گسسته اند. از این رو مقادیر به دست آمده در این روش باید به سمت نزدیک ترین قطر موجود در بازار گرد شوند.
- سیمپسون [۵۵] الگوریتم ژنتیک را به کار گرفتند که هر جواب از جمعیت به صورت یک رشته از بیت ها با طول مساوی نمایش داده می شوند و جواب ها به صورت کد گذاری شده نمایش داده می شوند.
- دندی [۵۶] از الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی شبکه آب استفاده کردند و در آن از مقیاس گذاری و برازندگی وکدگذاری خاکستری در مجاورت عملگر جهش استفاده کرد.
- سویک و والتر [۵۷] از الگوریتم ژنتیک به همراه برنامه شبیه سازی هیدرولیکی شبکه های آب (EPANET) برای حل بهینه شبکه های آب استفاده کرد.
- ابب و سولوماتین [۵۸] برنامه (GLOBE) را که چندین نوع از برنامه های جستجو را شامل می شود استفاده کردند.
- کونا و سوسا [۵۹] از روش نورد شبیه سازی شده[1] (SA) استفاده کردند که بر مبنای شباهت بین فرآیند نورد فیزیکی با روش جست و جوی نیوتون، معادلات شبکه را حل می کند.

[1] Simulated Annealing