دانشکده مهندسی عمران

گروه مهندسی آب

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران آب

عنوان

طراحی و بهینه‌سازی دومعیاره شبکه توزیع آب شهر سهند(فاز۳) به کمک الگوریتم ژنتیک و تئوری بازیها

اساتید راهنما

دکتر محمد تقی اعلمی

دکتر مهدی ضرغامی

پژوهشگر

علی نیکجوفر

شهریور ماه ۱۳۸۹

نام خانوادگی : نیکجوفر	**نام** : علی
عنوان پایان‌نامه : طراحی و بهینه‌سازی دومعیاره شبکه توزیع آب شهر سهند(فاز۳) به کمک الگوریتم ژنتیک وتعیین نقطه بهینه با استفاده از تئوری بازیها	
اساتید راهنما : دکتر محمد تقی اعلمی – دکتر مهدی ضرغامی	
مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد **رشته** : عمران **گرایش** : مهندسی آب **دانشگاه** : تبریز **دانشکده** : عمران **تاریخ فارغ التحصیلی** : **تعداد صفحه** :	

کلید واژه‌ها : شبکه توزیع آب شهری، بهینه‌سازی چندمعیاره، الگوریتم ژنتیک، منحنی پارتو ، نظریه بازیها.

چکیده :

با توجه به اینکه تامین فشار مناسب آب در محلهای مصرف از اصول مهم طراحی شبکه‌های توزیع آب می‌باشد، بهینه‌سازی هزینه اجرای این شبکه‌ها بدون در نظر گرفتن مساله فشار قابل اجرا نخواهد بود .در این تحقیق ابتدا شبکه توزیع آب (مطالعه موردی سهند) که قبلا طراحی شده است با استفاده از الگوریتم ژنتیک دومعیاره، با دو هدف حداقل‌سازی هزینه و حداکثرسازی فشار، بهینه‌سازی شده وسپس منحنی برازش پارتو بر روی راه‌حلها ترسیم گردیده و در نهایت با استفاده از تئوری بازیها (روش مساحتهای یکنواخت) نقطه بهینه طراحی) شبکه شبیه‌سازی شده WaterGEMSمشخص و راه‌حل متناظر با آن نقطه توسط یک نرم‌افزار حل هیدرولیکی(است. سپس با توجه به اینکه میزان تقاضای مصرف با عدم قطعیت مواجه است برای تحلیل حساسیت طرح بهینه و مقایسه آن با طرح اصلی، تقاضای مصرف در هر دو طرح را با ضرایبی تغییر داده و عملکرد آنها مقایسه گردیده است. نتایج این تحقیق نشان میدهد، که طرح بهینه در مواجهه با مساله عدم قطعیت بهتر عمل می‌کند و از طرفی نیز بهینه سازی شبکه توزیع آب، درحدود ۱۳٪ از هزینه کل پروژه را کاهش می‌دهد و در واقع با هزینه کمتر، فشار در محلهای مصرف بیشتر خواهد بود.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

بخش اول : مقدمه و پیشینه تحقیق

فصل اول – مقدمه..... ۷

۱-۱- اهمیت مدیریت منابع آب..... ۸

۱-۲- اهمیت بهینه‌سازی هزینه و فشار در مدیریت منابع آب..... ۹

۱-۳- مروری بر فصول پایان‌نامه ۱۰

فصل دوم - پیشینه تحقیق..... ۱۱

بخش دوم : مواد و روشها

فصل سوم : هیدرولیک شبکه‌توزیع‌آب و اجزای آن..... ۱۶

۳-۱- اجزای مدل ۱۷

۳-۲- رابطه انرژی..... ۱۸

۳-۳- اصل بقای جرم..... ۲۰

۳-٤- اصل بقای انرژی..... ۲۱

۳-۵- الگوریتم گرادیان..... ۲۲

۳-٦- استخراج الگوریتم گرادیان..... ۲۳

۳-۷- اصطکاک و افتهای جزیی در شبکه..... ۲۵

۳-۸- پمپ در نرم افزار **WaterGEMS** ۲۹

۳-۹- اقسام شیرآلات موردنیاز شبکه ۳۰

فصل چهار: بهینه‌سازی شبکه توزیع آب ۳۲

٤-۱- کاربرد الگوریتم ژنتیک چندهدفه در بهینه‌سازی ۳۳

٤-۱-۱- بهینه‌یابی چند هدفه ۳۳

٤-۱-۲- مفهوم غلبه ۳٤

٤-۱-۳- برتری الگوریتمهای تکاملی به کلاسیک ۳۵

٤-۱-٤- اشکال الگوریتم تکاملی ۳۷

٤-۱-۵- واژه‌های کاربردی در الگوریتمهای تکاملی ۳۷

٤-۱-٦- الگوریتم ژنتیک ۳۹

٤-۱-۷- الگوریتم ژنتیک چند معیاره ٤۲

٤-۲- تئوری بازیها ٤٦

فصل پنج : بهینه‌سازی شبکه توزیع آب شهر جدید سهند (فاز۳) ٤۸

۵-۱- مطالعه موردی شهر جدید سهند – فاز (۳) ٤۹

۵-۱-۱- موقعیت جغرافیایی و مشخصات طرح ٤۹

۵-۱-۲- محدودیتهای فنی ۵۱

۵-۲- طراحی اولیه شبکه توزیع آب- مطالعه موردی شهر جدید سهند(فاز۳) ۵۳

۵-۲-۱- تهیه داده‌های مورد نیاز ۵۳

۵-۲-۲- انتخاب نوع لوله..... ۵۸
۵-۳- بهینه‌سازی دو معیاره مطالعه موردی با استفاده از الگوریتم ژنتیک..... ۶۰
۵-۳-۱- متودولوژی ریاضی مساله بهینه‌سازی دو معیاره..... ۶۱
۵-۳-۲- تعریف مساله بهینه‌سازی دومعیاره..... ۶۴
۵-۳-۳- ترسیم منحنی پارتو..... ۶۹
۵-۴- استفاده از تئوری بازیها و انتخاب نقطه بهینه طراحی..... ۷۱
۵-۴-۱- روش مساحتهای یکنواخت..... ۷۴
۵-۴-۲- روش کالای- اسمورودینسکی..... ۷۶
فصل شش: نتایج و بحث..... ۷۸
۶-۱- نتایج مربوط به طراحی اولیه شبکه..... ۷۹
۶-۲- آزمون همگرایی الگوریتم ژنتیک..... ۸۳
۶-۳- انتخاب جواب بهینه..... ۸۵
۶-۴- تحلیل حساسیت(بررسی عدم قطعیت) ۸۹
۶-۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات..... ۹۷
پیوستها ۹۳
فهرست منابع ۱۲۱

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۳-۱- ضرایب زبری برای جنسهای مختلف لوله..... ۲۷

جدول۳-۲- مقادیر k برای ورودیهای مختلف.....۲۸

جدول ۵-۱- استاندارد صنعت آب کشور برای مصارف خانگی..... ٥٤

جدول ۵-۲- مصارف سرانه آب شهر جدید سهند..... ٥٥

جدول ۵-۳- برآورد آب مورد نیاز مطالعه موردی..... ٥٦

جدول ۵-٤- کدارتفاعی و میزان تقاضای آب در گرهها.....٥٦

جدول۵-۵- هزینه اجرایی لوله‌های مورد استفاده در مطالعه موردی..... ٥٨

جدول ۵-٦ – گروه طراحی اول..... ٦٥

جدول ۵-۷– گروه طراحی دوم..... ٦٦

جدول ۵-۸ – گروه طراحی سوم..... ٦٦

جدول ۵ -۹– دامنه پارامترهای مورد استفاده درالگوریتم ژنتیک..... ٦٧

جدول ۵ -۱۰– مقادیر توابع هدف برای راه‌حلهای ارائه شده.....۷۰

جدول ۵-۱۱- نتایج بهینه به کمک تئوری بازیها (به روش مساحتهای یکنواخت)..... ۷۵

جدول ٦-۱- نتایج طراحی اولیه مطالعه موردی- گرههای شبکه..... ۸۱

جدول ٦-۲- نتایج مربوط به آزمون همگرایی..... ۸۳

جدول ٦-٣- نتایج طراحی راه‌حل شماره ۸- مطالعه موردی- فشار در گرهها..... ۸۸

جدول ٦-٤- نتایج طرح اصلی – گرههای شبکه- با اعمال ضریب ۱/۱ بر روی میزان تقاضا..... ۹۱

جدول ٦-٥- مقایسه فشارهای زیر ۲۲مترآب در دو طرح اصلی و بهینه..... ۹٤

جدول ٦-٦- نتایج طرح بهینه – گرههای شبکه- با اعمال ضریب ۱/۲ بر روی میزان تقاضا..... ۹٦

جداول پیوستی..... ۹۹

فهرست شکلها

عنوان صفحه

شکل ۳-۱- شیب خط انرژی و شیب خط هیدرولیکی..... ۲۰

شکل ۳-۲- نمایش مسیرجریان –جهت محاسبه افت هد مابین دو گره..... ۲۱

شکل ۳-۳- وضعیت خطوط جریان در محل ورودی.....۲۷

شکل ۳-٤- نمودار منحنی مشخصه پمپ و منحنی سیستم..... ۲۹

شکل ٤-۱- منحنی بهینه پارتو..... ۳٤

شکل ٥-۱- شمای کلی شبکه شهر جدید سهند- فاز ۳..... ٥۰

شکل ٥-۲- منحنی پارتوی ترسیم شده برای داده‌های نرمال سازی شده..... ۷۱

شکل ٥-۳ – منحنی درجه ۳ برازش داده شده بر روی داده‌های اصلی..... ۷۲

شکل ٥-٤- منحنی برازش داده شده بر روی داده‌های نرمال‌سازی شده ومعادله آن..... ۷۳

شکل ٦-۱- محدوده عملکرد شیر فشار شکن..... ۸۲

شکل ٦-۲ – منحنی همگرایی تابع هزینه ۸٤

شکل ٦-۳ – منحنی همگرایی تابع فشار ۸٤

شکل ٦-٤ – نمایش فشار در گرهها با اعمال ضریب ۱/۲ بر روی میزان تقاضا- طرح اصلی. ۹۲

شکل ٦-٥ – نمایش فشار در گرهها با اعمال ضریب ۱/۲٥ بر روی میزان تقاضا- طرح بهینه ۹٥

فصل ۱ :

مقدمه

۱-۱- اهمیت مدیریت منابع آب :

کمبود آب در ایران یکی از عوامل اصلی در محدودیت توسعه فعالیتهای اقتصادی در دهه‌های آینده به شمار می رود. متأسفانه تاکنون در کشور ما جایگاه فرهنگ استفاده مطلوب از آب به درستی مشخص نشده است، از این رو، دستیابی به تعادل نسبی در زمینه عرضه و مصرف آب یک اصل اساسی و ضروری است که این مهم جز با ایجاد نظام جامع مدیریت آب میسرنمی باشد. تاکنون، مجموعه اقدامات انجام گرفته در کشور، بیشتر دررابطه با تأمین آب کشاورزی، شهری و صنعتی بوده که عمدتاً در زمینه مدیریت تولید و عرضه آب بوده است و کمتر توجهی به مدیریت مصرف گردیده است[۱]. با توجه به گسترش شهرنشینی و ساخت شهرک‌های جدید اعم از مسکونی و صنعتی به خصوص در شهرهای بزرگ و نیاز این شهرک‌ها به آبرسانی و از طرفی مشکل کمبود آب آشامیدنی و اینکه این منبع در کشور ما در حال حاضر با مشکل کمبود مواجه می باشد مدیریت صحیح و جامعی را در زمینه توزیع آب شهری می‌طلبد[۲]. آنچه در این تحقیق بدان پرداخته شده است مدیریت همزمان هزینه و فشارآب در شبکه‌های توزیع آب شهری (مطالعه موردی شهرجدید سهند) می‌باشد؛ که در راستای اصلاح هزینه ها و جلوگیری از اتلاف آب می‌باشد. در چند دهه اخیر، دربیشتر نقاط دنیا، به ویژه در مناطق گرم و خشک مانند ایران که دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشند، بحران کمبود منابع آبی ، باعث بوجود آمدن نگرانیهای عمده در زمینه حل مشکلات منابع آبی شده و این مسئله زمینه ساز هجومی یکپارچه به استفاده از روشهای مدیریت تقاضا گردیده است[۳]. ولی در حال حاضر در کشور ما، بیشترتلاش ها در جهت مدیریت عرضه و تقاضای آب بوده و متاسفانه توجه کمتری به بهینه سازی مالی و فنی پروژه های آبی شده است[٤] .

۱-۲- اهمیت بهینه‌سازی هزینه و فشار درمدیریت منابع آب :

یکی از اهداف بلندمدت مدیریت راهبردی آب کشور برقراری تعادل، بین تقاضا و منابع آب موجود با کمترین هزینه ممکن می باشد. همانطور که می‌دانیم قسمت عمده ی هزینه‌های پیش‌بینی شده برای اجرای شبکه‌توزیع‌آب ،مربوط به بخش اجرایی و به خصوص در عملیات لوله‌گذاری وانتقال آب از محل مخزن به محلهای مصرف آب می‌باشد. بنابراین با کاهش هزینه لوله‌های مورد استفاده در شبکه به شرطی که فشار آب در گرهها از حدپایین خود کمتر نباشد؛ بخش عمده‌ای از هزینه ها کاهش خواهد یافت. علت بهینه‌سازی فشار به عنوان یک تابع هدف در کنار حداقل‌سازی هزینه، به دلیل اهمیت آن در طراحی شبکه‌ها می‌باشد؛ چرا که فشار بالا در لوله‌ها باعث ازدیاد تلفات آب و بخصوص افزایش مصرف آب می‌شود و در مقابل کاهش فشار در شبکه مشکلاتی مانند برگشت‌آب را به همراه خواهد داشت. بنابراین کاملا روشن است که در بهینه‌سازی یک شبکه علاوه بر بعد مالی مساله باید به ابعاد دیگر آن نیز توجه کرد. چنانچه قبلا ذکرشد تامین فشار بهینه در گرههای مصرف باحداقل هزینه از نکات مهم مدیریت شبکه‌های توزیع آب شمرده می‌شود. متاسفانه امروزه، درکشور ما طراحی شبکه‌های توزیع، بیشتر با نرم‌افزارهای LOOP و EPANET که فقط تحلیل هیدرولیکی شبکه را انجام میدهند وکمتر با نرم‌افزارهای Water CAD و Water GEMS ، آن هم بدون استفاده از ابزار بهینه سازی انجام می‌گیرد و کاملا واضح است که مدیریت هزینه و فشار تنها توسط شخص طراح انجام می گیرد و عواملی مانند هوشیاری و تجربه شخصی در بهینه

شدن طرح موثر خواهد بودکه به هیچ عنوان از یک روش و قانون کلی تبعیت نخواهد کـرد و امکـان طراحی شبکه هایی با نتایج متفاوت توسط طراحان مختلف وجود خواهد داشت.

۱-۳- مروری بر فصول پایان نامه

بخش اول این پژوهش شامل سه قسمت می‌باشد، درقسمت اول به تعریف مـساله و ضـرورت انجام این تحقیق پرداخته شده است. قسمت دوم این بخش مروری کلی بر فصول پایان‌نامه می‌باشـد و در آن به چگونگی و ساختار پایان نامه پرداخته می‌شود، در قسمت سوم، به پیـشینه ایـن تحقیـق و تحقیقات و نتایجی که تا کنون در این زمینه توسط محققان مختلف انجام گرفته، پرداخته شده است. بخش دوم به مواد و روشها اختصاص دارد و شامل مبحث هیدرولیک شبکه توزیع آب و اجـزای آن، مبحث الگوریتمهای بهینه‌سازی تکاملی، بالاخص الگوریتم ژنتیک دو معیاره و مبحث تئوری بازیها و کاربرد این تئوری در بهینه‌سازی شبکه توزیع آب می‌باشد. بحث در مورد نتایج حاصله از این تحقیق و میزان قابلیت این روش در مسائل اجرایی و نتایج عملی آن در بخش سوم گنجانده شده است.

فصل ۲:

پیشینه تحقیق

تا کنون محققان متعددی در این زمینه فعالیت داشته و تکنیکهای بهینه‌سازی متنوعی را بکار برده‌اند که ازجمله می‌توان به روشهای برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی و روشهای ابتکاری اشاره نمود.

ولی با این وجود تا امروز روش کامل و مطمئنی در این زمینه حاصل نشده است و عمده تحقیقاتی که انجام گرفته جنبه علمی داشته و عملکرد آنها بر روی شبکه‌های توزیع کوچک امتحان شده ونتایج آنها نیزفقط برای چاپ در مقالات بکار رفته‌اند و فقط تعداد اندکی از این تحقیقات جنبه اجرایی داشته و بر روی شبکه‌های متوسط و یا بزرگ اجرا شده اند[۵] .

هدف از انجام این تحقیق نیز بهینه‌سازی شبکه توزیع آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک دو معیاره می‌باشد؛ علت انتخاب الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی، نوع نگرش آن در برخورد با مسائل بهینه‌سازی بوده و اینکه تمام گزینه‌های ممکن برای حل مساله را می‌آزماید؛ تا جوابهایی را که در حدود تعیین شده قرار دارند ارائه دهد؛ واین درحالی است که روشهای کلاسیک بهینه‌سازی علاوه بر زمانبر بودن و همچنین پیچیده بودن اعمال برخی محدودیتها، قادر نیستند بیشتر از یک جواب تولید کنند. اینکه بهینه‌سازی فشار به عنوان یک تابع هدف، در کنار حداقل‌سازی هزینه در نظر گرفته شده است به دلیل اهمیت موضوع فشار در طراحی شبکه‌ها می‌باشد چرا که فشار بالا در لوله‌ها باعث ازدیاد تلفات آب و بخصوص افزایش مصرف آب می‌شود وکاهش فشار در شبکه نیز مشکلاتی مانند برگشت‌آب را به همراه خواهد داشت. والسکی[۱] [٦]و تودینی[۲] [۷]در تحقیقی که برای بهینه‌سازی یک شبکه توزیع آب انجام داده اند به این مساله اشاره می‌کنند. به عبارت دیگرمی‌توان گفت سود و فشار با هم رفتار رقابتی داشته و با افزایش فشار در شبکه، هزینه اجرایی آن بیشتر و سود حاصله کمترخواهد بود. فنگ و همکاران [۲] [۸] نیز در تحقیقی که در زمینه حفاظت از منابع طبیعی انجام

[۱] Walski

[۲] Todini

[۲] Fang et al

داده‌اند، به این نکته اشاره می کنند که وقتی دریک مساله چند هدف با هم رقابت می‌کنند همیشه محل بحث خواهند بود.

در گذشته بهینه‌سازی شبکه‌های توزیع بر مبنای تجربه انجام می‌شد. اما در دهه‌های اخیر برخی دانشمندان با استفاده از روشهای برنامه‌ریزی خطی و دینامیکی و الگوریتمهای تکاملی این کار را انجام داده‌اند. از جمله ساویک و والترز[۱] [۹] هزینه یک شبکه توزیع آب را با استفاده از الگوریتم ژنتیک حداقل سازی کرده‌اند. همچنین سیمپسون و همکاران[۲] [۱۰] استفاده از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی لوله‌های انتقال آب را با سایر روشها مقایسه کرده‌اند و به مزیتهایی که این الگوریتم دارد اشاره کرده‌اند. متیجاسویک و همکاران[۳] [۱۱] نیز با استفاده از نرم افزار مطلب[۴] یک شبکه توزیع آب را بهینه‌سازی کرده‌اند.

آیدین ذوالنون [۱۲] نیز برای بهینه‌سازی طراحی شبکه توزیع آب مربوط به مطالعه موردی شهر سرعین از الگوریتم ژنتیک و تنها با هدف حداقل‌سازی هزینه استفاده کرده است و در این تحقیق به این نتیجه رسیده است که هزینه اجرای شبکه با این روش به طور متوسط ۱۰ الی ۱۲ درصد کاهش می‌یابد. گالتر و بوچارت[۵] [۱۳] یک شبکه توزیع‌آب را با دو هدف حداکثرسازی قابلیت اطمینان و حداقل سازی هزینه حل کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که در نظر گرفتن قابلیت اطمینان به عنوان یک تابع هدف در شبکه توزیع مساله پیچیده‌ای می‌باشد و تعریف کلی و عمومی برای قابلیت

---

[۱] Savic and Walters

[۲] Simpson et al

[۳] Matijasevic et al

[۴] MATLAB

[۵] Goulter and Bouchart

اطمینان در شبکه وجود ندارد. دابلیویو و همکـاران[1] [١٤] نیزتحقیقـی را در مـورد خـروج گازهـای گلخانه‌ای و تاثیر آن بر روی بهینه‌سازی سیستم‌های توزیع آب انجام داده‌انـد، کـه در آن از الگـوریتم ژنتیک دومعیاره و با هدف کاهش هزینه و کاهش گازهای گلخانه‌ای استفاده شده است.

پیشینه تحقیقی که در بالا ذکر گردید مربوط به بهینه‌سازی شبکه‌هـای توزیـع آب بـا اسـتفاده از الگوریتم ژنتیک بود، اما هدف نهایی انتخاب نقطه بهینه می‌باشد که در این تحقیـق از تئـوری بازیهـا استفاده گردیده و نقطه بهینه مشخص شده است. لی‌پای و هینی[2] [١٥] برای حل مساله تخصیص آب در یک سیستم آب شهری از این نظریه استفاده کـرده‌انـد. همچنـین وی و همکـاران[3] [١٦] در سـال ۲۰۱۰ از این نظریه برای حل یک مساله تخصیص آب و کاهش نیتروژن و کشمکشی کـه بـه همـین دلیل در مسیر میانی پروژه خط انتقال آب شمال به جنوب در کشور چین به وجود آمده بـود اسـتفاده کرده‌اند. سالازار و همکاران [4] [١٧] از این تئوری استفاده کرده‌اند تا یـک مـساله دومعیـاره در زمینـه تخصیص منابع آب زیرزمینی در کشور مکزیک، با اهداف حداکثرسازی سود حاصل از کـشاورزی و حداقل سازی زیانی که از جهت کاهش سطح آب زیرزمینی متوجه محیط زیـست مـی‌گـردد را حـل کنند، که در این تحقیق چهار روش تحلیل منحنی پارتو که در فـصل نـه بـه دو مـورد از آنهـا اشـاره خواهد شد با هم مقایسه گشته‌اند. بایلی و همکاران [5] [١٨] نیز از این نظریه در زمینه شیلات و بـرای

[1] Wu et al

[2] Lippai and Heaney

[3] Wei et al

[4] Salazar et al

[5] Bailey et al

برقراری تعادل مابین اهداف متضاد افزایش ماهیگری و سود حاصله از آن برای ماهیگیران و کاهش لطمات وارده به اکوسیستم استفاده کرده‌اند.

فصل۳ :

هیدرولیک شبکه‌توزیع‌آب و اجزای آن

۳-۱- اجزای مدل

چنانچه در مقدمه ذکرشد هدف از این تحقیق بهینه سازی شبکه توزیع آب می‌باشد و طراحی اولیه یکی از اصول مورد نیاز برای بهینه‌سازی شبکه می باشد و همانطور که در فصول آینده نیز ذکر خواهد شد، میزان دقت این طراحی رابطه مستقیم با میزان دقت بهینه‌سازی دارد. در ادامه اشاره مختصری به مبانی هیدرولیک شبکه و اجزای آن می گردد. دریک تعریف کلی می‌توان گفت که شبکه توزیع، مشتمل بر تعداد متعددی لوله می‌باشدکه با هم در ارتباط بوده و وظیفه انتقال آب از مخزن به محلهای مصرف را بر عهده دارند. از اجزای دیگر شبکه می‌توان به مخزن، تانک، پمپ، شیرهای کنترل و اجزای کنترل مکانیکی و الکتریکی اشاره کرد. برای ساده کردن مدلسازی یک شبکه توزیع می‌توان آن‌را به صورت زیر تقسیم نمود:

- **لوله‌ها** : وظیفه انتقال آب از یک نقطه به نقطه دیگر را به عهده دارند.

- **گرهها** : نقاط تقاطع لوله‌ها و نقاط مصرف عمده آب مانند شهرک‌های صنعتی و مجتمع‌های مسکونی و به طور کلی نقاطی که تامین فشار مناسب در آنها مساله مهمی می‌باشد، به عنوان گره در نظر گرفته می‌شوند .

- **مخازن و تانکها** : این اجزا در حقیقت گرههای مرزی شبکه می‌باشند که شیب هیدرولیکی و همچنین شرایط اولیه آنها مشخص و تعریف شده است و وظیفه آنها ذخیره آب برای مصرف در شبکه می‌باشد.

– **پمپ** : وظیفه پمپ، تامین انرژی لازم برای بالابردن هد آب در نقاطی است که امکان انتقال ثقلی آب در آنها وجود ندارد.

– **شیرآلات** : وظایف متعددی دارند که از آن جمله می‌توان به کنترل جریان و باز و بسته کردن لوله‌ها و تنظیم فشار در لوله‌ها اشاره کرد.

حال هر نقطه از شبکه را می‌توان توسط یکی از اجزایی که در بالا ذکر گردید مدلسازی کرد. ذکر این نکته ضروری می‌باشد که برای حل شبکه باید از اصول اساسی بقای جرم و انرژی استفاده کرد. به طور کلی شبکه‌های توزیع را به دو صورت می‌توان مدلسازی کرد که اولی حالت پایدار[۱] ودومی سیکل دار[۲] می‌باشد. در حالت پایدار شرایط هیدرولیکی شبکه در بعد زمانی ثابت می‌مانند ولی در حالت سیکل دار این شرایط در سیکلهای زمانی مختلف تغییر خواهند کرد. در این پژوهش برای توزیع جریان و تعیین شیب هیدرولیکی از الگوریتم گرادیان[۳] استفاده شده است که در ادامه به توضیحات این الگوریتم پرداخته خواهد شد. قبل از شرح این الگوریتم، مروری بر قوانین بقای انرژی و ماده لازم است.

۳-۲- رابطه انرژی

قانون اول ترمودینامیک برای هر سیستم مشخص چنین بیان می‌شود که حرارت داده شده به یک سیستم منهای کار انجام شده توسط آن فقط به حالات اولیه و نهایی سیستم بستگی دارد که تغییرات

[۱] - Steady-State Network Hydraulics

[۲] – Extended Period Simulation

[۳] – Gradient Algorithm