دانشکده مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

تحلیل قابلیت اطمینان هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب با درنظرگرفتن عدم قطعیت‌ها با تأکید بر اثرات تغییر اقلیم
مطالعه موردی: بخشی از شبکه توزیع آب مشهد

مرجان محمودی قشرباطی

شهریور ۱۳۹۱

دانشگاه فردوسی مشهد

پایان‌نامه کارشناسی ارشد- گرایش سازه‌های هیدرولیکی

تحلیل قابلیت اطمینان هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب با درنظرگرفتن عدم قطعیت‌ها با تأکید بر اثرات تغییر اقلیم مطالعه موردی: بخشی از شبکه توزیع آب مشهد

مرجان محمودی قشرباطی

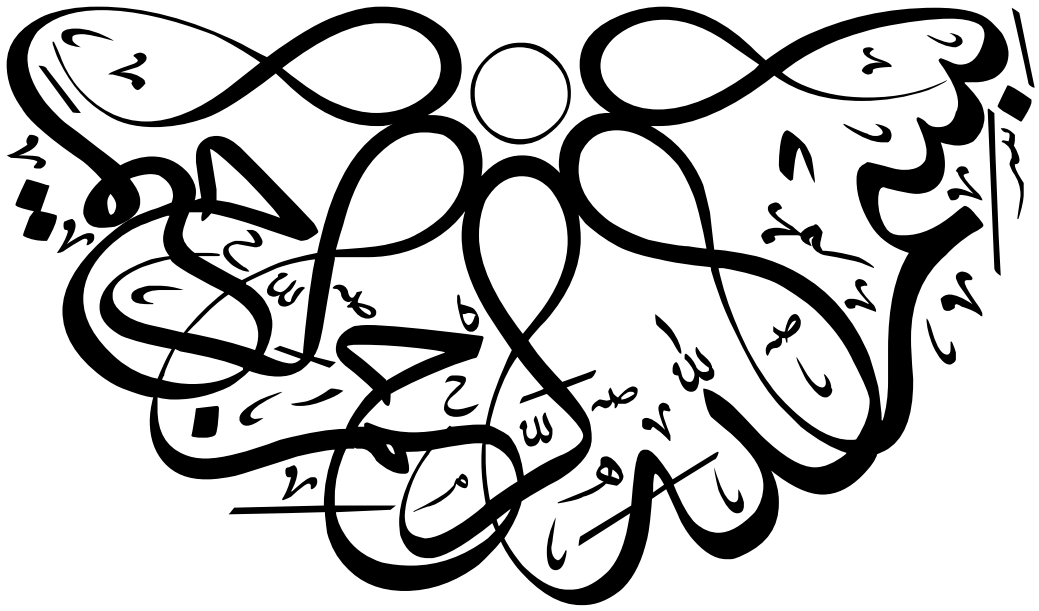
استاد راهنما

دکتر سیدمحمود حسینی

استاد مشاور

دکتر شهناز دانش

شهریور ۱۳۹۱



تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که در تمام لحظات زندگی، یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند؛

همسر دلسوز، مهربان و فداکارم

که همراهی، همگامی و تشویق های لحظه به لحظه اش مرا دلگرم به انجام کار می نمود؛

و فرزند دلبندم

که مایه امید و شادی زندگیم است.

این پایان‌نامه با عنوان:

«تحلیل قابلیت اطمینان هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب با درنظرگرفتن عدم قطعیت‌ها با تأکید بر اثرات تغییر اقلیم- مطالعه موردی: بخشی از شبکه توزیع آب مشهد»

توسط «مرجان محمودی قشرباطی» در تاریخ با نمره و درجه ارزشیابی در حضور هیأت داوران با موفقیت دفاع شد.

هیأت داوران:

ردیف	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	سمت در هیأت	امضاء
۱	آقای دکتر سیدمحمود حسینی	استاد	استاد راهنما	
۲	خانم دکتر شهناز دانش	دانشیار	استاد مشاور	
۳	آقای دکتر محمدباقر شریفی	دانشیار	استاد مدعو (داور)	
۴	آقای دکتر محمدباقر شریفی	دانشیار	نماینده تحصیلات تکمیلی	

تعهدنامه

عنوان پایان‌نامه: تحلیل قابلیت اطمینان هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب با درنظرگرفتن عدم قطعیت‌ها با تأکید بر اثرات تغییر اقلیم- مطالعه موردی: بخشی از شبکه توزیع آب مشهد

اینجانب مرجان محمودی قشرباطی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران- گرایش سازه‌های هیدرولیکی دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی دکتر سیدمحمود حسینی متعهد می‌شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان‌نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به‌طور کامل برعهده می‌گیرم.
- درخصوص استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مراجع موردنظر استناد شده‌است.
- مطالب مندرج در این پایان‌نامه را اینجانب یا فرد یگری به‌منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده‌است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان‌نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به‌دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند، در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- درخصوص استفاده از موجودات زنده یا بافت‌های آن‌ها برای انجام پایان‌نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده‌است.

تاریخ

نام و امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

• کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.

• استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

تقدیر و سپاس

و قلم، چنان **تقدس یافت که** والاترین لحظات هستی با سوگند به نام او آغاز شد و آموختن، از آن لحظه والا گشت که آفریدگار، خود نخستین معلم شد و کلمات را به آدم آموخت... حال که مقام معلم، این چنین بر فراز پاک ترین لحظه ها منزل گرفته، شاید تنها کلمات، مرادر بیان عمیق ترین پاس داشت ها، یاری رسانند:

سپاس شایسته و قدردانی صادقانه من نثار استاد گرانقدرم **جناب آقای دکتر سید محمود حسینی** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ لگی در این راه بر من دریغ نورزیدند و با راهنمایی های ارزنده و تشویق های بی پایان خویش، مرادر به سرانجام رسانیدن این پایان نامه یاری نمودند؛

تقدیر و سپاس از استاد فرهیخته، **سرکار خانم دکتر شهناز دانش** که زحمت مشاوره این رساله را پذیرا شدند و نظرات و توجه دقیق ایشان، راه گشای من در ارائه و تکمیل این پایان نامه بود؛

سپاس بی کران از استاد ان ارجمند، **جناب آقای دکتر سید حسین ثنایی نژاد** و **جناب آقای دکتر محمباقر شریفی** که از راهنمایی های ارزنده این دو بزرگوار بسیار بهره مند گشتم؛

و سپاس و تقدیر از همکاری و همراهی دوستان گرامی، **جناب آقای مهندس جمال جباری** در مهندسین مشاور طوس آب و **سرکار خانم مهندس منصوره کوهی** در پژوهشکده اقلیم شناسی و تمامی دوستانی که اگر یاری آنان نبود، انجام این پایان نامه میسر نمی گشت.

چکیده

وجود عدم قطعیت در برآورد پارامترها یا معیارهای طراحی شبکه‌های توزیع آب، نظیر نیازهای گرهی و ضریب زبری لوله‌ها و عدم شناخت کافی از آن‌ها، می‌تواند از دلایل اصلی عدم موفقیت یک سیستمِ طراحی شده باشد. بنابراین به کمّیت درآوردن منابع عدم قطعیت، گامی مهم و اساسی در ارزیابی عملکرد و قابلیت اطمینان هیدرولیکی شبکه‌ها از لحاظ تأمین حداقل فشار به‌منظور تأمین آب در هر شرایطی نظیر افق طرح، می‌باشد. هدف این پژوهش، ارائه یک فرآیند در تحلیل قابلیت اطمینان هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب با درنظرگرفتن عدم قطعیت‌ها با تأکید بر اثرات تغییر اقلیم می‌باشد. در این راستا، در مطالعه موردی که بر روی پهنه کوچکی از شبکه توزیع آب مشهد صورت پذیرفت، ابتدا با انجام تحلیل رگرسیون چندمتغیره، تأثیر پیدایش دماهای بالاتر ناشی از تغییر اقلیم و همچنین عوامل جمعیت و تلفات آب، بر مصرف سرانه آب مشهد مشخص شد. سپس، با درنظرگرفتن عدم قطعیت پارامترهای طراحی شبکه توزیع آب، یعنی مصرف سرانه، تراکم جمعیت و ضریب زبری لوله‌ها، با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو با نمونه‌گیری مربع لاتین، اثر ترکیبی پارامترها و همچنین اثر هریک به‌تنهایی، بر عدم قطعیت فشارهای گرهی شبکه توزیع آب، بررسی گردید. درنهایت، قابلیت اطمینان هیدرولیکی شبکه در پایان دوره طرح مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عدم قطعیت فشارهای گرهی در افق طرح، بیش‌ترین تأثیر را از پارامتر تراکم جمعیت پهنه می‌پذیرد. ضمن این‌که در شرایط عدم قطعیتِ هم‌زمان پارامترهای ورودی، قابلیت اطمینان شبکه توزیع آب به‌شدت کاهش یافته و به حدود ۳۳ درصد می‌رسد.

کلید واژه‌ها: تحلیل قابلیت اطمینان، تغییر اقلیم، شبکه‌های توزیع آب، شبیه‌سازی مونت‌کارلو با نمونه‌گیری مربع لاتین، عدم قطعیت، مشهد، مصرف سرانه

فهرست مطالب

پیش‌گفتار **۱**

فصل اول- کلیاتی پیرامون پدیده تغییر اقلیم

مقدمه **۳**

۱-۱- پدیده تغییراقلیم و گرمایش جهانی **۴**

۱-۱-۱- مفاهیم و کلیات ۴

۱-۱-۲- تغییر اقلیم و عوامل آن ۴

۱-۱-۳- اثر گلخانه‌ای ۵

۱-۱-۴- گرمایش جهانی ۷

۱-۱-۵- مدل‌های اقلیمی ۷

۱-۱-۶- ریزمقیاس‌نمایی ۸

۱-۱-۷- سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای (SRES) ۹

۱-۱-۸- تغییرات مشاهده شده در متغیرهای اقلیمی مرتبط با آب و اثرات آن ۱۰

۱-۲- بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روند تغییرات دمای شهر مشهد **۱۱**

فصل دوم- شبکه‌های توزیع آب شهری و تحلیل عدم‌قطعیت و قابلیت‌اطمینان در آن‌ها

مقدمه **۱۴**

۲-۱- مبانی طرح شبکه‌های توزیع آب شهری **۱۴**

۲-۱-۱- دوره طرح ۱۵

۲-۱-۲- جمعیت ۱۶

۲-۱-۳- مصرف سرانه آب ۱۶

۲-۱-۴- تلفات آب ۱۷

۲-۲- عوامل مؤثر بر مصرف سرانه آب **۱۸**

۲-۲-۱- اقلیم منطقه ۱۸

۲-۲-۲- عادات و فرهنگ، وضعیت اقتصادی و سطح زندگی ۲۰

۲-۲-۳- نوع جامعه ۲۰

۲-۲-۴- وضعیت فشار آب در شبکه توزیع آب ۲۰

۲-۲-۵- قیمت آب ۲۰

۲-۲-۶- نیاز به صرفه‌جویی ۲۱

۲-۲-۷- مدیریت سیستم آبرسانی ۲۱

۲-۲-۸- نحوه دفع پساب فاضلاب ۲۱

۲-۳- ضوابط فنی طراحی شبکه‌های توزیع آب شهری **۲۱**

۲-۴- تحلیل هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب شهری **۲۲**

۲-۴-۱- روش‌های تحلیل شبکه ۲۲

۲-۴-۲- معادلات حاکم ۲۳

۲-۴-۳- نرم‌افزارهای تحلیل هیدرولیکی شبکه‌های توزیع آب ۲۴

۲-۵- عدم قطعیت در شبکه‌های توزیع آب ۲۷
۲-۵-۱- تعریف عدم قطعیت ۲۷
۲-۵-۲- منابع عدم قطعیت در طراحی و تحلیل‌های هیدرولیکی- هیدرولوژیکی ۲۷
۲-۵-۳- لزوم تحلیل عدم قطعیت ۲۸
۲-۵-۴- معرفی پارامترهای غیرقطعی در طراحی و تحلیل شبکه‌های توزیع آب ۲۸
۲-۵-۴-۱- تقاضا ۲۸
۲-۵-۴-۲- ضریب زبری لوله‌ها ۲۹
۲-۵-۴-۳- سایر متغیرها ۳۱
۲-۵-۵- سنجه‌های مختلف عدم قطعیت ۳۲
۲-۵-۶- روش‌های تحلیل عدم قطعیت ۳۲
۲-۵-۶-۱- روش‌های تحلیلی ۳۳
۲-۵-۶-۲- روش‌های تقریبی ۳۳
۲-۵-۶-۳- روش‌های شبیه‌سازی ۳۳
۲-۵-۷- روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو (MCS) ۳۴
۲-۵-۷-۱- شبیه‌سازی مونت‌کارلو با نمونه‌گیری مربع لاتین (LHS) ۳۷
۲-۶- قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع آب ۳۹
۲-۶-۱- قابلیت اطمینان و ریسک ۳۹
۲-۶-۲- قابلیت اطمینان مکانیکی ۴۰
۲-۶-۳- قابلیت اطمینان هیدرولیکی ۴۱
۲-۶-۳-۱- شاخص شکست ۴۱
۲-۶-۳-۲- منحنی‌های جریمه ۴۲
۲-۶-۳-۳- تعاریف ارائه شده توسط Bao و Mays (۱۹۹۰) ۴۲
۲-۷- سوابق مطالعاتی تحلیل عدم قطعیت و تحلیل قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع آب ۴۳
۲-۸- ضرورت و اهداف و مراحل انجام این پژوهش ۴۶

فصل سوم- مواد و روش‌ها

مقدمه ۴۸
۳-۱- مواد پژوهش ۴۹
۳-۱-۱- معرفی شبکه توزیع تحت مطالعه ۴۹
۳-۱-۲- اطلاعات ۵۰
۳-۱-۲-۱- دما ۵۰
۳-۱-۲-۲- جمعیت ۵۰
۳-۱-۲-۳- مصرف سرانه و تلفات آب ۵۲
۳-۱-۳- نرم‌افزارها ۵۲
۳-۲- روش پژوهش ۵۳
۳-۲-۱- تحلیل رگرسیونی مصرف سرانه برحسب متغیرهای مؤثر بر آن ۵۴
۳-۲-۱-۱- مشخص نمودن متغیرهای مستقل در مدل رگرسیونی مصرف سرانه آب ۵۵
۳-۲-۱-۲- ارزیابی الگوی رگرسیونی ۵۶
۳-۲-۱-۳- تصحیح پارامتر مصرف سرانه با استفاده از رابطه رگرسیونی ۵۶

۳-۲-۱-۴- تولید متغیر تصادفی مصرف سرانه آب با توزیع و مشخصات آماری مشخص ۵۶
۳-۲-۲- انتخاب متغیرهای درمعرض عدم قطعیت در تحلیل شبکه توزیع آب و تخصیص توزیع آماری به آن‌ها ۵۷
۳-۲-۳- تولید داده‌های تصادفی از پارامترهای ورودی تحلیل شبکه توزیع آب ۵۸
۳-۲-۴- شبیه‌سازی سیستم برای سناریوهای مختلف با نرم‌افزار WaterGems ۵۸
۳-۲-۵- تحلیل عدم قطعیت و تعیین سهم پارامترهای ورودی در عدم قطعیت خروجی مدل تحلیل هیدرولیکی ۵۹
۳-۲-۶- تحلیل قابلیت اطمینان هیدرولیکی ۶۱
۳-۲-۶-۱- قابلیت اطمینان هیدرولیکی گرهی ۶۱
۳-۲-۶-۲- قابلیت اطمینان هیدرولیکی سیستم ۶۲

فصل چهارم- نتایج و بحث

مقدمه ۶۳
۴-۱- ارزیابی و تحلیل اطلاعات موردنیاز ۶۳
۴-۱-۱- تعیین روند دمای مشهد در سال‌های گذشته ۶۳
۴-۱-۲- پیش‌بینی دمای مشهد با استفاده از مدل‌های تغییر اقلیم ۶۷
۴-۱-۳- ارزیابی و محاسبه اطلاعات مربوط به جمعیت، مصرف سرانه و تلفات آب ۷۰
۴-۱-۴- تعیین روند جمعیت، مصرف سرانه و تلفات آب مشهد در سال‌های گذشته ۷۳
۴-۲- نتایج تحلیل رگرسیون در تعیین مصرف سرانه برحسب سایر متغیرها ۷۵
۴-۳- نتایج تحلیل عدم قطعیت ۸۰
۴-۳-۱- انتخاب توزیع‌های آماری متغیرهای درمعرضِ عدم قطعیت برای سال طرح ۸۰
۴-۳-۱-۱- انتخاب توزیع‌های آماری عوامل مؤثر بر مصرف سرانه ۸۰
۴-۳-۱-۲- انتخاب توزیع‌های آماری پارامترهای تحلیل عدم قطعیتِ هیدرولیکی شبکه توزیع آب ۸۲
۴-۳-۲- تولید سناریوهای مختلف به روش نمونه‌گیری مربع لاتین برای تحلیل عدم قطعیت شبکه توزیع آب ۸۴
۴-۳-۳- تعیین میانگین و ضریب تغییرات فشارهای گرهی شبکه توزیع آب ۸۷
۴-۳-۴- تعیین سهم هریک از پارامترهای ورودی در عدم قطعیت فشارهای گرهی ۹۰
۴-۴- نتایج تحلیل قابلیت اطمینان هیدرولیکی ۹۲
۴-۶-۱- محاسبه قابلیت اطمینان هیدرولیکی گرهی ۹۲
۴-۶-۲- محاسبه قابلیت اطمینان هیدرولیکی سیستم ۹۵

فصل پنجم- نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات

۵-۱- خلاصه و نتیجه‌گیری کلی ۹۸
۵-۲- پیشنهادات ۱۰۲

مراجع ۱۰۴

پیوست ۱۱۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- روند تغییرات غلظت اتمسفری گازهای گلخانه‌ای مهم دارای عمر طولانی، طی ۲۰۰۰سال گذشته (IPCC، ۲۰۰۷) ۶

شکل ۱-۲- روند تغییرات متوسط سالانه دمای مشاهده‌شده جهانی (IPCC، ۲۰۰۷) ۸

شکل ۱-۳- پیش‌بینی روند جهانی انتشار گازهای گلخانه‌ای براساس شش سناریوی توصیفی SRES (IPCC، ۲۰۰۷) ۱۰

شکل ۲-۱- تابع توزیع تجمعی احتمال (UiO، ۲۰۱۲) ۳۵

شکل ۲-۲- نمایش تولید ۵ عدد تصادفی به روش مونت‌کارلو (UiO، ۲۰۱۲) ۳۵

شکل ۲-۳- طرح شماتیک روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو (Abebe و همکاران، ۲۰۰۰) ۳۶

شکل ۲-۴- نمایش تولید ۵ عدد تصادفی به روش نمونه‌گیری مربع لاتین (UiO، ۲۰۱۲) ۳۷

شکل ۲-۵- تقسیم منحنی تابع چگالی احتمال به N سطح برابر (Nowak و Collins، ۲۰۰۰) ۳۸

شکل ۳-۱- نمودار جریان برای تحلیل عدم قطعیت و قابلیت اطمینان موضعی و کلی شبکه توزیع آب ۵۴

شکل ۴-۱- روند تغییرات دمای متوسط گرم‌ترین ماه سال مشهد در دوره‌های ۱۰ ساله ۶۵

شکل ۴-۲- روند تغییرات دمای متوسط تابستان مشهد در دوره‌های ۱۰ ساله ۶۵

شکل ۴-۳- روند تغییرات دمای متوسط ۶ ماهه اول سال مشهد در دوره‌های ۱۰ ساله ۶۶

شکل ۴-۴- روند تغییرات دمای متوسط سالانه مشهد در دوره‌های ۱۰ ساله ۶۶

شکل ۴-۵- تغییرات دمای متوسط مشهد برای دوره آماری ۱۴۰۹-۱۳۹۰ نسبت به دوره پایه با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری مدل HADCM3 طبق سناریوهای مختلف ۶۹

شکل ۴-۶- تغییرات دمای متوسط مشهد برای دوره آماری ۱۴۰۹-۱۳۹۰ نسبت به دوره پایه با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری مدل NCCCSM طبق سناریوهای مختلف ۶۹

شکل ۴-۷- روند تغییرات الف- جمعیت؛ ب- مصرف سرانه؛ ج- تلفات آب مشهد در سال‌های گذشته ۷۴

شکل ۴-۸- باقی‌مانده‌های استاندارد: الف- نمودار احتمال نرمال؛ ب- نمودار توزیع ۷۸

شکل ۴-۹- نمودار پراکندگی باقی‌مانده‌های استاندارد در مقابل: الف- ترتیب مشاهدات؛ ب- مقادیر برازش شده C ۷۸

شکل ۴-۱۰- نمودار پراکندگی باقی‌مانده‌های استاندارد در مقابل متغیرهای مستقل: الف- جمعیت؛ ب- دما؛ ج- تلفات آب ۷۹

شکل ۴-۱۱- نمودار سهم هر یک از پارامترهای ورودی بر عدم قطعیت فشار گره‌های مختلف ۹۱

شکل ۴-۱۲- نمودار قابلیت اطمینان هیدرولیکی گره‌ها برای شبیه‌سازی‌های مختلف ۹۴

شکل ۴-۱۳- نمودار قابلیت اطمینان هیدرولیکی سیستم برای پارامترهای درمعرضِ عدم قطعیت مختلف ۹۷

شکل پ-۱- مرزبندی پهنه‌های ۲۰ گانه شبکه توزیع آب مشهد (مهندسین مشاور طوس‌آب، ۱۳۸۶ب) ۱۱۱

شکل پ-۲- شبکه توزیع آب پهنه Q مشهد (مهندسین مشاور طوس‌آب، ۱۳۸۶ب) ۱۱۲

شکل پ-۳- تقسیمات نواحی ۵۱گانه در طرح جامع و تفصیلی مشهد توسط مسکن و شهرسازی (مهندسین مشاور طوس‌آب، ۱۳۸۶ب) ۱۱۴

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱- برخی مقادیر ضریب هیزن- ویلیامز برای لوله‌های نو با مواد مختلف (تائبی و چمنی، ۱۳۸۴) ۳۰

جدول ۲-۲- نمونه‌ای از مقادیر ضریب هیزن- ویلیامز برای انواع مختلف لوله (وزارت نیرو، دفتر نظام مهندسی و استانداردهای آب و آبفا، ۱۳۸۶) ۳۰

جدول ۲-۳- اثر عمر بر روی ضریب هیزن- ویلیامز لوله‌های چدنی پوشش‌دار (تائبی و چمنی، ۱۳۸۴) ۳۱

جدول ۳-۱- تحولات جمعیت شهر مشهد در طی ۵ دهه گذشته (مهندسین مشاور طوس‌آب، ۱۳۸۶ب) ۵۱

جدول ۳-۲- پیش‌بینی روند رشد جمعیت در دوره طرح (مهندسین مشاور طوس‌آب، ۱۳۸۶ب) ۵۲

جدول ۴-۱- مقادیر محاسبه شده متوسط دمای شهر مشهد در سال‌های گذشته ۶۴

جدول ۴-۲- مقادیر محاسبه شده نرمال دمای مشهد در دوره پایه و پیش‌بینی آن برای دوره ۱۴۰۹-۱۳۹۰ طبق مدل‌ها و سناریوهای مختلف (برحسب درجه سانتی‌گراد) ۶۸

جدول ۴-۳- آمار محاسبه شده جمعیت، مصرف سرانه آب و تلفات آب برای شهر مشهد ۷۱

جدول ۴-۴- مقادیر پیش‌بینی شده متوسط کل مصرف سرانه آب در شهر مشهد (مهندسین مشاور طوس‌آب، ۱۳۸۶ب) ۷۳

جدول ۴-۵- خلاصه نتایج آماری بهترین مدل رگرسیون خطی چند متغیره ۷۶

جدول ۴-۶- توزیع‌های آماری انتخاب شده برای عوامل مؤثر بر مصرف سرانه ۸۲

جدول ۴-۷- مقادیر مطلق عوامل مؤثر بر مصرف سرانه برای سال طرح ۸۲

جدول ۴-۸- توزیع‌های آماری انتخاب شده برای پارامترهای مؤثر در تحلیل عدم قطعیت شبکه توزیع آب ۸۳

جدول ۴-۹- مقادیر مطلق پارامترهای مؤثر در تحلیل عدم قطعیت شبکه توزیع آب برای سال طرح ۸۴

جدول ۴-۱۰- نتایج سناریوهای انتخابی به روش نمونه‌گیری مربع لاتین (LHS) ۸۶

جدول ۴-۱۱- میانگین (برحسب متر) و ضریب تغییرات (درصد) فشارهای گرهی در حالات عدم قطعیت پارامترهای مختلف ۸۹

جدول ۴-۱۲- مجموع مربعات باقی‌مانده‌ها (SSR) برای پارامترهای ورودی مختلف ۹۱

جدول ۴-۱۳- مقادیر سهم هر یک از پارامترهای ورودی در عدم قطعیت فشارهای گرهی ۹۱

جدول ۴-۱۴- مقادیر قابلیت اطمینان هیدرولیکی گره‌ها برای شبیه‌سازی‌های مختلف ۹۳

جدول ۴-۱۵- مقدار متوسط دبی تأمین شده براساس مقادیر میانگین پارامترهای ورودی تحلیل شبکه توزیع آب ۹۵

جدول ۴-۱۶- مقادیر قابلیت اطمینان هیدرولیکی سیستم برای شبیه‌سازی‌های مختلف ۹۶

جدول پ-۱- مشخصات فیزیکی لوله‌های شبکه توزیع پهنه Q مشهد ۱۱۳

فهرست علامت‌ها

معادل فارسی	معادل انگلیسی	علامت‌ها
ضرایب رگرسیون	Regression Coefficients	a_i
مصرف سرانه متوسط	Consumption Average Daily per Capita	C
مصرف سرانه استاندارد شده	–	C*
ضریب هیزن– ویلیامز	Hazen-Williams Coefficient	$C_{H.W.}$
ضریب هیزن– ویلیامز لوله چدنی	Hazen-Williams Coefficient of DI Pipe	$C_{H.W.DI}$
ضریب هیزن– ویلیامز لوله پی‌وی‌سی	Hazen-Williams Coefficient of PVC Pipe	$C_{H.W.PVC}$
ضریب هیزن– ویلیامز استاندارد شده لوله چدنی	-	$C^*_{H.W.DI}$
ضریب هیزن– ویلیامز استاندارد شده لوله پی‌وی‌سی	-	$C^*_{H.W.PVC}$
ضریب تغییرات	Coefficient of Variation	C_v
سهم	Contribution	C'
قطر	Diameter	D
ضریب اصطکاک دارسی– ویسباخ	Darcy-Weisbach Friction Factor	f
آماره F	F Statistics	F
تابع توزیع احتمال ارتفاع معادل فشار تأمین‌شده	the Probability Density Function of the Supplied Pressure Head	$f_s(H_s)$
تابع توزیع احتمال حداقل ارتفاع معادل فشار	the Probability Density Function of the Minimum Pressure Head	$f_{dl}(H_d^l)$
افت هد اصطکاکی	Head Loss	h
ارتفاع معادل انرژی کل	Head of Energy	H
حداقل ارتفاع معادل فشار مجاز	Required Minimum Pressure Head	H_d^l
ارتفاع معادل فشار تأمین شده	Supplied Pressure Head	H_s
حداکثر ارتفاع معادل فشار مجاز	Required Maximum Pressure Head	H_d^u
ثابت عددی فرمول هیزن– ویلیامز	Constant coef. of Hazen-Williams formula	K_u
طول لوله	Length	L
تلفات آب	Water Losses	L
بارگذاری	Loading	L'
تعداد سناریوهای موفقیت‌آمیز	-	N_s
جمعیت	Population	P
فشار گرهی مرکزیت داده شده	-	P*
تراکم جمعیت	Population Density	P_d
تراکم جمعیت استاندارد شده	-	P_d^*
نیاز گرهی	Nodal Demand	q
دبی، آهنگ جریان	Flow, Flow Rate, Flow Discharge	Q
تقاضای تأمین شده	Supplied Demand	Q_s

Q_d	Demand	تقاضا
$\overline{Q}_s$	the Mean Value of Water Supply	مقدار متوسط دبی تأمین شده
r	Population Growth Rate	ضریب رشد جمعیت
R_n	Nodal Reliability	قابلیت اطمینان گرهی
$R_{s,a}$	Arithmetic Mean of System Reliability	میانگین حسابیِ قابلیت اطمینان سیستم
$R_{s,min}$	Minimum Nodal Reliability in the System	حداقل قابلیت اطمینان گره‌ها در سیستم
$R_{s,w}$	Weighted Mean of System Reliability	متوسط وزنیِ قابلیت اطمینان سیستم
R^2	Coefficient of Determination (R Squared)	ضریب تعیین
R_a^2	Adjusted R Squared	ضریب تعیین تعدیل شده
R'	Resistance	مقاومت
SE	Standard Error	خطای استاندارد
SSR	Sum of Squares Residuals	مجموع مربعات باقی‌مانده‌ها
t	t Statistics	آماره t
T	Temperature	دما
X_i	Stochastic Input Parameters, Regression Variables	پارامترهای ورودی غیرقطعی، متغیر رابطه رگرسیونی
Y	Model Output, the Dependent Variable	خروجی مدل، متغیر وابسته
α	Coefficient of Population	ضریب جمعیت در رابطه رگرسیونی
α'	Risk	خطر، ریسک
β	Coefficient of Water Losses	ضریب تلفات آب در رابطه رگرسیونی
δ	Intercept	ضریب ثابت در رابطه رگرسیونی
ε	Random Error	خطای تصادفی
γ	Coefficient of Temperature	ضریب دما در رابطه رگرسیونی
σ	Standard Deviation	انحراف معیار
σ^2	Variance	واریانس
ΔC	-	تغییرات مصرف سرانه
ΔT	-	تغییرات دما

فهرست اختصارات

اختصارات	معادل انگلیسی	معادل فارسی
AOGCMs	Atmosphere-Ocean General Circulation Models	مدل‌های گردش عمومی جو- اقیانوس
CH_4	Methane	متان
CO_2	Carbon Dioxide	دی اکسید کربن
CPD	Cumulative Probability Distribution	توزیع احتمال تجمعی
DI	Ductile Iron	چدن نشکن
ECHO-G	ECHO-G = ECHAM4 + HOPE-G Meteorological Institute of the University of Bonn (Germany), Institute of KMA (Korea)	مدل اقلیمی مربوط به مؤسسه هواشناسی دانشگاه بن (آلمان)، مؤسسه KMA (کره جنوبی)
EMICs	Earth System Models of Intermediate Complexity	مدل‌های سیستم زمین با پیچیدگی متوسط
FAO	Food & Agriculture Organisation of the United Nations	سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد
FOSM	First-Order Second-Moment Method	روش گشتاور دوم- مرتبه اول
FOVE	First-Order Variance Estimation Method	روش تخمین تغییرات مرتبه اول
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	هیأت بین دولتی در مورد تغییرات آب‌وهوا
LARS-WG	Stochastic Weather Generator	یک نوع مدل مولد آب و هوا
LHS	Latin Hypercube Sampling	نمونه‌گیری مربع لاتین
MCS	Monte-Carlo Simulation	شبیه‌سازی مونت‌کارلو
NCCCSM	US National Center for Atmospheric Research	مدل اقلیمی مربوط به مرکز ملی پژوهش‌های جوّی امریکا
N_2O	Nitrogen Dioxide	اکسید نیتروز
NRC	National Research Council	شورای ملی تحقیقات
SCMs	Simple Circulation Models	مدل‌های گردش ساده
PDF	Probability Density Function	تابع چگالی احتمال
PE	Probabilistic Point Estimation Methods	روش‌های تخمین نقطه‌ای
PVC	Poly Vinyl Chloride	پی‌وی‌سی
SOSM	Second-Order Second-Moment Method	روش گشتاور دوم- مرتبه دوم
SRES	Special Report, on Emissions Scenarios	گزارش‌های ویژه بر سناریوهای انتشار
UKMO-HadCM3	Hadley Centre for Climate Prediction and Research Met Office United Kingdom	مدل اقلیمی مربوط به مرکز پیش‌بینی اقلیم هادلی و دفتر تحقیقات بریتانیا
UNEP	United Nations Environment Programme	برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد

پیش‌گفتار

ضرورت حفاظت از ایمنی و سلامت زندگی انسان، تأسیس شبکه‌های توزیع آب را ایجاب می‌نماید که وظیفه آن‌ها، تأمین نیاز آبی در نقاط مصرف با فشار کافی در شرایط عادی و حتی اضطراری می‌باشد. در روال عادی، طراحیِ شبکه توزیع آب با درنظرگرفتن سال مقصد (پایان دوره طرح) و پذیرش پاره‌ای از پیش‌بینی‌ها نظیر نرخ رشد جمعیت، مصرف سرانه و ...، با هدف حداکثرسازی قابلیت اطمینان شبکه و حداقل نمودنِ هزینه‌های ساخت‌وساز و بهره‌برداری، صورت می‌پذیرد (مهندسین مشاور طوس‌آب، ۱۳۸۶الف). لیکن وجود عدم قطعیت در پیش‌بینی برخی متغیرهای طراحی، سبب خواهد شد که در طی دوران طرح، مدل ارائه شده برای شبکه، به‌خوبی عمل‌نکرده و درنتیجه، بهره‌برداری از سیستم با مشکل و حتی شکست، مواجه گردد. در چنین شرایطی، به کمیّت درآوردن عدم قطعیتِ پارامترها و بررسی و ارزیابی عملکرد شبکه در حضور آن‌ها، شناخت نسبی از رفتار شبکه را در پایان دوره طراحی و یا در شرایط خاص، نظیر شرایط بحران فراهم می‌سازد که در چنین مواقعی، می‌توان با شیوه‌های مدیریتی به‌دنبالِ عملی‌ترین راه‌حل‌ها با کم‌ترین هزینه، گشت.

در این مسیر، یکی از عدم قطعیت‌های مهم و چالشی، مشخص نبودن قطعیِ میزان نیازهای گرهی در آینده است. به‌طورکلی، نیاز آب شهری تحت‌تأثیر عوامل اقلیمی نظیر دما و بارش و تابعی از عوامل مختلف نظیر جمعیت، زمان در روز و فصل و ... می‌باشد. دما از عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم است و تغییرات آن می‌تواند ساختار آب‌وهوایی هر منطقه‌ای را دگرگون سازد. افزایش دمای هوا چه به‌دلیل خشک‌سالی‌های دوره‌ای و چه بر اثر پدیده گرمایش جهانی، در سال‌های پیش‌رِو، امری بسیار محتمل است. بررسی‌های پژوهشگران نشان داده که در اکثر نقاط جهان، دما در طی سدهٔ گذشته رو به افزایش بوده‌است و پیش‌بینی‌ها نیز نشان از افزایش فزاینده‌ی میانگین دمای سطح زمین بر اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند. در تحقیقات و گزارش‌های هیأت بین دولت‌ها در مورد تغییرات اقلیم (IPCC، ۲۰۰۷) و نیز پژوهش‌هایی که به‌صورت منطقه‌ای صورت پذیرفته‌اند، برای بیشتر نقاط جهان، افزایش فراوانی، شدت و مدت زمان امواج گرمای تابستان، پیش‌بینی شده‌است.

عوامل اقلیمی نظیر دما و بارش، برخلاف عوامل اجتماعی- اقتصادی (که در بلندمدت بر الگوهای مصرف آب شهری تأثیرگذار هستند)، تغییرات کوتاه‌مدت را موجب می‌گردند (Akuoko-Asibey، ۱۹۹۳) و بایستی اثرات آن‌ها را به‌همراه سایر عوامل عمده‌ی مؤثر بر تغییرات مصرف سرانه آب شهری نظیر جمعیت و مدیریت شبکه در کاهش تلفات، موردتوجه قرار داد. از دیگر عدم قطعیت‌های مهم در شبکه‌های توزیع آب، تغییرات ضریب زبری

لوله‌ها در اثر گذشت زمان می‌باشد. با توجه به عوامل یـاد شـده، بررسـی اثراتـی کـه تغییـر هریـک از پارامترهـای درمعرض عدم قطعیت، بر فشارهای گرهی شبکه و درنهایت بر قابلیت اطمینان هیدرولیکی شـبکه‌هـای توزیـع آب شهری خواهد داشت، امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

این مجموعه، نتیجه‌ی پژوهشی پیرامون موضوع «تحلیل قابلیت اطمینان هیدرولیکی شبکه‌هـای توزیـع آب شهری با درنظرگرفتن عدم قطعیت‌ها با تأکید بر اثرات تغییر اقلیم» می‌باشد که بـا انجـام مطالعـه مـوردی بـر روی پهنه‌ای از شبکه توزیع آب مشهد در قالب پنج فصل آورده شده‌است.

فصل اول، به بررسی مفاهیم و کلیات در زمینه تغییر اقلیم و پدیده گرمایش جهانی و بررسـی اثـرات آن بـر روند دمای شهر مشهد (به‌عنوان شاخص‌ترین عنصر اقلیمی) در ادبیات اقلیم‌شناسی ایران، اختصاص داده شده‌است.

فصل دوم، به شبکه‌های توزیع آب، مبانی طرح، ضوابط فنی طرح و تحلیل هیدرولیکی آن‌ها، عدم قطعیت و تحلیل قابلیت اطمینان در این شبکه‌ها می‌پردازد.

دو فصل اول و دوم، ضمن مروری بر ادبیات موضـوع، زمینـه لازم را بـرای معرفـی اهـداف و مراحـل ایـن پژوهش، فراهم می‌نمایند و در انتهای فصل دوم، اهداف این پژوهش و مراحل رسیدن به آن معرفی می‌شوند.

فصل سوم، به معرفی منطقه تحت مطالعه و اطلاعات موردنیاز پرداخته و اندیشه اصلی، فرآینـد کلـی کـار و روش‌های مورد استفاده در این پژوهش را به‌صورت گام‌به‌گام تشریح می‌نماید.

فصل چهارم، به ارائه جزئیات نتایج تحلیل رگرسیون، تحلیل عدم قطعیت و محاسبه سهم هر پارامتر ورودی بر عدم قطعیت فشارهای گرهی و نیز تحلیل قابلیت اطمینان موضعی و کلی شبکه توزیع آب در افق طرح از طریق شاخص‌های مختلف، می‌پردازد.

در فصل پنجم، نتیجه‌گیری کلی از این پژوهش به‌همراه پیشنهادهایی جهت ادامه‌ی کار، ارائه می‌گردد.

فصل اول

کلیاتی پیرامون

پدیده تغییر اقلیم

فصل اول

کلیاتی پیرامون پدیده تغییر اقلیم

مقدمه

بدون شناخت و آگاهی از وضعیت اقلیمیِ حال و آینده، مدیران و برنامه‌ریزان، قادر به اجرای برنامه‌های مختلف نخواهند بود. در سال‌های اخیر، یکی از مباحث بسیار مهم در بحث مربوط به آب‌وهوای مناطق مختلف، موضوع اقلیم[1] و تغییرات آن به‌عنوان یک وضعیت برگشت‌ناپذیر بوده و بسیاری از محققان به ابعاد مختلف این مسأله پرداخته‌اند. یکی از مظاهر و پیامدهای این پدیده، تغییر در عناصر اقلیمی، به‌ویژه دما و بارش در مناطق مختلف است (علیزاده، ۱۳۷۹). تحقیقات دانشمندان، بیانگر آن است‌که اقلیم جهانی طی ۱۰۰ تا ۱۵۰ سال اخیر، دست‌خوشِ تغییراتی غیرعادی و سریع شده که متفاوت از الگوهای طبیعی تغییرپذیری است. به‌عنوان مثال، افزایش دمای جهانی طی چند دوره‌ی اخیر از دیدگاه آماری با تغییرات طبیعی بلندمدت (قبل از دوران صنعتی‌شدن) تفاوت دارد و متوسط دمای جهانی، تغییرپذیری قابل‌توجهی را در تمام مقیاس‌های زمانی نشان می‌دهد (Raper و Wigley، ۱۹۹۰؛ به‌نقل از آسیایی و همکاران، ۱۳۸۷). طبق چهارمین گزارش ارزیابی IPCC[2] (۲۰۰۷) نیز، اغلب افزایش‌های مشاهده شده در دمای متوسط جهانی از اواسط قرن بیستم تاکنون، به احتمال بسیار زیاد به‌دلیل افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای[3] با منشأ انسانی است.

مطالب این فصل، به بررسی مفاهیم و کلیاتی در زمینه تغییر اقلیم[4] و پدیده گرمایش جهانی[5] و بررسی اثرات آن بر روند دمای شهر مشهد (به‌عنوان شاخص‌ترین عنصر اقلیمی)، مرتبط با پژوهش حاضر، می‌پردازد.

1. Climate
2. Intergovernmental Panel on Climate Change
3. Greenhouse Gases (GHGs)
4. Climate Change
5. Global Warming