



و جعلنا من الماء كل شيء حي

و هر چیز زنده ای را از آب پدید آوردیم.

(سوره انشاء آیه ۳۰)



دانشکده : فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات - تکنولوژی اطلاعات

# پیش‌بینی مصرف آب شهر قم با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

اکرم روح پرور

استاد راهنما

دکتر محمدرضا امین‌ناصری

اسفند ۱۳۹۰





بسمه تعالی

## تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

خانم اکرم روح پرور پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان پیش بینی مصرف آب شهر قم با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۲۰ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات - سیستمهای اطلاعاتی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمد رضا امین ناصری	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمد مهدی سپهری	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمد اقدسی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر عباس کرامتی	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمد اقدسی	دانشیار	

## آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

**مقدمه:** با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

**ماده ۱-** حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

**ماده ۲-** انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

**تبصره:** در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

**ماده ۳-** انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه های مصوب انجام شود.

**ماده ۴-** ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

**ماده ۵-** این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب اکرم روح پرور دانشجوی رشته مهندسی فناوری اطلاعات (تکنولوژی اطلاعات) ورودی سال تحصیلی ۱۳۸۸ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده فنی مهندسی متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق‌الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:

تاریخ:

## آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

**ماده ۱:** در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلا به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

**ماده ۲:** در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد **اکرم روح پرور** در رشته **مهندسی فناوری اطلاعات (تکنولوژی اطلاعات)** است که در سال **۱۳۹۰** در دانشکده **فنی مهندسی** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر **محمد رضا امین ناصری** از آن دفاع شده است.»

**ماده ۳:** به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

**ماده ۴:** در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تادیه کند.

**ماده ۵:** دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

**ماده ۶:** اینجانب **اکرم روح پرور** دانشجوی رشته **مهندسی فناوری اطلاعات (تکنولوژی اطلاعات)** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: **اکرم روح پرور**

تاریخ و امضا:

تقدیم بہ

پدر و مادر عزیز

و خانواده دلسوزم

## تقدیر و تشکر

از زحمات استاد ارجمند جناب آقای دکتر امین ناصری که بارها همایی‌های بی دریغ خویش مراد انجام این تحقیق یاری نموده و نیز از کارشناسان محترم شرکت آب و فاضلاب و اداره کل هواشناسی استان قم در ارائه اطلاعات مورد نیاز و عزیزانی که مراد انجام این تحقیق کمک نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

## چکیده

آب به عنوان یک سرمایه ملی و کالای اقتصادی-اجتماعی مهم در هر کشور و منطقه محسوب شده و قابل جایگزینی با هیچ کدام از منابع طبیعی و مصنوعی دیگر نبوده و در طول تاریخ نیز عامل مهمی در شکل دادن به روش زندگی بشر و توسعه تکنولوژی بوده است.

در کشور ایران نیز با توجه به موقعیت جغرافیایی اکثر مناطق آن که از نظر اقلیمی جز مناطق خشک و نیمه خشک بوده و نیز متوسط نزولات جوی ۲۵۰ میلی‌متر در سال، آب یکی از منابع محدود و مهم محسوب گردیده، بطوری که مدیریت مصرف این منبع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌گردد و در این میان از جمله شهرهایی که نیاز به برنامه‌ریزی جهت مدیریت بهینه مصرف آب دارد شهر قم می‌باشد که با توجه به داشتن آب و هوایی گرم و خشک در زمره شهرهایی می‌باشد که با مشکل کمبود منابع آبی و در نتیجه مدیریت بحران آب مواجه خواهد شد و مساله پیش‌بینی مصرف این منبع اهمیت خاصی پیدا می‌کند.

در این تحقیق بعد از بررسی و تعریف مدل‌های مختلف پیش‌بینی و مرور ادبیات انجام گرفته در خصوص پیش‌بینی تقاضای آب با هر یک از روش‌های مطرح شده پیش‌بینی به توصیف شبکه عصبی پرداخته و در نهایت به مدل‌سازی مصرف روزانه آب با شبکه عصبی پرداخته می‌شود. جهت مدل‌سازی با این شبکه، ابتدا داده‌های جمع‌آوری شده هر یک از سال‌ها بدلیل متفاوت بودن مصرف آب در روزهای مختلف هفته و هفته‌های مختلف سال بطور جداگانه با تکنیک K-means خوشه‌بندی شده و نتیجه این خوشه‌بندی، برای هر سال ۳ خوشه می‌باشد که با شاخص Dunn و تست‌های انجام شده، این تعداد بهترین انتخاب می‌باشد و در نهایت برای کل سال‌ها، بدلیل اشتراک بیش از ۹۰ درصد هر یک از ۳ خوشه سال‌های مختلف با یکدیگر، ۳ خوشه انتخاب گردید. در مرحله بعد مدل شبکه عصبی پیش‌خوراند با یک لایه مخفی و دو لایه مخفی با ورودی‌های مصرف روز قبل و روز مشابه هفته قبل و نیز دمای ماکزیمم روز، روز قبل و روز مشابه هفته قبل طراحی و تست شد و در نهایت برای هر خوشه بهترین مدل انتخاب و با نتیجه مدل شبکه عصبی برازش تعمیم یافته و رگرسیون خطی مقایسه گردید که نتیجه مقایسه، نتایج دقیق‌تر مدل پیشنهادی شبکه عصبی پیش‌خوراند یک لایه مخفی در هر خوشه می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** پیش‌بینی- شبکه‌های عصبی- مصرف آب - خوشه‌بندی - شبکه عصبی پیش‌خوراند



## فهرست مطالب

فصل اول- معرفی و کلیات .....	۱
۱-۱- مقدمه .....	۱
۲-۱- تعریف موضوع و بیان مساله .....	۳
۱-۲-۱- وضعیت آب جهان .....	۵
۲-۲-۱- وضعیت آب کشور ایران .....	۵
۳-۲-۱- وضعیت آب استان قم .....	۷
۴-۲-۱- اهمیت مدیریت آب .....	۸
۳-۱- هدف تحقیق .....	۹
۴-۱- قلمرو تحقیق .....	۹
۵-۱- جنبه جدید و نوآوری .....	۱۰
۶-۱- روش انجام تحقیق .....	۱۰
۷-۱- ساختار تحقیق .....	۱۱
فصل دوم- روش‌های پیش‌بینی و مرور ادبیات .....	۱۲
۱-۲- مقدمه .....	۱۲
۲-۲- تعریف پیش‌بینی .....	۱۳
۳-۲- مراحل انجام پیش‌بینی .....	۱۳
۴-۲- افق‌های زمان پیش‌بینی .....	۱۴
۵-۲- روش‌های پیش‌بینی .....	۱۴
۶-۲- روش‌های پیش‌بینی کمی .....	۱۵
۱-۶-۲- مدل‌های سری‌های زمانی .....	۱۵
۱-۱-۶-۲- تصادفی خود همبسته .....	۱۷
۲-۱-۶-۲- میانگین متحرک .....	۱۷
۳-۱-۶-۲- میانگین متحرک وزنی .....	۱۸

- ۱۸-۶-۱-۴- هموارسازی نمایی ..... ۱۸
- ۱۸-۶-۱-۵- خود همبسته - میانگین متحرک ..... ۱۸
- ۱۹-۶-۱-۶- خود همبسته - میانگین متحرک تلفیق شده ..... ۱۹
- ۱۹-۶-۱-۷- خود همبسته - میانگین متحرک تلفیق شده فصلی ..... ۱۹
- ۲۰-۶-۱-۸- تحلیل روند ..... ۲۰
- ۲۰-۶-۱-۹- الگوی هارمونیک ..... ۲۰
- ۲۰-۶-۱-۱۰- مدل خود - همبسته با واریانس ناهمسانی شرطی ..... ۲۰
- ۲۱-۶-۲- مدل‌های سببی یا اقتصادسنجی ..... ۲۱
- ۲۱-۶-۲-۱- مدل‌های رگرسیون ..... ۲۱
- ۲۲-۶-۳- تکنیک‌های هوش مصنوعی ..... ۲۲
- ۲۲-۶-۳-۱- شبکه‌های عصبی مصنوعی ..... ۲۲
- ۲۲-۶-۳-۲- سیستم‌های خبره ..... ۲۲
- ۲۳-۶-۷- روش‌های پیش‌بینی کیفی ..... ۲۳
- ۲۳-۶-۷-۱- روش دلفی ..... ۲۳
- ۲۴-۶-۷-۲- روش توافق جمعی ..... ۲۴
- ۲۴-۶-۸- مرور ادبیات پیش‌بینی مصرف آب ..... ۲۴
- ۲۷-۶-۸-۱- مرور ادبیات پیش‌بینی مصرف آب با استفاده از سری‌های زمانی ..... ۲۷
- ۲۹-۶-۸-۲- مرور ادبیات پیش‌بینی مصرف آب با استفاده از رگرسیون ..... ۲۹
- ۳۰-۶-۸-۳- مرور ادبیات پیش‌بینی مصرف آب با استفاده از شبکه‌های عصبی ..... ۳۰
- ۳۷-۶-۸-۴- مرور ادبیات پیش‌بینی مصرف آب با استفاده از ترکیب مدل‌های پیش‌بینی ..... ۳۷
- ۴۱-۶-۸-۵- مرور ادبیات پیش‌بینی مصرف آب در خصوص مقایسه مدل‌های پیش‌بینی ..... ۴۱
- ۵۰-۶-۸-۶- خلاصه مرور ادبیات پیش‌بینی مصرف آب ..... ۵۰
- ۵۳-۶- سوم- شبکه‌های عصبی مصنوعی ..... ۵۳
- ۵۳-۳-۱- مقدمه ..... ۵۳
- ۵۴-۳-۲- مروری کوتاه بر تاریخچه شبکه عصبی ..... ۵۴

- ۳-۳- مزایای شبکه عصبی ..... ۵۴
- ۳-۴- محدودیت‌های شبکه عصبی ..... ۵۶
- ۳-۵- ساختار شبکه عصبی ..... ۵۷
- ۳-۶- داده‌های آموزشی، اعتبارسنجی و آزمایشی ..... ۵۹
- ۳-۷- پیش‌پردازش و پس‌پردازش داده‌ها ..... ۵۹
- ۳-۸- معماری شبکه عصبی ..... ۵۹
- ۳-۸-۱- شبکه پرسپترون چند لایه ..... ۶۰
- ۳-۸-۲- شبکه عصبی بازگشتی ..... ۶۱
- ۳-۸-۳- شبکه عصبی برگشتی با تاخیر زمانی ..... ۶۲
- ۳-۸-۴- شبکه عصبی با تاخیر زمان ..... ۶۳
- ۳-۸-۵- شبکه عصبی کوهونن(نقشه خود سازمانده) ..... ۶۳
- ۳-۸-۶- شبکه عصبی تابع پایه شعاعی ..... ۶۴
- ۳-۸-۷- شبکه عصبی برازش تعمیم یافته ..... ۶۶
- ۳-۸-۸- شبکه عصبی احتمالی ..... ۶۷
- ۳-۸-۹- شبکه عصبی آدالاین(تطبیقی خطی) ..... ۶۸
- ۳-۸-۱۰- شبکه عصبی مادالاین(تطبیقی خطی چند لایه) ..... ۶۹
- ۳-۸-۱۱- شبکه عصبی آبشاری ..... ۶۹
- ۳-۹-۱- الگوریتم‌های یادگیری شبکه عصبی ..... ۷۰
- ۳-۹-۱- الگوریتم پس انتشار خطا ..... ۷۰
- ۳-۹-۲- الگوریتم شبه نیوتنی بریدن- فلچر- گلدفارب- شانو ..... ۷۱
- ۳-۹-۳- الگوریتم لونبرگ - مارکوآرت ..... ۷۲
- ۳-۱۰- ارزیابی عملکرد شبکه‌های عصبی ..... ۷۲
- فصل چهارم- متدلوژی و ارائه مدل‌های پیش‌بینی مصرف آب ..... ۷۴
- ۴-۱- مقدمه ..... ۷۴
- ۴-۲- داده‌های جمع‌آوری شده ..... ۷۵

۷۶	۳-۴- تحلیل داده‌ها
۷۶	۱-۳-۴- تعیین متغیرهای ورودی مدل
۷۸	۲-۳-۴- خوشه بندی داده‌ها
۸۰	۴-۴- تعیین داده‌های آموزش و تست
۸۱	۵-۴- نرمال‌سازی داده‌ها
۸۱	۶-۴- تعداد گره‌های ورودی و خروجی
۸۲	۷-۴- تعداد لایه‌ها و نرونهای مخفی
۸۳	۸-۴- تابع تبدیل
۸۴	۹-۴- معیار ارزیابی شبکه
۸۴	۱۰-۴- مدل شبکه عصبی و الگوریتم آموزشی مورد استفاده
۸۴	۱۱-۴- حل مدل برای هر یک از خوشه‌ها
۹۵	۱۲-۴- حل رگرسیون خطی چند متغیره
۹۸	۱۳-۴- مقایسه مدل شبکه عصبی پیشنهادی با سایر روش‌ها
۹۹	فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۹۹	۱-۵- مقدمه
۹۹	۲-۵- نتیجه‌گیری
۱۰۲	۳-۵- پیشنهادهایی جهت ادامه تحقیق
۱۰۴	منابع
۱۰۴	منابع فارسی
۱۰۸	منابع انگلیسی
۱۱۴	واژه‌نامه
۱۱۴	انگلیسی به فارسی
۱۱۹	فارسی به انگلیسی

## فهرست شکل‌ها و نمودارها

- ۱-۱- نمودار مقایسه سرانه مصرف خانگی ایران با سایر کشورها..... ۶
- ۲-۱- میانگین بارش در استان قم، کل کشور و جهان ..... ۷
- ۱-۳- مدل مدل ساده یک نرون عصبی..... ۵۷
- ۲-۳- مدل شبکه عصبی ..... ۵۸
- ۳-۳- شمای شبکه عصبی پرسپترون سه لایه ..... ۶۱
- ۴-۳- ساختار شبکه بازگشتی المان ..... ۶۲
- ۵-۳- خط تاخیر ترتیبی ..... ۶۳
- ۶-۳- معماری شبکه نقشه خودسازمانده ..... ۶۴
- ۷-۳- ساختار شبکه پایه شعاعی ..... ۶۵
- ۸-۳- معماری شبکه عصبی برازشی تعمیم یافته ..... ۶۶
- ۹-۳- ساختار شبکه احتمالی ..... ۶۷
- ۱۰-۳- ساختار شبکه آدالاین ..... ۶۸
- ۱۱-۳- ساختار شبکه مادالاین ..... ۶۹
- ۱۲-۳- ساختار شبکه آبخاری ..... ۶۹
- ۱-۴- نمودار مصرف آب شهر قم طی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۹ بر حسب متر مکعب ..... ۷۵
- ۲-۴- نمودار مصرف آب شهر قم طی روزهای سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۹ بر حسب متر مکعب ..... ۷۶
- ۳-۴- همبستگی درجه حرارت ماکزیمم بر میزان مصرف آب در سال ۸۹ ..... ۷۷
- ۴-۴- مصرف آب ماه خرداد سال ۱۳۸۹ ..... ۷۹
- ۵-۴- نمودار مصرف آب واقعی و پیش‌بینی آن در خوشه ۱(مصرف آب بر حسب متر مکعب) ..... ۸۸
- ۶-۴- نمودار مصرف واقعی آب و پیش‌بینی آن در ۳۱ روز از خوشه ۱(مصرف آب بر حسب متر مکعب) ..... ۸۸
- ۷-۴- نمودار مصرف واقعی آب و پیش‌بینی آن در خوشه ۲(مصرف آب بر حسب متر مکعب) ..... ۹۱
- ۸-۴- نمودار مصرف واقعی آب و پیش‌بینی آن در ۳۱ روز از خوشه ۲(مصرف آب بر حسب متر مکعب) ..... ۹۱
- ۹-۴- نمودار مصرف واقعی آب و پیش‌بینی آن در خوشه ۳(مصرف آب بر حسب متر مکعب) ..... ۹۴
- ۱۰-۴- نمودار مصرف واقعی آب و پیش‌بینی آن در ۳۱ روز از خوشه ۳(مصرف آب بر حسب متر مکعب) ..... ۹۵

- ۹۶-۴-۱۱- نمودار مصرف آب واقعی و پیش‌بینی آن در خوشه ۱ با رگرسیون (مصرف آب بر حسب متر مکعب) ..... ۹۶
- ۹۷-۴-۱۲- نمودار مصرف آب واقعی و پیش‌بینی آن در خوشه ۲ با رگرسیون (مصرف آب بر حسب متر مکعب) ..... ۹۷
- ۹۷-۴-۱۳- نمودار مصرف آب واقعی و پیش‌بینی آن در خوشه ۳ با رگرسیون (مصرف آب بر حسب متر مکعب) ..... ۹۷



## فهرست جداول

- ۱-۲- نتایج مرور ادبیات پیش‌بینی مصرف آب در جهان بصورت خلاصه ..... ۵۰
- ۲-۲- نتایج مرور ادبیات پیش‌بینی مصرف آب در ایران بصورت خلاصه ..... ۵۲
- ۱-۴- بهترین نتایج پیش‌بینی مصرف آب با مدل شبکه عصبی پیش‌خوراند با یک لایه مخفی در خوشه ۱..... ۸۵
- ۲-۴- تعدادی از بهترین نتایج پیش‌بینی مصرف آب با مدل شبکه عصبی پیش‌خوراند با دو لایه مخفی در خوشه ۱ .. ۸۷
- ۳-۴- بهترین نتیجه پیش‌بینی مصرف آب با مدل شبکه عصبی پیش‌خوراند در خوشه ۱ ..... ۸۷
- ۴-۴- بهترین نتایج پیش‌بینی مصرف آب با مدل شبکه عصبی پیش‌خوراند با یک لایه مخفی در خوشه ۲..... ۸۹
- ۵-۴- تعدادی از بهترین نتایج پیش‌بینی مصرف آب با مدل شبکه عصبی پیش‌خوراند با دو لایه مخفی در خوشه ۲..... ۹۰
- ۶-۴- بهترین نتیجه پیش‌بینی مصرف آب با مدل شبکه عصبی پیش‌خوراند در خوشه ۲ ..... ۹۱
- ۷-۴- بهترین نتایج پیش‌بینی مصرف آب با مدل شبکه عصبی پیش‌خوراند با یک لایه مخفی در خوشه ۳ ..... ۹۲
- ۸-۴- تعدادی از بهترین نتایج پیش‌بینی مصرف آب با مدل شبکه عصبی پیش‌خوراند با دو لایه مخفی در خوشه ۳ .. ۹۳
- ۹-۴- بهترین نتیجه پیش‌بینی مصرف آب با مدل شبکه عصبی پیش‌خوراند در خوشه ۳..... ۹۴
- ۱۰-۴- نتایج پیش‌بینی با مدل رگرسیون خطی چند متغیره در هر سه خوشه ..... ۹۵
- ۱۱-۴- نتیجه مقایسه مدل شبکه پیشنهادی با سایر روش‌ها..... ۹۸
- ۱-۵- نتیجه مقایسه پیش‌بینی این تحقیق با چند تحقیق دیگر ..... ۱۰۲

## فصل اول

### معرفی و کلیات

#### ۱-۱. مقدمه

آب از دیرباز و از بدو پیدایش حیات، نقش اساسی در ادامه زندگی و طبیعتا در موجودیت انسان ایفا کرده است و در طول تاریخ عامل مهمی در شکل دادن به روش زندگی بشر و توسعه تکنولوژی، زبان و فرهنگ بوده است. نقش آب در پیدایش و رشد حیات در نظریه‌های علمی نیز مدت‌ها مورد توجه دانشمندان قرار گرفته و امروزه همه در آن اتفاق نظر دارند. آب در هر کشور و منطقه به عنوان یکی از سرمایه‌های ملی آن کشور و منطقه محسوب و جزء احتیاجات حیاتی بشر قلمداد می‌شود که قابل جایگزینی به وسیله هیچکدام از منابع طبیعی و مصنوعی دیگر نمی‌باشد. امروزه نقش آب از یک ماده حیاتی فراتر رفته و به عنوان کالایی اقتصادی مورد توجه قرار گرفته است، به گونه‌ای که اهمیت و کاربرد آن در فعالیت‌های مختلف اقتصادی، سبب شده که از آن به عنوان کلید توسعه پایدار نام برده شود.

هر چند آب، یکی از منابع تجدید شونده محسوب می‌شود، ولی مقدار آن محدود می‌باشد چرا که با توجه به رشد جمعیت، گسترش صنعت، بالا رفتن سطح بهداشت و رفاه عمومی، مصرف آن افزایش یافته و این منبع رو به کاهش می‌باشد.

کشور ایران نیز از کشورهای خشک جهان و دارای منابع محدود آب است که با توجه به رشد جمعیت ایران، سرانه منابع آب تجدید شونده سالانه که در سال ۱۳۳۵، ۷۰۰۰ متر مکعب بوده، در سال ۱۳۷۵ به ۲۰۰۰ متر مکعب کاهش یافته و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۴۰۰ به حدود ۸۰۰ متر مکعب کاهش یابد که پایین‌تر از مرز کم آبی (۱۰۰۰ متر مکعب) است. با توجه به تقسیم‌بندی سازمان ملل متحد، در

سال مذکور ایران نه تنها شرایط تنش و فشار ناشی از کمبود آب را تجربه خواهد کرد، بلکه وارد شرایط کمیابی شدید آب می‌گردد. (تجربیشی و ابریشم‌چی، ۱۳۸۳)

با توجه به مطالعات انجام شده سازمان ملل متحد در خصوص کمبود آب در جهان، مهمترین چالش جهان در آینده، مساله بحران آب می‌باشد بطوری که ممکن است جنگ‌های آینده جهان بر سر منابع آب صورت گیرد و نیز طبق این مطالعات، کمبود آب مشکلی حاد در سراسر خاورمیانه می‌باشد ولی کشور ایران هنوز در آستانه بحران آن قرار نگرفته است ولی با توجه به اینکه حدود ۶۶ درصد از ذخایر آب شیرین کشور مصرف شده، در آینده حتما با مساله بحران آب مواجه خواهد شد. این روند در مورد شهر قم، بدلیل موقعیت جغرافیایی این شهر در منطقه خشک و نیمه خشک کشور و نیز کمبود بارش سالانه که میانگین آن کمتر از ۲۰ درصد بارش جهان می‌باشد و افزایش رو به رشد جمعیت آن، بطوری که در سال ۱۳۸۹، ۱۰۳۷۴۹۶ نفر بوده، مساله مدیریت تقاضای آب در این منطقه از اهمیت خاصی برخوردار می‌گردد. با توجه به اهمیت مدیریت بهینه این منبع، انجام یک پیش‌بینی به موقع جهت برنامه‌ریزی در زمینه مصرف آن، ضروری می‌باشد.

پیش‌بینی بطور گسترده برای تصمیمات برنامه‌ریزی در حوزه‌های مختلف مدیریت (مدیریت منابع، مدیریت پرسنل، مدیریت مالی، مدیریت سازمان) بکار می‌رود. هر کسب و کار، آژانس‌های دولتی، سازمان‌های غیرانتفاعی به پیش‌بینی‌های به موقع نیاز دارند. یکی از منابع مهم آب می‌باشد که با توجه به مشکل کم آبی در کشور و بسیاری از شهرهای کشور و بحران‌های حاد اقتصادی و سیاسی ناشی از آن، شناخت میزان مصرف آب شهری موجب مدیریت بهتر و کارآمدتر منابع توزیع می‌شود. مدیران می‌توانند با استفاده از اتخاذ تدابیر مناسب از جمله ایجاد مخازن مناسب و کنترل میزان حجم آب آنها، برنامه‌ریزی زمان قطع و وصل پمپها، پر و خالی شدن مخازن، وضعیت کنترل فشار در شبکه ها و ... میزان آسیب به شبکه‌های آب و مصرف کنندگان را به حداقل ممکن کاهش داده و کارایی و بازده شبکه را افزایش دهند.

به طور کلی پیش بینی در سه بخش بلند مدت، میان مدت و کوتاه مدت انجام می‌گردد که هر یک با توجه به بازه زمانی مربوطه مورد استفاده قرار می‌گیرد. آنچه در پیش‌بینی بلند مدت در نظر گرفته می‌شود، تخمین میزان مصرف آب در سال‌های آینده جهت تصمیم‌گیری در مورد افزایش ظرفیت منابع تامین آب، افزایش ظرفیت خطوط انتقال و تشخیص حجم مورد نیاز مخازن ذخیره می‌باشد. در پیش‌بینی میان مدت، نوسانات مصرف آب در ماه‌ها و فصول مختلف سال مورد توجه قرار می‌گیرد. پیش‌بینی کوتاه مدت، میزان مصرف احتمالی در ساعات و روزهای آینده را تعیین می‌کند. این نوع پیش‌بینی در بهره‌برداری بهینه و مناسب از مخازن، پمپها و شیرآلات و سایر تاسیسات شبکه‌های توزیع آب و مدیریت کارایی سیستم آبرسانی، دارای اهمیت و حساسیت خاصی می‌باشد.

مصرف آب تابع پیچیده‌ای از پارامترهای گوناگون بوده و تعیین آن بصورت تحلیلی بسیار مشکل، زمان‌بر و یا ناممکن می‌باشد. در این شرایط روش‌های تحلیلی و ریاضی کارایی لازم را در این زمینه نداشته و استفاده از سیستم‌های هوشمند مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌تواند بعنوان یک گزینه راه‌گشا مطرح گردد. شبکه عصبی مصنوعی روی یک مدل ورودی/خروجی سیستم غیرخطی بر اساس اندازه بزرگی از سیگنال‌های ورودی/خروجی ایجاد می‌گردد. شبکه عصبی مصنوعی قابلیت یادگیری از محیط (هم ورودی هم خروجی) و خودسازمان‌دهی ساختار دارد که برای پیش‌بینی مفید می‌باشد. (Liu et al., 2009)

## ۱-۲. تعریف موضوع و بیان مساله

در این تحقیق، موضوع مورد نظر "پیش‌بینی مصرف آب شهر قم با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی" می‌باشد. که در ابتدا به بررسی روش‌های مختلف پیش‌بینی و تعاریف آنها پرداخته و بعد در

زمینه کاربرد آنها در پیش‌بینی مصرف آب به بررسی مقالات مختلفی در این خصوص پرداخته شده و در نهایت مدل‌سازی برای پیش‌بینی مصرف آب با استفاده از شبکه عصبی بصورت روزانه انجام می‌شود. در سال‌های اخیر بررسی‌های گسترده‌ای بر روی مساله چگونگی استفاده بهینه از منابع آب خصوصا مناطق شهری انجام شده است. یکی از موضوعات مورد بررسی در این زمینه تعیین تابع تقاضای آب شهری می‌باشد. با استخراج تابع پیش‌بینی کننده مصرف آب شهری می‌توان جهت مدیریت بهینه تقاضا و آبرسانی اقدامات لازم را به عمل آورد.

کشور ایران نیز از آن دسته کشورهایی است که از نظر منابع آب چندان غنی نیست و شاید در سال‌های آتی با مشکلات جدی‌تری در زمینه تامین آب روبرو شود. از این رو اندیشیدن تدابیری در خصوص مدیریت منابع آب و اتخاذ سیاستهای دراز مدت و کوتاه مدت مناسب در جهت بهینه سازی مصرف آب، می‌تواند نقش موثرتری در حفاظت از منابع ذی‌قیمت آب در کشور داشته باشد. در کشور از جمله شهرهایی که نیاز به برنامه‌ریزی جهت مدیریت بهینه مصرف آب دارد شهر قم می‌باشد که با توجه به منطقه گرمسیری و کویری و داشتن آب و هوایی گرم و خشک و نیز افزایش رشد جمعیت در زمره شهرهایی می‌باشد که با مشکل کمبود منابع آبی و در نتیجه مدیریت بحران آب مواجه خواهد شد و مساله پیش‌بینی مصرف این منبع اهمیت خاصی پیدا می‌کند در نتیجه با پیش‌بینی تقاضای آب در سیستم‌های آبرسانی و توزیع آب، با توجه به کمک شایانی که می‌تواند به مدیران این مجموعه‌ها برای مدیریت بحران(حداقل و حداکثر مصرف) داشته باشد، از اهمیت بالایی برخوردار است.

## ۱-۲-۱. وضعیت آب جهان

مقدار آب موجود در جهان، دو سوم کره زمین را تشکیل می‌دهد که تنها حدود ۳ درصد این آب، شیرین و قابل مصرف می‌باشد و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ به ۲.۵ درصد برسد. از این مقدار آب شیرین موجود حدود ۷۰ درصد آن بصورت یخ در قطب شمال و جنوب و یا بصورت آب‌های زیرزمینی با عمق بیش از ۲۰۰۰ متر می‌باشد.

برای توجیه مقدار کم آب شیرین و قابل مصرف در کره زمین برای مردم جهان، یونسکو در گزارشات ارائه شده در این خصوص اعلام نموده است که اگر کل آب کره زمین را یک گالن فرض نماییم، کل آب شیرین به اندازه یک قاشق چایخوری می‌باشد که این موضوع نشان دهنده اهمیت درست مصرف کردن و مدیریت صحیح این منبع در جهان می‌باشد.

توزیع منابع آب شیرین و قابل مصرف موجود در جهان نیز بطور یکنواخت نمی‌باشد، بطوری که ۶۰ درصد منابع آب شیرین در ۹ کشور: کانادا، چین، کلمبیا، پرو، برزیل، روسیه، ایالات متحده آمریکا، اندونزی و هند قرار گرفته است و در مقابل حدود ۸۰ کشور جهان با کمبود آب مواجه هستند بطوری که برخی از آنها تقریباً به هیچ منبع آب شیرین قابل توجهی دسترسی ندارند. مانند: کویت، بحرین، مالت، امارات متحده عربی، سنگاپور، اردن و لیبی. (بابایی فر و کلامی‌هریس، ۱۳۹۰)

## ۱-۲-۲. وضعیت آب کشور ایران

کشور ایران جز نواحی خشک و نیمه خشک کره زمین محسوب می‌گردد و مقدار بارندگی و حجم آب آن به اندازه کافی نبوده و نیز ریزش‌های جوی به طور یکسان در کشور فرو نمی‌بارد و میزان بارندگی در برخی مناطق بیشتر و در برخی مناطق کمتر می‌باشد. بطوری که میانگین بارندگی در سطح کشور ۲۵۰