

شماره
تاریخ
پست

جمهوری اسلامی ایران



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده منابع طبیعی علوم پایه



باسمه تعالی
تاییدیه اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

بدین وسیله گواهی می‌شود آقای سعید خسروی یکی بزر چلبوی دانشجوی رشته مهندسی آبخیزداری در تاریخ ۹۲/۳/۴ از پایان نامه ۶ واحدی خود با عنوان: تحلیل منطقه ای تداوم جریان با استفاده از روش های هوشمند و معمول در حوزه آبخیز دریاچه نمک، دفاع کرده است. اعضای هیأت داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا بررسی کرده و پذیرش آنرا برای دریافت درجه کارشناسی ارشد تأیید می‌نمایند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنمای اصلی	دکتر مهدی وفاخواه	استادیار	
استاد ناظر (داخلی)	دکتر سید حمیدرضا صادقی	استاد	
استاد ناظر (داخلی)	دکتر حمیدرضا مرادی	دانشیار	
استاد ناظر (خارجی)	دکتر محمود حبیب‌نژاد روشن	استاد	
نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر رضا عرفانزاده	استادیار	

کتابخانه نام‌نویسی
پلاک نام‌نویسی
شماره پستی: ۴۴۳۱۴-۴۵۶۱
تلفن: ۰۲۱-۲۵۳۲۱۱۰۰
پلاک: ۲۵۳۲۲۹
davar_yml@modares.ac.ir
www.modares.ac.ir

آیین نامه 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، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عنوان پایان نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ 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 دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می‌باشد.

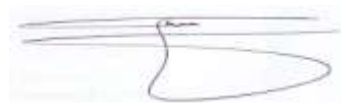
تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی به صورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب و یا نرم افزار و یا آثار ویژه حاصل از نتایج پایان نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه‌های مصوب انجام شود.

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

ماده ۵- این آیین نامه 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 لازم الاجرا است. اینجانب سعید خسروبیگی بزرگ‌نویس دانشجوی رشته مهندسی آبخیزداری ورودی سال تحصیلی ۱۳۹۰ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان نامه/ رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق‌الذکر به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع به نام بنده و یا هرگونه 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 هرگونه اعتراض را از خودم سلب نمودم.

تاریخ و امضا: ۱۳۹۲/۳/۴



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 قبلاً 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 نگارنده در رشته **مهندسی آبخیزداری** است که در سال **۱۳۹۲** در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای **دکتر مهدی وفاخواه** 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، تأدیه 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 **سعید خسروبیگی بزچلویی** دانشجوی رشته **مهندسی آبخیزداری** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

سعید خسروبیگی بزچلویی

تاریخ و امضا: ۱۳۹۲/۳/۴





دانشکده منابع طبیعی

گروه مهندسی آبخیزداری

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان

تحلیل منطقه‌ای تداوم جریان با استفاده از روش‌های هوشمند و معمول در حوزه آبخیز

دریاچه نمک

نگارنده

سعید خسروبیگی بزچلویی

استاد راهنما

دکتر مهدی وفاخواه

خرداد ۱۳۹۲

این پایان نامه را ضمن تشکر و سپاس بی کران و در کمال افتخار و امتنان تقدیم می‌نمایم به:

محضر ارزشمند پدر و مادر عزیزتر از جانم

و خواهران و برادران مهربانم

و استادان فرزانه و فریخته‌ام

بسی شایسته است از زحمات بی دریغ، تلاش های بی وقفه و راهنمایی های ارزشمند
استاد بزرگوار و کرامی ام جناب آقای دکتر مهدی وفاخواه نهایت تقدیر و تشکر را
داشته باشم.

از اساتید محترم داور پایان نامه جناب آقایان دکتر سید حمید رضا صادقی، دکتر حمید
رضا مرادی و دکتر محمود حبیب نژاد روشن به سبب مطالعه ی دقیق و ارائه نقطه
نظرات ارزشمند خویش و هم چنین جناب آقای دکتر رضا عرفان زاده نماینده
محترم تحصیلات تکمیلی نهایت تقدیر و سپاسگزاری را دارم.

باسپاس فراوان از همکلاسی های عزیزم و هم اتاقی های مهربانم اسین فاخر نیکچه، محمد
طاهری یخفروزانی، سید جواد هاشمی و محمد علی ذاکری.

چکیده

این مطالعه در ۳۳ حوزه آبخیز منتخب با طول دوره مشترک آماری ۲۱ ساله از میان تمامی حوزه‌های آبخیز موجود در حوزه آبخیز دریاچه نمک، برای تحلیل منطقه‌ای تداوم جریان انجام شد. پس از تهیه منحنی‌های تداوم جریان، دبی‌های با فراوانی ۲ تا ۹۹ درصد به عنوان متغیر وابسته تعیین گردیدند. از میان ۱۸ متغیر مستقل، شش عامل مساحت، طول آبراهه اصلی، ارتفاع متوسط وزنی، تراکم زهکشی، درصد سازندهای نفوذپذیر و درصد اراضی مرتعی به عنوان عوامل مهم با استفاده از تحلیل عاملی مشخص شدند. با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی - فازی تطبیقی و رگرسیون چند متغیره غیر خطی به تحلیل منطقه‌ای تداوم جریان پرداخته شد. نتایج نشان داد که شبکه عصبی - فازی تطبیقی با ضریب تبیین ۰/۸۱ تا ۰/۹۹، ریشه میانگین مربعات خطا ۰/۰۱ تا ۲/۲۵ متر مکعب بر ثانیه و ضریب کارایی ۰/۷۶ تا ۰/۹۶ نسبت به شبکه عصبی مصنوعی با ضریب تبیین ۰/۴۷ تا ۰/۹۸، ریشه میانگین مربعات خطا ۰/۰۳ تا ۵/۶۲ متر مکعب بر ثانیه و ضریب کارایی ۰/۴۴ تا ۰/۹۳ و رگرسیون چند متغیره غیرخطی با ضریب تبیین ۰/۰۲ تا ۰/۴۹، ریشه میانگین مربعات خطا ۰/۰۴ تا ۷/۴۷ متر مکعب بر ثانیه و ضریب کارایی ۱/۳۷- تا ۰/۴۲ با دقت بالایی منحنی تداوم جریان را برآورد کرده است. همچنین با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، حوزه‌های آبخیز همگن تعیین گردید به طوری که کلیه حوزه‌های آبخیز در دو گروه همگن قرار گرفتند و با استفاده از شبکه عصبی - فازی تطبیقی و رگرسیون چند متغیره غیر خطی به تحلیل منطقه‌ای تداوم جریان در هر گروه همگن پرداخته شد. نتایج نشان داد که در هر دو منطقه همگن شبکه عصبی - فازی تطبیقی نسبت به رگرسیون چند متغیره غیر خطی منحنی تداوم جریان را با خطای کمتر و دقت بالاتر برآورد کرده است.

واژه‌های کلیدی: منحنی تداوم جریان، تحلیل عاملی، رگرسیون چند متغیره غیر خطی، شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی-تطبیقی، تحلیل خوشه‌ای، آنالیز منطقه‌ای.

فصل اول: مقدمه و کلیات	
۱	۱-۱ مقدمه.....
۳	۲-۱-۱ اهداف تحقیق.....
۳	۲-۱-۱ سوالات تحقیق.....
۴	۴-۱-۱ فرضیه‌های تحقیق.....
۴	۲-۱ کلیات.....
۴	۱-۲-۱ مشخصات کلی منحنی تداوم جریان.....
۵	۲-۲-۱ عوامل موثر بر دبی‌های تداوم جریان.....
۵	۳-۲-۱ احتمال تجربی دبی‌های تداوم جریان.....
۵	۳-۱ مفاهیم.....
۵	۱-۳-۱ آنالیز منطقه ای.....
۶	۲-۳-۱ منحنی تداوم جریان.....
۶	۳-۳-۱ تجزیه و تحلیل خوشه‌ای.....
۶	۴-۳-۱ تجزیه و تحلیل عاملی.....
۶	۵-۳-۱ آزمون متمایز کننده.....
۷	۶-۳-۱ رگرسیون چند متغیره.....
۷	۷-۳-۱ شبکه عصبی مصنوعی.....
۸	۸-۳-۱ شبکه عصبی فازی- تطبیقی.....
۸	۹-۳-۱ تعداد و نوع توابع عضویت.....
۸	۱-۹-۳-۱ تابع عضویت دوزنقه‌ای.....
۹	۲-۹-۳-۱ تابع عضویت گوسی.....
۹	۳-۹-۳-۱ تابع عضویت ناقوس تعمیم یافته.....
۱۰	۴-۹-۳-۱ تابع عضویت چند جمله‌ای.....
۱۰	۱۰-۳-۱ متغیر.....
فصل دوم: پیشینه تحقیق	
۱۱	۱-۲ مقدمه.....
۱۱	۲-۲ مطالعات انجام شده در خارج از کشور.....
۱۳	۳-۲ مطالعات انجام شده در داخل کشور.....
۱۴	۳-۲ جمع‌بندی.....

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۱۵	.....	۱-۳ خصوصیات منطقه تحقیق.....	
۱۶	.....	۲-۳ روش تحقیق.....	
۱۷	.....	۱-۲-۳ انتخاب ایستگاه های آب‌سنجی مناسب.....	
۲۳	.....	۲-۲-۳ پالایش آماری داده‌ها.....	
۲۳	.....	۳-۲-۳ جمع آوری اطلاعات و ویژگی‌ها.....	
۲۳	.....	۱-۳-۲-۳ استخراج متغیرهای فیزیوگرافی.....	
۲۶	.....	۲-۳-۲-۳ متغیرهای اقلیمی.....	
۲۹	.....	۳-۳-۲-۳ زمین شناسی.....	
۳۲	.....	۴-۳-۲-۳ متغیرهای کاربری اراضی.....	
۳۲	.....	۴-۲-۳ محاسبه دبی با تداوم‌های مختلف.....	
۳۳	.....	۵-۲-۳ تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها.....	
۳۳	.....	۱-۵-۲-۳ تجزیه و تحلیل عاملی.....	
۳۴	.....	۲-۵-۲-۳ تعیین حوزه‌های آبخیز همگن.....	
۳۵	.....	۳-۵-۲-۳ شبکه عصبی مصنوعی.....	
۳۷	.....	۴-۵-۲-۳ شبکه عصبی - فازی تطبیقی.....	
۳۹	.....	۵-۵-۲-۳ رگرسیون چند متغیره غیر خطی.....	
۴۰	.....	۶-۵-۲-۳ تحلیل حساسیت.....	
۴۰	.....	۷-۵-۲-۳ ارزیابی مدل‌ها.....	

فصل چهارم: نتایج

۴۲	.....	۱-۴ مقدمه.....	
۴۲	.....	۲-۴ انتخاب ایستگاه‌های مناسب.....	
۴۴	.....	۳-۴ تعیین متغیرهای مستقل ایستگاه‌های آب‌سنجی منتخب.....	
۴۹	.....	۴-۴ تعیین متغیرهای وابسته.....	
۴۹	.....	۵-۴ انتخاب توزیع مناسب منطقه‌ای.....	
۵۰	.....	۶-۴ نتایج تجزیه و تحلیل عاملی.....	
۵۳	.....	۷-۴ نتایج شبکه عصبی مصنوعی.....	
۵۶	.....	۸-۴ نتایج شبکه عصبی - فازی تطبیقی.....	
۵۹	.....	۹-۴ نتایج رگرسیون چند متغیره غیر خطی.....	
۶۴	.....	۱۰-۴ تعیین مناطق همگن هیدرولوژیک.....	
۶۶	.....	۱۱-۴ آزمون متمایز کننده.....	

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۶۷	۱۲-۴ نتایج شبکه عصبی- فازی تطبیقی در گروه‌های همگن.....
۷۰	۱۳-۴ نتایج رگرسیون چند متغیره غیر خطی در گروه‌های همگن.....
۷۹	۱۴-۴ تحلیل حساسیت.....
فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری	
۸۰	۱-۵ مقدمه.....
۸۰	۲-۵ بحث.....
۸۰	۱-۲-۵ انتخاب متغیر.....
۸۱	۲-۲-۵ تجزیه و تحلیل عاملی.....
۸۳	۳-۲-۵ انتخاب توزیع مناسب منطقه‌ای.....
۸۴	۴-۲-۵ انتخاب بهترین مدل.....
۸۶	۳-۵ جمع‌بندی.....
۸۷	۴-۵ پیشنهادها.....
۸۸	منابع.....

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

۱۶	..... شکل ۱-۳ موقعیت حوزه آبخیز دریاچه نمک در سطح کشور
۱۷	..... شکل ۲-۳ نمودار جریانی روش تحقیق
۳۶	..... شکل ۳-۳ ساختار شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده در این تحقیق
۳۸	..... شکل ۴-۳ ساختار شبکه عصبی فازی-تطبیقی مورد استفاده در این تحقیق
۶۲	..... شکل ۱-۴ منحنی تداوم جریان در ایستگاه‌های آب‌سنجی مربوط به مرحله آزمون
۶۵	..... شکل ۲-۴ نمودار سلسله مراتبی برای تعیین مناطق همگن هیدرولوژیک
۶۶	..... شکل ۳-۴ آزمون توابع متمایز کننده جهت تایید مناطق همگن انتخابی
۶۷	..... شکل ۴-۴ نقشه مناطق همگن هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز مورد مطالعه
۷۴	..... شکل ۵-۴ منحنی تداوم جریان در ایستگاه‌های آب‌سنجی گروه همگن اول مربوط به مرحله آزمون
۷۶	..... شکل ۶-۴ منحنی تداوم جریان در ایستگاه‌های آب‌سنجی گروه همگن دوم مربوط به مرحله آزمون

فهرست جداول

صفحه

عنوان

۱۹	جدول ۱-۳ دوره مشترک آماری دبی روزانه برای ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود در حوزه آبخیز دریاچه نمک
۲۷	جدول ۲-۳ معادله گرادیان دما در نواحی مختلف حوزه آبخیز دریاچه نمک
۳۰	جدول ۳-۳ درصد سازندهای دوران‌های مختلف در حوزه‌های آبخیز منتخب
۴۳	جدول ۱-۴ خصوصیات جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب آب‌سنجی در حوزه آبخیز دریاچه نمک
۴۵	جدول ۲-۴ متغیرهای فیزیوگرافی، اقلیمی، کاربری اراضی و زمین شناسی ایستگاه‌های آب‌سنجی منتخب
۵۰	جدول ۳-۴ امتیازهای محاسبه شده برای توزیع‌های گوناگون با تداوم‌های مختلف برای منطقه مورد مطالعه
۵۱	جدول ۴-۴ مقادیر ویژه واریانس توجیه شده
۵۱	جدول ۵-۴ ماتریس وزنی عاملی دوران یافته با روش وارمیکس
۵۴	جدول ۶-۴ نتایج حاصل از شبکه عصبی مصنوعی
۵۷	جدول ۷-۴ نتایج حاصل از شبکه عصبی - فازی تطبیقی
۶۰	جدول ۸-۴ نتایج حاصل از رگرسیون چند متغیره غیر خطی
۶۸	جدول ۹-۴ نتایج حاصل از شبکه عصبی - فازی تطبیقی در گروه همگن اول
۶۹	جدول ۱۰-۴ نتایج حاصل از شبکه عصبی - فازی تطبیقی در گروه همگن دوم
۷۱	جدول ۱۱-۴ نتایج حاصل از رگرسیون چند متغیره غیر خطی برای گروه همگن اول
۷۲	جدول ۱۲-۴ نتایج حاصل از رگرسیون چند متغیره غیر خطی برای گروه همگن دوم
۷۹	جدول ۱۳-۴ تحلیل حساسیت به منظور تعیین موثرترین متغیر ورودی

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

در سراسر جهان مدیریت منابع آب، یک شرط اساسی برای توسعه اجتماعی و اقتصادی محسوب می‌شود (صادقی، ۱۳۷۶). از سوی دیگر، با افزایش جمعیت و پیشرفت تکنولوژی و نیاز روزافزون به آب، مشکل کمبود آب جدی بوده و برای مقابله با این مشکل باید مدیریت مناسبی بر منابع آب اعمال شود (عبدی و مختاری، ۱۳۸۴). یکی از مشکلات مدیریت منابع آب این است که در بسیاری از موارد داده‌های مشاهده‌ای دبی در دسترس نیست و یا از لحاظ کیفیت و کمیت کافی نیستند که این عامل طرح‌های مدیریت منابع آب را با مشکل روبه‌رو می‌کند (Castellarin و همکاران، ۲۰۰۷). برای جمع‌آوری اطلاعات، نیاز به ایستگاه‌های آب‌سنجی می‌باشد که هزینه احداث ایستگاه‌ها زیاد و نیاز به مدت زمان طولانی برای جمع‌آوری اطلاعات دارد. به همین خاطر این نیاز توسط انجمن بین‌المللی هیدرولوژی به رسمیت شناخته شده و پیش‌بینی در حوزه‌های آبخیز بدون آمار به عنوان دستور کار پژوهش برای دهه‌های آینده به تصویب رسیده است. همچنین در جهان بسیاری از حوزه‌های آبخیز، فاقد آمار یا دارای نواقص آماری هستند. با توجه به دست‌کاری‌های بشر، پیش‌بینی در این حوزه‌های آبخیز بسیار سخت می‌باشد. هیدرولوژیست‌ها برای حل این مشکل از ابزاری با عنوان تحلیل منطقه‌ای^۱ استفاده می‌کنند (Bloschl و Sivapalan، ۱۹۹۷). انتقال اطلاعات هیدرولوژیکی حوزه‌ی آبخیز دارای

^۱Regional Analysis

آمار به حوزه‌ی آبخیز فاقد آمار یا دارای آمار ناقص تحلیل منطقه‌ای نامیده می‌شود (Hall و Minns، ۱۹۹۹).

منحنی تداوم جریان^۱ رابطه بین دبی و بزرگی آن را نشان می‌دهد. شکل منحنی تداوم جریان بیان‌گر ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوزه آبخیز است، منحنی تداوم جریان یکی از روش‌های ارزنده و دارای اطلاعات مفید است که تمامی دبی‌های رودخانه اعم از کم و جریان سیلابی را نمایش می‌دهد. این منحنی رابطه بین مقادیر دبی و درصد زمانی که این دبی مساوی و یا بیش‌تر از آن است را به نمایش می‌گذارد (Smakhtin، ۲۰۰۱). منحنی تداوم جریان دراستحصال منابع آب (McMahon و Mein، ۱۹۸۶)، طراحی نیروگاه‌های برقایی (Warnick، ۱۹۹۴)، تحلیل سازه‌های انحراف جریان (Pitman، ۱۹۹۳)، ارزیابی کیفیت آب (Vogel و Fennessey، ۱۹۹۴)، ارزیابی محیط اکولوژیکی رودخانه (Boker و Dunbar، ۲۰۰۴) و ارزیابی کمی اقدامات آبخیزداری (صادقی و همکاران، ۱۳۸۳) به کار می‌رود.

یکی از روش‌های نو ظهور در حل مسایل مهندسی برای مدل‌سازی سیستم‌هایی که دارای پیچیدگی زیاد و داده‌های کافی از آن موجود نیست، استفاده از مدل‌های جعبه سیاه از جمله تئوری مجموعه‌های فازی^۲ و شبکه عصبی مصنوعی^۳ می‌باشد. مزیت اصلی این روش‌ها نسبت به روش‌های رایج (رگرسیون) این است که در مدت زمان نسبتاً کوتاهی قادر به بررسی تاثیر انواع پارامترهای در دسترس بر فرآیند مورد بررسی می‌باشند، بدون آن که در هر مرتبه نیاز به یافتن رابطه‌ی پیچیده ریاضی موجود بین پارامترهای منتخب باشد. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی اولین بار توسط French (۱۹۹۲) در بحث‌های مربوط به منابع آب بیان گردید و پس از آن به طور چشم‌گیری در این زمینه از شبکه عصبی استفاده

^۱ Flow Duration Curve

^۲ Fuzzy Logic

^۳ Artificial Neural Network (ANN)

شد (French و همکاران، ۲۰۰۳). تحقیقات متعددی در رابطه با استفاده از هوش مصنوعی در مدل‌سازی بارش-رواناب (Sajikumar و همکاران، ۱۹۹۹؛ El-Shafie و همکاران ۲۰۱۱)، تحلیل فراوانی سیل (Shu و Bum، ۲۰۰۴)، پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی (Shirmohammadi و همکاران، ۲۰۱۳؛ Moosavi و همکاران، ۲۰۱۳) و پیش‌بینی دبی روزانه و ماهانه (Wang و همکاران، ۲۰۰۹؛ Vafakhah، ۲۰۱۲) انجام شده است و این روش به عنوان روشی کارآمد و برتر برای تخمین متغیرهای مختلف هیدرولوژیکی معرفی شده است.

۱-۲ اهداف تحقیق

در این تحقیق اهداف زیر مد نظر می‌باشد:

- ۱- تعیین مهم‌ترین عوامل موثر در دبی‌های منحنی تداوم جریان در حوزه آبخیز دریاچه نمک.
- ۲- مقایسه تحلیل منطقه‌ای دبی‌های منحنی تداوم جریان با استفاده از روش‌های معمول (رگرسیون) و هوشمند در حوزه آبخیز دریاچه نمک.

۱-۱-۳ سوالات تحقیق

به منظور رسیدن به اهداف تحقیق، سوالات زیر در تحقیق حاضر در نظر گرفته شده است:

- ۱- مهم‌ترین عوامل موثر در تخمین دبی‌های منحنی تداوم جریان کدام است؟
- ۲- آیا شبکه عصبی- فازی تطبیقی کارایی بالاتری نسبت به شبکه عصبی مصنوعی و روش معمول (رگرسیون) در تحلیل منطقه‌ای دبی‌های منحنی تداوم جریان دارد؟

۴-۱-۱ فرضیه‌های تحقیق

فرضیه‌های زیر در این تحقیق با توجه به سوالات تحقیق مد نظر می‌باشد:

۱- مهم‌ترین عوامل موثر در دبی‌های منحنی تداوم جریان مساحت و درصد نفوذپذیری سازندها در حوزه آبخیز دریاچه نمک می‌باشد.

۲- شبکه عصبی- فازی تطبیقی کارایی بالاتری نسبت به شبکه عصبی مصنوعی و روش‌های معمول در تحلیل منطقه‌ای دبی‌های منحنی تداوم جریان در حوزه آبخیز دریاچه نمک دارد.

۲-۱ کلیات

۱-۲-۱ مشخصات کلی منحنی تداوم جریان

به طور کلی شکل منحنی تداوم جریان (منحنی دبی کلاسه) نشان دهنده ویژگی‌های هیدرولوژیکی آبخیز است (Smakhtin, ۲۰۰۱). منحنی تداوم جریان برای پاسخ و رفتار هیدرولوژیکی حوزه آبخیز بسیار مفید هستند. شکل این منحنی شاخصی برای پاسخ حوزه آبخیز به بارش و همچنین نشان دهنده ویژگی‌های ذخیره‌ای حوزه آبخیز، اثر پستی و بلندی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی است. فایده اصلی این منحنی ساده و محاسبه سریع آن است. این منحنی برای خلاصه کردن نتایج پیچیده منابع آب و پتانسیل اثرات تغییرات اقلیمی بر سیستم‌های منابع آب استفاده می‌شود. منحنی تداوم جریان اغلب برای نشان دادن گرافیکی اثرات متفاوت منطقه‌ای زمین شناسی، اقلیم و فیزیوگرافی بر ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوزه آبخیز است. در این منحنی دبی در مقابل احتمال وقوع قرار می‌گیرد. برای رسم منحنی تداوم جریان دبی‌های مربوط به هر ایستگاه به صورت نزولی بر روی محور Yها و احتمال وقوع تجربی که از روابط تجربی به دست می‌آید در محور Xها نمایش داده می‌شود.

۲-۲-۱ عوامل موثر بر دبی‌های تداوم جریان

به طور کلی عوامل متعددی در طول یک دوره بر دبی‌های تداوم جریان اثر می‌گذارد که شامل عوامل آب و هوایی، عوامل مورفولوژیکی، عوامل فیزیوگرافی، عوامل زمین‌شناسی و عوامل انسانی می‌باشد (Smakhtin, ۲۰۰۱).

۲-۲-۳ احتمال تجربی دبی‌های تداوم جریان

احتمال وقوع رویدادها را می‌توان با محاسبه احتمال تجربی آن‌ها و تعیین توزیع آماری مناسب تخمین زد. روابط متعددی برای محاسبه احتمال تجربی ارائه شده است (مهدوی، ۱۳۸۶). از بین روابط تعیین احتمال تجربی داده‌ها، رابطه ویبول^۱ بیش‌تر به کار برده می‌شود که برای همه توزیع‌ها قابل استفاده است (Maidment, ۱۹۹۳).

۳-۱ مفاهیم

آشنایی با مفاهیم، تعاریف و اصطلاحات علمی به کار رفته در هر تحقیق باعث سهولت در بیان و فهم بهتر اصول کار، اهداف و نتایج تحقیق خواهد بود. بر این اساس، در ادامه به ذکر پاره‌ای از مهم‌ترین واژه‌ها و اصطلاحات به کار رفته در این تحقیق پرداخته خواهد شد.

۱-۳-۱ آنالیز منطقه‌ای

انتقال ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز دارای آمار به حوزه‌های آبخیز فاقد آمار یا دارای آمار ناقص را آنالیز منطقه‌ای می‌نامند (Hall و Minns, ۱۹۹۹).

^۱ Weibull

۱-۳-۲ منحنی تداوم جریان

منحنی تداوم جریان نشان دهنده رابطه‌ای بین دبی رودخانه و درصدی از روزهای سال است که در آن دبی رودخانه بالاتر یا پایین‌تر از این مقدار مشخص می‌باشد که این منحنی در برنامه‌ریزی‌های تامین آب شرب برای اهداف برق آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Castellarin و همکاران، ۲۰۰۴).

۱-۳-۳ تجزیه و تحلیل خوشه‌ای^۱

عبارت از جستجو و سازماندهی اطلاعات به منظور تعیین گروه‌هایی از موضوعات است که افراد داخل یک گروه از جنبه‌هایی مشابه و با افراد گروه‌های دیگر نامشابه هستند (اسلامیان و همکاران، ۱۳۸۳).

۱-۳-۴ تجزیه و تحلیل عاملی^۲

این روش برای کاهش تعداد متغیرهای مورد نیاز به تعداد کمی از شاخص‌های طرح‌ریزی شده است. این شاخص‌ها مولفه‌های اصلی نامیده شده و ترکیب خطی متغیرهای اولیه به شمار می‌آیند (زارع چاهوکی، ۱۳۹۰).

۱-۳-۵ آزمون متمایز کننده^۳

این روش برای تعیین تفاوت بین گروه‌ها، تعیین اهمیت آماری تئوری تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، تعیین منابع عمده تفاوت‌های داخلی گروه و ایجاد تعداد سیستم که به موجب آن موضوعات ملاحظه نشده یا نامشخص، با کم‌ترین خطا تقسیم‌بندی شوند، استفاده می‌شود (Carroll و همکاران، ۲۰۰۹).

¹ Cluster Analysis

² Factor Analysis

³ Discriminant Analysis