دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: مهندسی آب

عنوان:

تحلیل و ارزیابی عملکرد شبکه عصبی مصنوعی در تخمین رواناب نظر به تغییر اقلیم

استاد راهنما:

دکتر محمد صادق صادقیان

استاد مشاور:

دکتر محمدرضا بازرگان لاری

پژوهشگر:

آرش یوسف دوست

تابستان ۱۳۹۳

تقدیم به:

پدر و مادرم گرامی‌ام؛

که نخستین آموزگارانم بودند،

و خواهر عزیزم؛

که در تمام لحظات زندگی همراه و مشوق من بوده است،

و به تمام آموزگاران و اساتیدی که راه و رسم اندیشیدن و پژوهش را به من آموختند...

و به آنان در راه دانستن می‌کوشند

و دانش و آگاهی را ترویج می‌دهند؛

و آنان که پرسش، جستجو و پژوهش را ارج می‌نهند،

و آنان که به جای اندیشه، درست اندیشیدن را می‌آموزند...

تشکر و قدردانی:

اکنون که به یاری خداوند این پژوهش به مرحله ارائه و انتشار رسیده است، بر خود واجب می‌دانم از اساتید گرامی، آقایان «دکتر محمدصادق صادقیان» و «دکتر محمدرضا بازرگان لاری» که به‌عنوان اساتید راهنما و مشاور، افتخار بهره‌مندی از محضر، کمک‌ها و راهنمایی‌های ارزشمندشان را داشتم و استاد بزرگوار، جناب آقای «دکتر حسین صدقی» که این افتخار را نصیب من ساختند تا به‌عنوان استاد داور بر این پژوهش نظارت داشته باشند، صمیمانه‌ترین سپاس‌ها و قدردانی‌ها را از به‌جا آوردم؛ همچنین مثل همیشه از پدر و مادر عزیزم که در تمام فراز و نشیب‌ها صبورانه و بزرگوارانه در کنارم بودند، خواهر مهربانم، «مهندس آیسن یوسف دوست» و دوست گرامی، جناب آقای «مهندس علی فرخنده کیش» که مرا در این پژوهش صمیمانه و مشفقانه یاری نمودند از صمیم قلب سپاسگزارم. درپایان جا دارد از تمام عزیزانی که در این راه این حقیر را یاری نمودند و نیز کلیه پژوهشگرانی که در آینده این اثر را بررسی خواهند نمود یا مبنای پژوهشی دیگر قرار خواهند داد سپاسگزاری کنم. امیدوارم این پژوهش بتواند راهگشای پژوهشگران و مطالعات بیشتر باشد و توانسته باشم در راه اعتلای علم و گسترش دانش، گامی هرچند کوچک، اما مفید برداشته باشم.

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب **آرش یوسف‌دوست** دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته به شماره دانشجویی **۹۰۰۷۴۶۷۱۸** در رشته **مهندسی عمران–مهندسی آب** که در تاریخ **۱۳۹۳/۶/۲۳** از پایان نامه خود تحت عنوان: **تحلیل و ارزیابی عملکرد شبکه عصبی مصنوعی در تخمین رواناب نظر به تغییر اقلیم** با کسب نمره **۲۰** و درجه **عالی** دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم :

۱- این پایان نامه حاصل تحقیق وپژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده ودر مواردی که از دستاوردهای علمی وپژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه ، کتاب ، مقاله و...) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه های موجود ،نام منبع مورد استفاده وسایر مشخصات آن را در فهرست ذکر ودرج کرده ام .

۲- این پایان نامه قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح ، پایین تر یا بالاتر) درسایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است .

۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل ، قصد استفاده وهرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب ، ثبت اختراع و ....از این پایان نامه داشته باشم ، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم .

۴- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود ، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط ومقررات رفتار نموده ودر صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت .

نام ونام خانوادگی : آرش یوسف‌دوست

تاریخ و امضاء: ۱۳۹۳/۶/۲۳

بسمه تعالی

درتاریخ : ۱۳۹۳/۶/۲۳

دانشجو کارشناسی ارشد آقای / خانم آرش یوسفدوست از پایان نامه خود دفاع نموده وبا نمره ۲۰ بحروف بیست و با درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت .

امضاء استاد راهنما

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و کلیات ۱

۱-۱. مقدمه ۲

۱-۲. بیان مسئله ۳

۱-۳. اهمیت موضوع تحقیق ٤

۱-٤. اهداف تحقیق ٦

۱-۵. روش تحقیق و گردآوری اطلاعات ۷

۱-٦. تعاریف ۷

۱-٦-۱. چرخه هیدرولوژیکی ۷

۱-٦-۲. تغییر اقلیم ۱۱

۱-۷. روابط بین متغیرهای مورد مطالعه ۱۲

۱-۷-۱. مروری بر عوامل مؤثر رواناب ۱۲

۱-۷-۲. مروری بر عوامل مؤثر بر تغییر اقلیم ۱٤

فصل دوم: مروری بر سوابق وتحقیقات گذشته ۱۵

۲-۱. مقدمه ۱٦

۲-۲. سوابق پژوهش‌ها و تحقیقات گذشته ۱٦

۲-۲-۱. تاریخچه عمومی ۱٦

۲-۲-۲. تاریخچه اختصاصی ۱۸

فصل سوم: متدولوژی ۳٦

۳-۱. مقدمه ۳۷

۳-۲. مقدمه‌ای بر مدل‌های بارش رواناب ۳۷

۳-۲-۱. نگرش‌های متداول در مدل‌سازی بارش – رواناب ۳۸

۳-۲-۲. مدل‌های بارش- رواناب بر مبنای فیزیکی ٤۰

۳-۲-۳. مدل‌های بارش – رواناب مفهومی ٤۲

۳-۲-٤. مدل‌های بارش – رواناب تجربی ٤۳

۳-۳. مقدمه‌ای بر داده‌کاوی ٤۵

۳-۳-۱. آشنایی با روش‌های داده‌کاوی ٤٦
۳-۳-۱-۱. دسته بندی ٤٧
۳-۳-۱-۲. تخمین ٤٨
۳-۳-۱-۳. پیش‌بینی ٤٨
۳-۳-۱-٤. گروه بندی شباهت یا قوانین وابستگی ٤٩
۳-۳-۱-٥. خوشه‌بندی ٤٩
۳-۳-۱-٦. نمایه سازی ٤٩
۳-٤. مقدمه‌ای بر شبکه‌های عصبی ٥٠
۳-٤-۱. آشنایی با شبکه‌های عصبی ٥٠
۳-٤-۱-۱. شبکه‌های عصبی طبیعی (بیولوژیک) ٥١
۳-٤-۱-۲. شبکه‌های عصبی مصنوعی ٥٣
۳-٤-۲. مزایای شبکه‌های عصبی مصنوعی ٥٤
۳-٤-۳. معایب شبکه‌های عصبی ٥٦
۳-٤-٤. آشنایی با ساختار شبکه عصبی مصنوعی ٥٧
۳-٤-٤-۱. مدل ریاضی نورون ٥٧
۳-٤-٤-۲. ساختار کلی شبکه‌های عصبی مصنوعی ٥٩
۳-٤-٤-۲-۱. ورودی‌ها ٦١
۳-٤-٤-۲-۲. وزن‌ها ٦١
۳-٤-٤-۲-۳. تابع جمع ٦١
۳-٤-٤-۲-٤. توابع انتقال (محرک) ٦٢
۳-٤-٤-۲-٥. خروجی ٦٤
۳-٤-٥. تقسیم‌بندی شبکه‌های عصبی مصنوعی ٦٥
۳-٤-٥-۱. انواع شبکه عصبی مصنوعی بر مبنای روش آموزش ٦٥
۳-٤-٥-۱-۱. وزن ثابت ٦٥
۳-٤-٥-۱-۲. آموزش بدون سرپرست ٦٥
۳-٤-٥-۱-۳. آموزش با سرپرست ٦٦
۳-٤-٥-۱-٤. آموزش تقویتی ٦٦
۳-٤-٥-۲. انواع شبکه‌ها ازنظر برگشت‌پذیری ٦٦

۳-٤-٥-٢-١. شبکه‌های پیش‌خور ٦٧
۳-٤-٥-٢-٢. شبکه‌های پس‌خور ٦٨
۳-٤-٥-٢-٣. شبکه‌های برگشتی ٦٧
۳-٤-٥-٣. انواع شبکه عصبی مصنوعی برمبنای توپولوژی ٦٩
۳-٤-٥-٣-١. شبکه عصبی پرسپترون ٦٩
۳-٤-٥-٣-٢. شبکه عصبی هاپفیلد ٧١
۳-٤-٥-٣-٣. شبکه عصبی همینگ ٧٢
۳-٤-٥-٣-٤. شبکه عصبی خود سازمانده مدل کوهنن ٧٣
۳-٤-٥-٣-٥. شبکه عصبی المن ٧٤
۳-٤-٥-٣-٦. شبکه عصبی تأخیر زمانی ٧٥
۳-٤-٥-٤. انواع شبکه عصبی مصنوعی بر مبنای ایستایی و پویایی ٧٦
۳-٤-٦. نگاهی به برخی از قوانین آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی ٨١
۳-٥. مقدمه‌ای بر تغییر اقلیم ٨٤
۳-٥-١. آشنایی با تغییر اقلیم ٨٤
۳-٥-٢. تغییر اقلیم و مخاطرات پیش رو ٨٦
۳-٥-٣. اثرات تغییر اقلیم بر دما و بارش ٨٩
۳-٥-٤. سناریوهای تغییر اقلیم در دوره‌های آتی ٩٠
۳-٥-٥. سناریوهای غیر اقلیمی ٩٠
۳-٥-٦. سناریوهای اقلیمی ٩٢
۳-٥-٦-١. مدل‌های گردش عمومی جو ٩٣
۳-٥-٦-٢. شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی توسط مدل‌های AOGCM در دوره‌های گذشته (پایه)
و آتی ٩٥
۳-٥-٧. کوچک‌مقیاس سازی ٩٦
۳-٥-٨. کوچک‌مقیاس سازی تناسبی ٩٧
۳-٥-٩. معیارهای صحت سنجی و اعتبار سنجی نتایج ٩٩

فصل چهارم: منطقه موردمطالعه و آماده‌سازی اطلاعات ۱۰۱
٤-۱. مقدمه ۱۰۲
٤-۲. معرفی منطقه مطالعاتی ۱۰۲
٤-۳. ایستگاه‌های مورد مطالعه و آماده سازی داده‌ها ۱۰٦

فصل پنجم: ساختار مدل و اجرای آن ۱۱۲
٥-۱. مقدمه ۱۱۳
٥-۲. مدل مولد شبکه‌های عصبی با استفاده از داده‌کاوی و تکنولوژی جدید ۱۱۳
٥-۲-۱. پردازش در serverهای متعدد ۱۱٤
٥-۲-۲. استفاده بهینه از تکنولوژی‌های پردازشگرهای جدید ۱۱٤
٥-۲-۳. استفاده از GPU برای پردازش موازی و غیرخطی ۱۱٥
٥-۲-٤. سازوکار مدل مولد شبکه‌های عصبی مصنوعی بر پایه داده‌کاوی ۱۱٦
٥-۳. ساختار مدل ۱۱٦
٥-٤. اجرای مدل ۱۱۹
٥-٥. نتایج مدل ۱۲۰
٥-٦. استفاده از مدل‌های AOGCM در شبیه‌سازی بارش و دمای حوضه ۱٤۱
٥-۷. تخمین رواناب نظر به تغییر اقلیم ۱٤٦

فصل ششم: تجزیه و تحلیل و نتیجه گیری ۱٤۹
٦-۱. تحلیل و بررسی کارایی مدل‌های تولیدشده توسط مدل مولد ۱٥۰
٦-۲. تحلیل و بررسی ورودی‌ها و نقش داده‌کاوی ۱٥۸
٦-۳. تحلیل و بررسی مدل‌های شبکه عصبی برتر ازنظر معیارهای اعتبار سنجی ۱٥۲
٦-٤. تحلیل و بررسی مدل‌های شبکه عصبی برتر از نظر ساختاری ۱٥۷
٦-٥. تحلیل و بررسی مدل‌های شبکه عصبی برتر نهایی ۱٥۷
٦-٦. تحلیل نتایج شبکه‌های عصبی برگزیده نظر به تغییر اقلیم ۱٥۹
٦-۷. نتایج حاصل از تحلیل نتایج مدل تغییر اقلیم ۱٦۱
٦-۸. جمع‌بندی ۱٦۳
فصل هفتم: پیشنهادات ۱٦٥
منابع و مراجع ۱۷۰

فهرست جداول

جدول ۳-۱. برخی توابع انتقال (محرک) متداول شبکه‌های عصبی مصنوعی ٦٢

جدول ۳-۲. تأثیرات کلی تغییر اقلیم بر آسیا بنا بر پیش‌بینی IPCC ۸۸

جدول ۳-۳. مشخصات کلی چهار خانواده سناریوهای انتشار ۹۲

جدول ۳-٤. مشخصات شش مدل AOGCM موجود در DDC مربوط به گزارش چهارم ارزیابی IPCC ۹٦

جدول ٤-۱. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری حوضه بالادست طالقان ۱۰۷

جدول ٤-۲. دوره مشترک آماری بین ایستگاه‌های موردمطالعه ۱۰۷

جدول ٤-۳. میانگین ٤۰ ساله ماهانه دبی ایستگاه گلینک ۱۱۰

جدول ۵-۱. شبکه‌های عصبی Temporal و Non-Temporal قابل استفاده در مدل به تفکیک ۱۱۷

جدول ۵-۲. مدل‌های برتر با توجه به ضریب همبستگی..... ۱۳۱

جدول ۵-۳. مدل‌های برتر با توجه به معیار MAE..... ۱۳۲

جدول ۵-٤. مدل‌های برتر با توجه به معیار NMAE ۱۳۳

جدول ۵-۵. مدل‌های برتر با توجه به معیار RMSE ۱۳٤

جدول ۵-٦. مدل‌های برتر با توجه به معیار NRMSE ۱۳۵

جدول ۵-۷. مدل‌های برتر هر اجرا با توجه به کلیه معیارهای اعتبارسنجی ۱۳۷

جدول ۵-۸. برترین مدل از بین کلیه مدل‌های بررسی‌شده با کنترل مضاعف معیارهای اعتبارسنجی..... ۱۳۹

جدول ۵-۹. شاخص‌های عملکرد مدل‌های مختلف AOGCM نسبت به داده‌های مشاهداتی بارش و دما متوسط حوضه ۱٤٤

جدول ٦-۱. سهم ورودی‌های برتر در هر اجرا به درصد ۱٦۱

فهرست نمودارها

نمودار ۳-۱. تغییرات مشاهده‌شده متوسط دمای جهانی ۸۹
نمودار ٤-۱. میانگین بلندمدت ماهانه بارش متوسط و ایستگاه‌های منتخب ۱۰۸
نمودار ٤-۲. میانگین بلندمدت ماهانه دمای متوسط حوضه ۱۰۹
نمودار ٤-۳. سری زمانی جریان رودخانه در ایستگاه گلینک ۱۱۰
نمودار ٥-۱. نمودار ٥-۱. کاهش قابل‌توجه زمان Train توسط مدل با قابلیت استفاده از تکنولوژی‌های جدید در CPUها..... ۱۱٤
نمودار ٥-۲. مقایسه سرعت Train در CPU و GPU ۱۱٥
نمودار ٥-۳. مقایسه کارایی مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده باهم در اجرای نخست مدل ۱۲۱
نمودار ٥-٤. مقایسه کارایی مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده باهم در اجرای دوم مدل..... ۱۲۲
نمودار ٥-٥. مقایسه کارایی مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده باهم در اجرای سوم مدل ۱۲۲
نمودار ٥-٦. مقایسه کارایی مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده باهم در اجرای چهارم مدل..... ۱۲۳
نمودار ٥-۷. مقایسه ضریب همبستگی مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده باهم در اجرای نخست مدل ۱۲۳
نمودار ٥-۸ مقایسه ضریب همبستگی مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده باهم در اجرای دوم مدل ۱۲٤
نمودار ٥-۹. مقایسه ضریب همبستگی مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده باهم در اجرای سوم مدل ۱۲٤
نمودار ٥-۱۰ مقایسه ضریب همبستگی مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده باهم در اجرای چهارم مدل ۱۲٥
نمودار ٥-۱۱. مقایسه NMAE هریک از مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده در اجرای نخست مدل ۱۲٥
نمودار ٥-۱۲. مقایسه NMAE هریک از مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده در اجرای دوم مدل ۱۲٦

نمودار ۵-۱۳. مقایسه NMAE هریک از مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده در اجرای سوم مدل ۱۲۶
نمودار ۵-۱٤. مقایسه NMAE هریک از مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده در اجرای چهارم مدل ۱۲۷
نمودار ۵-۱۵. مقایسه NRMSE هریک از مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده در اجرای نخست مدل ۱۲۷
نمودار ۵-۱٦. مقایسه NRMSE هریک از مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده در اجرای دوم مدل ۱۲۸
نمودار ۵-۱۷. مقایسه NRMSE هریک از مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده در اجرای سوم مدل ۱۲۸
نمودار ۵-۱۸. مقایسه NRMSE هریک از مدل‌های شبکه عصبی بررسی‌شده در اجرای چهارم مدل ۱۲۹
نمودار ۵-۱۹. مقایسه کمی پارامترهای ورودی واقعی با پارامترهای حاصل از داده‌کاوی در فهرست پارامترهای مؤثرتر ۱۲۹
نمودار ۵-۲۰. درصد سهم بهترین ورودی‌های هر سری اجرا ۱۳۰
نمودار ۵-۲۱. درصد فراوانی انواع شبکه عصبی در میان مدل‌های برتر هر سری اجرا ۱۳٦
نمودار ۵-۲۲. درصد فراوانی الگوریتم آموزش RPROP و MOM در شبکه عصبی مصنوعی مدل‌های برتر هر سری اجرا ۱۳٦
نمودار ۵-۲۳. درصد فراوانی توابع خروجی TanH و Bias در انواع شبکه عصبی مصنوعی مدل‌های برتر هر سری اجرا ۱۳۷
نمودار ۵-۲٤. درصد فراوانی انواع شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌های برتر نهایی ۱۳۸
نمودار ۵-۲۵. درصد فراوانی انواع شبکه عصبی مصنوعی و تابع خروجی در مدل‌های برتر نهایی ۱۳۸
نمودار ۵-۲٦. درصد فراوانی ورودی دما، بارش و پارامترهای مصنوعی حاصل از داده‌کاوی در مدل‌های برتر نهایی..... ۱۳۹

نمودار ۵-۲۷. مقایسه نتایج آنالیز حساسیت هر پارامتر در مدل‌های برتر نهایی به درصد ۱۴۰
نمودار ۵-۲۸. درصد فراوانی پارامترهای ورودی برتر درمجموع مدل‌های برتر نهایی ۱۴۰
نمودار ۵-۲۹. معیارهای اعتبارسنجی مدل‌های برتر نظر به تغییر اقلیم ۱۴۱
نمودار ۵-۳۰. مقایسه عملکرد مدل‌های برتر نظر به تغییر اقلیم ۱۴۱
نمودار ۵-۳۱. میانگین ۴۰ ساله ماهانه بارش مشاهداتی مدل‌های منتخب GCM و متوسط حوضه ۱۴۳
نمودار ۵-۳۲. میانگین ۴۰ ساله ماهانه دمای مشاهداتی مدل‌های منتخب GCM و متوسط حوضه ۱۴۳
نمودار ۵-۳۳. نتایج کوچک‌مقیاس سازی داده‌های بارش به روش تناسبی در دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه ۱۴۵
نمودار ۵-۳۴. نتایج کوچک‌مقیاس سازی داده‌های دما به روش تناسبی در دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه ۱۴۶
نمودار ۵-۳۵. تخمین رواناب نظر به تغییر اقلیم ۱۴۷
نمودار ۶-۱. مقایسه حداقل و حداکثر ضریب همبستگی در مدل‌های برتر هر اجرا ۱۵۴
نمودار ۶-۲. مقایسه حداقل و حداکثر معیار اعتبار سنجی MAE در مدل‌های برتر هر اجرا ۱۵۵
نمودار ۶-۳. مقایسه حداقل و حداکثر معیار اعتبار سنجی NMAE در مدل‌های برتر هر اجرا ۱۵۵
نمودار ۶-۴. مقایسه حداقل و حداکثر معیار اعتبار سنجی RMSE در مدل‌های برتر هر اجرا ۱۵۶
نمودار ۶-۵. مقایسه حداقل و حداکثر معیار اعتبار سنجی NRMSE در مدل‌های برتر هر اجرا ۱۵۶
نمودار ۶-۶. مقایسه MAE در مدل‌های برتر نهایی در آزمون تغییر اقلیم ۱۵۹
نمودار ۶-۷. مقایسه RMSE در مدل‌های برتر نهایی در آزمون تغییر اقلیم ۱۵۹

فهرست اشکال

شکل ۱-۱. چرخه آب در طبیعت ۸
شکل ۳-۱. انواع مدل ازلحاظ نوع توزیع ٤١
شکل ۳-۲: مدل SHE (سیستم هیدرولوژیک اروپایی) ٤٢
شکل ۳-۳. ساختمان سلول عصبی ٥٢
شکل ۳-٤. مقایسه نورون و شبکه عصبی بیولوژیکی و مصنوعی ٥٤
شکل ۳-٥. ساختار یک نورون تک لایه با یک ورودی ٥٨
شکل ۳-٦. شبکه عصبی مصنوعی به‌عنوان یک سیستم ٦٠
شکل ۳-۷. مثالی ساده از لایه‌های یک شبکه عصبی مصنوعی ٦٠
شکل ۳-۸. برخی از مهم‌ترین شبکه‌های عصبی پیش‌خور، برگشتی و پس‌خور ٦٨
شکل ۳-۹. نمونه با و بدون قابلیت جدا شدن توسط یک خط راست ۷۰
شکل ۳-۱۰. تأثیر تعداد لایه‌های پرسپترون در توانایی دسته‌بندی و تشخیص الگو ۷۱
شکل ۳-۱۱. شماتیک شبکه هاپفیلد ۷۱
شکل ۳-۱۲. شبکه همینگ ۷۲
شکل ۳-۱۳. شماتیک شبکه عصبی خود سازمانده مدل کوهنن ۷٤
شکل ۳-۱٤. معماری شبکه‌های عصبی المن ۷٥
شکل ۳-۱٥. ساختار نورون‌ها در شبکه تأخیر زمانی ۷٥
شکل ۳-۱٦. یک شبکه پویای ساده همراه پس‌خورد ۷٦
شکل ۳-۱۷. یک شبکه تأخیر زمان متمرکز ۷۷
شکل ۳-۱۸. یک شبکه TDNN توزیع‌شده ۷۷
شکل ۳-۱۹. ساختارهای حافظه پیوند و محل حوزه فرکانس از قطب ۷۹
شکل ۳-۲۰. استفاده از هسته‌های Gamma در معماری MLP ۸۰
شکل ۳-۲۱. نمایی از چهار خانواده سناریوهای انتشار و عوامل محرک آن‌ها ۹۱
شکل ۳-۲۲. نحوه شبکه‌بندی مدل‌های GCM ۹٤
شکل ٤-۱. موقعیت حوضه بالادست طالقان ۱۰۲
شکل ٤-۳. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی حوضه طالقان ۱۰٦
شکل ٥-۱. ساختار کلی مدل داده‌کاوی و تعیین بهترین توپولوژی شبکه عصبی مصنوعی و ورودی‌ها ۱۱۸

فهرست تصاویر

تصویر ٤-١. کوه های طالقان جنوبی و دریاچه سد طالقان ١٠٣

تصویر ٤-٢. دریاچه سد طالقان ١٠٥

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱. مقدمه

آب به‌عنوان فراوان‌ترین ماده روی پوسته کره زمین، یکی از مهم‌ترین عوامل در جو و شکل‌گیری سطح خشکی‌ها و عاملی کلیدی در حیات روی کره زمین و تمدن بشری است، بااین‌حال، عدم شناخت صحیح رفتار آن می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری را به انسان وارد کند. بروز سیلاب‌ها می‌تواند موجب خسارات مالی و جانی بعضاً جبران‌ناپذیر شود و خشکسالی همواره یکی از تهدیدها و تنش‌های اصلی هر تمدن بشری محسوب می‌شود. در این میان توسعه نامناسب منابع آبی می‌تواند موجب خسارات قابل‌توجه به محیط‌زیست شود و پیش‌بینی نادرست میزان آب در دسترس می‌تواند سبب شکست طرح‌ها و ایجاد مشکلات و خسارات سنگینی شود که جبران عواقب آن ممکن است بسیار دشوار و حتی غیرممکن باشد؛ چنین عواملی سبب شده است توجه به علم هیدرولوژی برای هرگونه فعالیت بشری و توسعه پایدار منابع آب چنان ضروری باشد که همواره تلاش شده تا با شناسایی و استفاده از قوانین حاکم بر چرخه آب، توسعه استفاده و به‌کارگیری منابع آبی موجود طوری انجام شود که دست‌یابی به منافع در سایه توسعه پایدار تضمین گردد.

جهت مدیریت مناسب و دستیابی به توسعه پایدار در یک حوضه آبی، آشنایی کافی با رفتار آن حوضه و شناخت کامل آن‌یکی از مهم‌ترین چالش‌های هیدرولوژیست‌ها است که در این میان می‌توان گفت، ارائه روش یا مدلی مناسب برای بررسی بارش و رواناب جهت تخمین و اندازه‌گیری آب در دسترس در آن حوضه یکی از بنیادی‌ترین مراحل می‌باشد. پیچیدگی زیاد روابط حاکم بر این پدیده‌ها از یک‌سو و محدودیت زمانی شدید از سوی دیگر باعث شده است که با توجه به پیشرفت تکنولوژی، بسیاری از مطالعات و پژوهش‌های علمی به‌سوی روش‌ها و راهکارهایی هدایت شود که علاوه بر افزایش سرعت بتوانند با حداقل امکانات و اطلاعات در دسترس به‌صورت قابل قبولی پارامترهای موردنیاز برای مطالعات را برآورد کرده یا تخمین بزنند.

۱-۲. بیان مسئله

از ابتدای قرن بیستم به برآورد رواناب و میزان جریان سطحی ناشی از سیلاب توجه بیشتری صورت گرفت (شفیعی، ۱۳۸٤). در اوایل روش‌های تجربی نسبتاً ساده‌ای همچون روش‌های مفهومی و استدلالی که برای حوزه‌های کوچک مناسب بودند یا روش هیدرو گراف واحد که هنوز هم کاربرد فراوانی دارد از سوی پژوهشگران مختلف ارائه شد. از نیمه دوم قرن بیستم، روش‌های شبیه‌سازی پیشرفت چشمگیری پیدا کردند که نتایج حاصل از کاربرد بعضی از مدل‌ها با واقعیت بسیار نزدیک می‌باشد؛ بااین‌حال در این روش‌ها فرآیند غیرخطی و تصادفی بارش و رواناب بسیار ساده‌شده است، بنابراین امکان مدل‌سازی مناسب برای تغییرات زمانی و مکانی آن به‌خوبی میسر نیست. از سوی دیگر این روش‌ها و اغلب مدل‌سازی‌های انجام‌گرفته به روش‌های ریاضی، تنها بر اساس برخی پارامترهای آماری متوسط استوارند که به‌طور کامل قابل‌اطمینان نیستند(شفیعی، ۱۳۸٤).

روابط حاکم در فرآیندهای مرتبط با رواناب وابسته به مشخصات فیزیکی حوضه، نوع اقلیم و عوامل بسیاری است که معمولاً در حوضه‌های مختلف متفاوت و غیرخطی است؛ در این میان با توجه به جدید بودن مباحث مربوط به تغییر اقلیم، این روابط ازنظر زمانی و مکانی چنان تصادفی به نظر می‌رسند که تشریح و تبیین آن‌ها با مدل‌های ساده به‌راحتی امکان‌پذیر نخواهند بود(شفیعی، ۱۳۸٤). با توجه به اینکه در سال‌های اخیر با فراهم شدن امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مناسب، امکان بررسی بهتر این پدیده‌ها بیش‌ازپیش فراهم‌شده و پژوهش‌های زیادی در زمینه برآورد رواناب صورت گرفته است، در این پژوهش تلاش شده است تا در شرایط بیان‌شده و با توجه به مشکلات موجود، روشی مناسب بررسی، تحلیل و ارائه گردد.

۱-۳. اهمیت موضوع تحقیق

در سال‌های اخیر مسائلی مانند توسعه کشورها، گرمایش کره زمین، رشد جمعیت و نیاز روزافزون به آب، اهمیت مدیریت و برنامه‌ریزی در زمینه منابع آب را بیش‌ازپیش مطرح ساخته است؛ بنابراین اهمیت دسترسی به اطلاعات قابل‌اعتماد و کافی برای تحلیل، برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت هر پروژه

آبی ضروری و غیرقابل‌انکار است و در این میان آگاهی از میزان رواناب قابل‌دسترسی در هر حوضه، به‌عنوان یکی از ورودی‌های اصلی یک سیستم آبی و سایر اطلاعات مربوط به مقادیر جریان در نقاط مختلف یک رودخانه یا حوضه آبریز بسیار حائز اهمیت است. بدیهی است در صورت دسترسی به این آمار و اطلاعات، می‌توان نقش مؤثری در تخمین جریان رودخانه‌ها، تولید انرژی، کنترل سیل، تنظیم نیازهای آبی و آبیاری، آبزی‌پروری، کشاورزی، بازیافت، زهکشی و سایر مباحث مربوط به مدیریت بهره‌برداری، توزیع و توسعه پایدار منابع آبی آب ایفا نمود. به‌عنوان‌مثال در برنامه‌ریزی‌هایی مانند بهره‌برداری از مخازن سدها، معمولاً طراح بر اساس دبی رودخانه و دبی پایین‌دست، با تکیه‌بر تجربیات خود برای ماه‌های مختلف، برنامه‌ای را برای بهره‌برداری از مخازن ارائه می‌نماید. در مدیریت مخازن نیز معمولاً مدیر مخزن، دبی تقریبی رودخانه در ماه‌های آتی را بر اساس داده‌های تاریخی و مشاهدات تجربی پیش‌بینی می‌کند. همچنین ممکن است بر اساس وضع نزولات جوی مانند برف و باران در بالادست سد، مقدار دبی رودخانه را در ماه‌های آینده پیش‌بینی کند. در چنین پیش‌بینی‌هایی نیاز به در دست داشتن آمار و اطلاعات دقیق و قابل‌اعتمادی از پارامترهای موردنیاز برای بررسی دارد و در صورت استفاده از روش‌های خطی نمی‌تواند به‌صورت مناسبی اثرات تغییر اقلیم را در میزان رواناب قابل ایجاد و درنتیجه دبی در دسترس موردبررسی قرار دهد. در چنین برنامه‌هایی با توجه به این‌که از آمار و رفتار رودخانه در آینده اطلاعات دقیقی در دسترس نیست، میزان دبی رودخانه در زمان‌های مختلف به یکی از مهم‌ترین، حساس‌ترین و پیچیده‌ترین پارامترها تبدیل می‌شود که پیش‌بینی بهتر آن یقیناً تأثیر بسیار مؤثری در این برنامه‌ریزی خواهد داشت (شفیعی، ۱۳۸٤)؛ بنابراین تخمین بهتر میزان رواناب و پیش‌بینی آن برای آینده عامل مهمی در مدیریت یکپارچه منابع آب و توسعه پایدار منابع آب خواهد بود و پژوهش در زمینه برآورد رواناب خصوصاً در زمینه توسعه مدل‌های کارا در صورت تغییر اقلیم همواره می‌تواند گامی مؤثر در موفقیت چنین پروژه‌هایی داشته و مطالعات جدید در این زمینه همواره موردنیاز و توجه خواهد بود. از سوی دیگر در طراحی پروژه‌های آبی معمولاً از آمار دبی آبراهه‌ها و رودخانه‌ها جهت به دست آوردن دبی طرح استفاده می‌شود، بااین‌حال در بسیاری از مناطق دنیا مانند ایران، معمولاً پژوهشگران، طراحان و مهندسان به علت کمبود، نقص یا نبود اطلاعات و