«پاسخ هر سوالی را که می خواهید بدانید در طبیعت یافت می شود. تمامی آنچه باید بدانید این است که چگونه سوال را طرح کنید و چگونه پاسخ را تشخیص دهید»

"The power of one" by Brayce Courenay

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی آب

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته منابع آب

عنوان

مدل‌سازی بارش- رواناب با استفاده از روش‌های فراکاوشی ژئومورفولوژیکی در حوضه آبریز صوفی‌چای

استادان راهنما

دکتر یعقوب دین پژوه **دکتر محمد علی قربانی**

استادمشاور

دکتر احمد فاخری فرد

پژوهشگر

پریسا عباسعلی پور بشاش

بهمن ۱۳۹۰ **شماره: ۲۵-۱۳۹۰**

تقدیم به:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم . . .

موهایشان سپید شد تا ما روسفید شویم . . .

و عاشقانه سوختند تا گرما بخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند . . .

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

سپاس

حمد و سپاس بزرگ آموزگاری را که اول است پیش از ایجاد جهان و آخر است پس از زوال جهان. ستایش او را که میل به رشد و یادگیری را در وجود آدمی قرار داد و یاریم نمود تا در مسیر علم و دانش گام کوچکی بردارم. مجموعه حاضر مدیون حمایت و تلاش بزرگوارانی است که در جهت پیشبرد این تحقیق مرا از الطاف بدریغ خویش بهرمند ساختند. بر خود لازم می دانم که تلاش ایشان را ارج نهم.

از اساتید راهنمای گرانقدرم جناب **آقای دکتر دین پژوه** و جناب **آقای دکتر قربانی** که همواره از حمایت های علمی و معنوی خود در این پایان نامه مرا بهره مند ساختند کمال تشکر و قدردانی را دارم. از جناب **آقای دکتر فاخری فرد** که مشاوره این مجموعه را بر عهده داشتند و در تمامی مراحل، بی دریغ مرا در دانسته های خود شریک کردند سپاس گزارم و همچنین از **سرکار خانم دکتر دربندی** که داوری این پایان نامه را قبول زحمت فرمودند کمال تشکر را دارم.

از همکاری جناب **آقای مهندس روشنایی** که در امر گردآوری داده های مربوطه، مرا یاری نمودند قدردانی می نمایم. از تمامی دوستان و همکلاسی های عزیزم به پاس همکاری و همفکری صمیمانشان در طی این دوره، کمال تشکر را دارم. در نهایت صمیمانه ترین و مخلصانه ترین سپاس گزاری ها را به خانواده عزیزم که در تمامی لحظات پشتیبان من بودند، تقدیم می نمایم.

نام خانوادگی دانشجو: عباسعلی پور بشاش **نام:** پریسا

عنوان پایان نامه: مدلسازی بارش- رواناب با استفاده از روش‌های فراکاوشی ژئومورفولوژیکی در حوضه صوفی چای

استادان راهنما: دکتر یعقوب دین پژوه دکتر محمدعلی قربانی

استاد مشاور: دکتر احمد فاخری فرد

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** کشاورزی **گرایش:** منابع آب **دانشگاه:** تبریز

دانشکده: کشاورزی **تاریخ فارغ التحصیلی:** بهمن ۹۰ **تعداد صفحه:** ۱۷۳

کلید واژه: برنامه‌ریزی بیان ژن، خصوصیات ژئومورفولوژیکی، شبکه عصبی مصنوعی، صوفی چای، هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی

چکیده:

در دهه‌های اخیر در کشور ما، نیاز به پیش‌بینی دقیق و سریع رواناب به علت افزایش تعداد سیلاب‌ها به شدت افزایش یافته است. بنابراین توسعه و اجرای روش‌های مناسب برای پیش‌بینی رواناب از روی داده‌های بارش بسیار ضروری به نظر می‌رسد. ولی با توجه به کمبود داده‌های مورد اعتماد در حوضه‌های آبریز، ارائه مدل‌هایی که بتواند این نقیصه را جبران نموده و تا حدودی ژئومورفولوژیک حوضه را نیز وارد مدلسازی نماید احساس می‌گردد. یکی از این اقدامات، در جهت یافتن یک ارتباط قوی بین هیدروگراف واحد با ساختار فیزیکی آن، مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی GIUH می‌باشد. این مدل، حوضه را به صورت یک سیستم خطی فرض کرده و مستقل از عمق جریان و یا واقعه بارش می‌باشد و روشی سریع برای برآورد دبی سیلاب‌ها بخصوص در حوضه‌های فاقد آمار می‌باشد. اما در دهه‌های اخیر، مطالعات بیشتر به سمت روش‌های الهام گرفته از طبیعت همچون شبکه‌های عصبی مصنوعی و برنامه‌ریزی بیان ژن سوق داده شده است. هدف از این تحقیق ترکیب دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و برنامه‌ریزی بیان ژن با مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی و تولید دو مدل شبکه عصبی ژئومورفولوژیکی (GAAN) و برنامه‌ریزی بیان ژن ژئومورفولوژیکی (GGEP) بعنوان مدل جدید جهت پیش‌بینی فرآیند بارش – رواناب در حوضه صوفی چای می‌باشد. در تحقیق حاضر با استفاده از این ابزارها، ارتباط بین بارش، رواناب و تاثیرخصوصیات ژئومورفولوژیکی بر روی این فرآیند پیچیده، استخراج و بررسی شد و در آن از ٤ واقعه بارش – رواناب جهت آموزش و ۲ واقعه جهت تست عملکردشان مورد استفاده قرار گرفت. همچنین در استخراج روابط در مدل GGEP علاوه بر صوفی‌چای، از اطلاعات چهار حوضه دیگر

شامل دیزناب، لیقوان، کمانج و سهزاب بهره گرفته شد. مقایسه مقادیر محاسباتی با مقادیر متناظر مشاهداتی، نشان داد هر سه مدل، قابلیت شبیه‌سازی خصوصیات کلی هیدروگراف را دارند ولی دو مدل فراکاوشی GANN و GGEP به دلیل استفاده از مقادیر رواناب در گام‌های زمانی پیشین بعنوان ورودی باعث افزایش عملکرد بهتر آنها در تخمین دبی اوج و زمان رسیدن به اوج، نسبت به مدل GIUH شده است. با وجود نزدیکی نتایج دو مدل GANN و GGEP به یکدیگر، مدل GGEP بدلیل تولید یک رابطه صریح و ساده ریاضی، بعنوان مدل نهایی حوضه مربوطه انتخاب گردید.

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲- اهداف تحقیق ٤

۱-۳- ساختار کلی پایان‌نامه ٥

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- چرخه هیدرولوژی ۷

۲-۲- تعریف پیش‌بینی و افق‌های زمانی آن ۸

۲-۳- مراحل مختلف مدلسازی ۹

۲-٤- مدل‌های بارش – رواناب ۹

۲-٤-۱- مدل‌های تجربی (جعبه سیاه) ۱۰

۲-٤-۲- مدل‌های مفهومی (جعبه خاکستری) ۱۱

۲-٤-۳- مدل‌های فیزیکی (جعبه سفید) ۱۱

۲-٤-٤- مدل‌های توزیعی و یکپارچه ۱۲

۲-٥- هیدروگراف و هیدروگراف واحد ۱۳

۲-٥-۱- هیدروگراف واحد مصنوعی ۱٥

۲-٥-۲- هیدروگراف واحد لحظه‌ای ۱٦

۲-٦- مطالعات انجام شده در جهان ۱۷

۲-٦-۱- هیدروگراف واحد لحظه‌ای و ژئومورفولوژیکی ۱۷

۲-۷ شبکه‌های عصبی مصنوعی ۲٤

۲-۸- شبکه عصبی ژئومورفولوژیکی(GANN) ۳۱

۲-۹- برنامه ریزی ژنتیک و برنامه‌ریزی بیان ژن ۳٦

فصل سوم: مواد و روشها

۳-۱- منطقه مورد مطالعه ٤٥

۳-۲- داده های مورد استفاده ٤٦

۳-۳- استخراج پارامترهای ژئومورفولوژیکی ٥۰

۳-۳-۱- استخراج رابطه بین ضریب ذخیره و پارامترهای ژئومورفولوژیکی منطقه ای ٥۰

۳-۳-۱-۱- حوضه لیقوان ٥۱

۳-۳-۱-۲- حوضه سهزاب ٥۱

عنوان **صفحه**

۳-۳-۱-۳- حوضه کمانج ۵۲
۳-۳-۱-٤- حوضه دیزناب ۵۲
۳-٤- ارتباط ژئومورفولوژی با هیدرولوژی حوضه ۵۵
۳-٤-۱- قوانین ژئومورفولوژیکی هورتون ٥٦
۳-٤-۱- ۱- قانون نسبت انشعاب(R_B) ۵۷
۳-٤-۱-۲- قانون نسبت طول (R_L) ۵۸
۳-٤-۱-۳- قانون نسبت مساحت (R_A) ۵۹
۳-۵- هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی ٦۰
۳-٦- شبکه عصبی مصنوعی ٦۵
۳-٦-۱- ساختار کلی شبکه عصبی ٦٦
۳-٦-۲- آموزش شبکه ٦٦
۳-٦-۲-۱- روش‌های آموزش ٦۷
۳-٦-۳- توابع محرک ٦۸
۳-٦-۳-۱- تابع سیگموئید ٦۸
۳-٦-٤- انواع مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی ٦۹
۳-٦-٤-۱- شبکه عصبی پیشرو ۷۰
۳-٦-٤-۲- شبکه عصبی پرسپترون چند لایه ۷۱
۳-٦-٤-۳- روش پس انتشار خطا ۷۱
۳-٦-۵- پیش تحلیل داده‌ها در شبکه عصبی مصنوعی ۷۳
۳-٦-۵-۱ نرمالسازی داده‌ها ۷۳
۳-٦-۵-۲ تقسیم بندی داده‌ها ۷۳
۳-۷- شبکه عصبی ژئومورفولوژیکی ۷٤
۳-۷-۱- خروجی شبکه عصبی ژئومورفولوژیکی ۷۷
۳-۷-۲- مشخصات کلی شبکه عصبی ژئومورفولوژیکی ۷۷
۳-۸- روش محاسباتی تکاملی ۷۸
۳-۸-۱- الگوریتم‌های ژنتیک (GAs) ۷۸
۳-۸-۲- برنامه‌ریزی ژنتیک (GP) ۷۹
۳-۸-۲-۱- عملگرهای برنامه‌ریزی ژنتیک ۸۰
۳-۸-۳- برنامه‌ریزی بیان ژن (GEP) ۸۳

عنوان **صفحه**

۳-۸-۳-۱- مراحل اصلی در برنامه‌ریزی بیان ژن..... ۸۳
۳-۸-۳-۲- عملگرهای برنامه‌ریزی بیان ژن..... ۸۶
۳-۸-۳-۳- ویژگیهای برنامه‌ریزی بیان ژن..... ۸۸
۳-۸-۳-٤- معماری افراد GEP..... ۸۹
۳-۸-۳-٤-۱-ORF و بیان درختی (ET) ژنها..... ۸۹
۳-۸-۳-٤-۲- ساختار ژن‌ها در برنامه‌ریزی بیان ژن..... ۹۲
۳-۸-۳-٤-۳- کروموزوم‌های چند ژنی و توابع پیوند..... ۹٦
۳-۸-۳-٤-٤- تابع برازش..... ۹۸
۳-۸-۳-۵ روند شبیه‌سازی هیدروگراف رواناب در برنامه‌ریزی بیان ژن..... ۹۹
۳-۹- برنامه‌ریزی بیان ژن مبتنی بر ژئومورفولوژیک حوضه GGEP..... ۱۰۰
۳-۱۰- نرم‌افزارهای مورد استفاده در این تحقیق..... ۱۰۳
۳-۱۰-۱- نرم‌افزار Arc GIS ۱۰۳
۳-۱۰-۲- شبکه عصبی مصنوعی..... ۱۰٤
۳-۱۰-۳- برنامه‌ریزی بیان ژن..... ۱۰٤
۳-۱۱- معیارهای ارزیابی..... ۱۰۵

فصل چهارم: نتایج و بحث

٤-۱- هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی حوضه صوفی چای..... ۱۰۸
٤-۱-۱- زمان نگه‌داشت حوضه آبریز صوفی‌چای..... ۱۱۳
٤-۱-۲- بررسی نتایج در دو مرحله واسنجی و تست..... ۱۱۸
٤-۲-مدل‌بندی شبکه عصبی مصنوعی ژئومورفولوژیکی در حوضه صوفی‌چای..... ۱۱۹
٤-۲-۱- انتخاب نوع شبکه عصبی و الگوریتم آموزش در حوضه مورد مطالعه..... ۱۲۲
٤-۲-۲- نتایج حاصله از شبکه عصبی ژئومورفولوژیکی..... ۱۲۳
٤-۲-۳- نتایج مدل شبکه عصبی ژئومورفولوژیکی در دو مرحله آموزش و شبیه‌سازی..... ۱۲۸
٤-۳- برنامه‌ریزی بیان ژن..... ۱۲۹
٤-۳-۱- انتخاب ترکیب‌های مختلف ورودی..... ۱۳۱
٤-۳-۲- استخراج رابطه بین KB و پارامترهای ژئومورفولوژیکی..... ۱۳۵
٤-۳-۳- نتایج مدل برنامه‌ریزی بیان ژن در دو مرحله آموزش و تست..... ۱٤۰
٤-۳-٤-مقایسه عملکرد کلی سه مدل GIUH، GANN و GGEP در مدل‌بندی بارش-رواناب در حوضه..... ۱٤۱

عنوان **صفحه**

٤-٤- جمع‌بندی..... ١٤٣
٤-٥- پیشنهادات..... ١٤٥
منابع..... ١٤٧
واژه نامه..... ١٦٠

ضمائم

الف- کد نویسی مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی در محیط *Matlab* ١٦٢
ب- هیدروگراف واحد نیم تا سه‌ساعته استخراجی(بازای *KB* بهینه) با استفاده از کد نوشته شده مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی در محیط *Matlab*..... ١٦٦
ج- File شبکه عصبی مصنوعی موجود در محیط *Matlab* با اعمال تغییراتی به منظور ثابت نگه داشتن وزن‌ها بین لایه میانی و لایه خروجی طبق مدل GANN ١٦٧
د- خروجی GEP در مرحله آموزش در شبیه‌سازی فرآیند بارش رواناب در حوضه صوفی چای..... ١٧٠
ه- خروجی GEP برای استخراج رابطه بین *KB* و پارامترهای ژئومورفولوژیکی..... ١٧٢

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- مشخصات رگبارهای مشاهداتی انتخاب شده در این مطالعه..... ٤٧
جدول ۳-۲- مشخصات هیدروگراف رواناب مستقیم متناظر با رویدادهای انتخاب شده..... ٤٧
جدول ۳-۳- مشخصات جغرافیایی و مساحت حاصله از روش تیسن برای هر کدام از ایستگاه‌ها..... ٤٩
جدول۳-٤- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد استفاده برای استخراج رابطه بین KB و پارامترهای ژئومورفولوژی..... ٥١
جدول ۳-٥- مشخصات رگبارهای مشاهداتی و هیتوگرافهای بارش موثر حوضه‌های مورد استفاده..... ٥٤
جدول ۳-٦- مشخصات هیدروگراف‌های رواناب مستقیم مشاهداتی متناظر با رویدادهای انتخابی..... ٥٤
جدول۳-۷- مشخصات برنامه‌ریزی بیان ژن در تحقیق حاضر..... ١٠٠
جدول ٤-۱- مشخصات آبراهه ها در حوضه آبریز صوفی چای..... ١١٢
جدول ٤-۲- احتمال انتقال جریان بر روی سطح هر کدام از زیر حوضه ها یا داخل آبراهه ها با درجهi..... ١١٢
جدول ٤-۳- مقادیر احتمال انتخاب هر کدام از مسیرها برای انتقال آب از آبراهه‌ها و سطح زمین..... ١١٣
جدول ٤-٤- مقادیر بهینه زمان نگه‌داشت حوضه، KB محاسباتی بازای هر کدام از وقایع در واسنجی..... ١١٥
جدول ٤-٥- نتایج ارزیابی مدل GIUH در مرحله واسنجی و تست..... ١١٨
جدول ٤-٦- ساختار شبکه عصبی ژئومورفولوژیکی مورد استفاده در مدل‌بندی بارش- رواناب در صوفی چای. ١٢٣
جدول ٤-۷- ارزیابی مدل GANN بازای ترکیبات مختلف ورودی‌های شبکه در صوفی چای..... ١٢٤
جدول ٤-۸- نتایج ارزیابی مدل GANN در مرحله آموزش شبکه و شبیه‌سازی..... ١٢٨
جدول ٤-۹- ترکیبات مختلف ورودی‌های برنامه‌ریزی بیان ژن در مرحله آموزش مدل..... ١٣٢
جدول ٤-١٠- مشخصات ژئومورفولوژکی و متوسط زمان نگهداشت حوضه‌های مربوطه..... ١٣٥
جدول ٤-١١- نتایج ارزیابی مدل GGEP در مرحله آموزش شبکه و شبیه‌سازی در حوضه صوفی چای..... ١٤٠

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱- نحوه مراحل مختلف نقل و انتقال آب در چرخه هیدرولوژیکی..... ۸
شکل ۲-۲- طبقه‌بندی مدل‌های هیدرولوژیکی (لانگ، ۱۹۹۹)..... ۱۰
شکل۲-۳- ساختار شبکه عصبی مصنوعی ژئومورفولوژیکی..... ۳۳
شکل ۲-٤- ساختار شبکه عصبی مصنوعی ژئومورفولوژیکی در برآورد جریان سطحی و زیر سطحی..... ۳۵
شکل۳-۱- موقعیت جغرافیایی حوضه صوفی چای در استان آذربایجان شرقی..... ٤٦
شکل ۳-۲- چند ضلعی‌های تیسن استخراج شده بین ایستگاه‌ها با استفاده از Arc GIS..... ٤۹
شکل۳-۳ – موقعیت جغرافیایی حوضه‌های کمانج علیا ، لیقوان، بستان آباد و سهزاب ۵۳
شکل۳-٤- تصویر شماتیک سه بعدی از نحوه انتقال جریان از سطوح شیب دار و آبراهه‌ها به سمت خروجی حوضه..... ۵٦
شکل ۳-۵- درجه‌بندی آبراهه‌ها به روش استراهلر (رودریگوئز ایتورب و والدز، ۱۹۷۹)..... ۵۷
شکل ۳-٦- تاثیر نسبت انشعاب حوضه‌های مختلف بر هیدروگراف سیل (علیزاده، ۱۳۸۵)..... ۵۸
شکل ۳-۷- نحوه انتقال جریان از آبراهه‌ها با درجات مختلف (لی و چانگ، ۲۰۰۵)..... ٦۱
شکل ۳-۸- ساختار روش شبکه‌های عصبی مصنوعی در آموزش شبکه..... ٦۷
شکل ۳-۹- انواع الگوهای مختلف شبکه عصبی مصنوعی..... ٦۹
شکل ۳-۱۰- شمای کلی شبکه‌های پیشرو سه لایه..... ۷۰
شکل ۳-۱۱- ساختار مدل شبکه عصبی مصنوعی ژئومورفولوژیکی (GANN)..... ۷٦
شکل ۳-۱۲- ترکیب درختی در برنامه‌ریزی ژنتیک (پیکانها نشان‌دهنده نقاط ترکیب هستند)..... ۸۰
شکل ۳-۱۳- جهش درختی در برنامه‌ریزی ژنتیک (پیکان نقطهٔ جهش را نشان می‌دهد)..... ۸۱
شکل ۳-۱٤- جایگشت در برنامه‌ریزی ژنتیک (پیکان نقطهٔ جایگشت را نشان می‌دهد)..... ۸۱
شکل ۳-۱۵- مثالی از یک رویداد فرضی در جهش نقطه‌ای در برنامه‌ریزی ژنتیک (درخت ایجاد شده ساختار نامعتبر دارد)..... ۸۲
شکل ۳-۱٦- طرحواره برنامه‌ریزی بیان ژن..... ۸۵
شکل ۳-۱۷- کدگذاری به فرم رشته خطی و کدبرداری بصورت ET مربوط به یک کروموزوم با دو ژن..... ۹۰
شکل ۳-۱۸- دیاگرام مربوط به بیان درختی (ET) رابطه $\sqrt{(a+b)*(c-d)}$ ۹۰
شکل ۳- ۱۹- بیان درختی رابطه ۳-۲٦..... ۹۱
شکل ۳-۲۰- بیان درختی رابطه ۳-۲۸..... ۹٤
شکل ۳-۲۱- بیان درختی رابطه ۳-۲۹..... ۹٤
شکل ۳-۲۲- بیان درختی رابطه ۳-۳۰..... ۹۵

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۲۳-a) ژن‌های رابطه ۲-۷ به صورت بیان درختی b) نتیجه پیوند سه ژن..... ۹۷
شکل ٤-۱- طرحواره مراحل مختلف محاسبه هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی GIUH درحوضه صوفی چای..... ۱۰۹
شکل ٤-۲- نقشه DEM حوضه صوفی چای و درجه‌بندی آبراهه‌های آن به روش استراهلر..... ۱۱۱
شکل٤-۳- نسبت‌های هورتونی حوضه صوفی چای بدست آمده از روش ترسیمی..... ۱۱۲
شکل٤-٤ – هیدروگراف واحد یک ساعته بازای مقادیر مختلف KB ۱۱٤
شکل ٤-٥- مقایسه هیدروگراف های حاصل از مدل GIUH و هیدروگراف‌های متناظر مشاهداتی در تاریخ‌های مختلف..... ۱۱٦
شکل ٤-٦- نتایج حاصل از تست مدل GIUH و نمودار همبستگی بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی..... ۱۱۷
شکل ٤-۷- طرحواره مراحل مختلف محاسبه هیدروگراف رواناب با استفاده از شبکه عصبی ژئومورفولوژیکی..... ۱۲۰
شکل ٤-۸- اثر تعداد نرون‌ها در لایه میانی بر روی شاخص RMSE در فرآیند آموزش شبکه عصبی..... ۱۲۲
شکل ٤-۹- مقادیر مشاهداتی و محاسباتی حاصل از اجرای GANN برای رویدادهای منتخب برای آموزش در تاریخ‌های مختلف در حوضه صوفی چای..... ۱۲٦
شکل ٤-۱۰- نتایج حاصل از شبیه سازی بارش- رواناب با استفاده از GANN ۱۲۷
شکل ٤-۱۱- طرحواره مراحل مختلف محاسبه هیدروگراف رواناب با استفاده از برنامه‌ریزی بیان ژن..... ۱۳۰
شکل٤-۱۲- بیان درختی مدل GEP بدست آمده جهت شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب در حوضه صوفی چای..... ۱۳٤
شکل ٤-۱۳- بیان درختی مدل شبیه‌سازی KB بر اساس پارامترهای ژئومورفولوژیکی..... ۱۳۷
شکل ٤-۱٤- نتایج حاصل از GEP در مرحله آموزش در تاریخ‌های مختلف حوضه صوفی چای ۱۳۸
شکل ٤-۱٥- نتایج حاصل از GGEP در شبیه‌سازی و تست عملکرد مدل..... ۱۳۹
شکل ٤-۱٦- مقادیر شبیه سازی شده توسط سه مدل GIUH، GANN و GGEP در مقابل مقادیر مشاهداتی دو رویداد منتخب (۱۳۸۳/۲/٤) و (۱۳۸٦/۲/۳۱) در حوضه صوفی‌چای..... ۱٤۲

شرح	واحد	علامت یا حروف
بارش موثر	-	P
برنامه‌ریزی بیان ژن	-	GEP
برنامه‌ریزی بیان ژن مبتنی بر ژئومورفولوژیک	-	GGEP
برنامه‌ریزی ژنتیک	-	GP
بزرگترین درجه آبراهه‌ای حوضه	-	Ω
بیان درخت	-	ET
پس انتشار خطا	-	BF
پرسپترون چند لایه	-	MLP
جذر میانگین مربعات خطا	-	RMSE
دبی اوج	متر مکعب بر ثانیه	Q_p
درصد خطای دبی تا اوج	-	E_{qp}
درصد خطای زمان تا اوج	-	E_{tp}
رواناب مستقیم	-	Q
زمان	ساعت	T
زمان تا اوج	ساعت	t_p
زمان نگه داشت حوضه	ساعت	KB
زیر درخت	-	Sub-ET
شاخص نفوذ	میلی متر بر ساعت	φ
شبکه عصبی مصنوعی ژئومورفولوژیکی	-	GANN
شبکه‌های عصبی مصنوعی	-	ANN
شیب متوسط حوضه	-	S
ضریب شکل	-	FF
ضریب همبستگی	-	R^2
طول مستطیل معادل	کیلومتر	LF
طولانی‌ترین آبراهه	کیلومتر	L
عرض مستطیل معادل	کیلومتر	B

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

بهره برداری از مخازن سدها، ساماندهی رودخانه‌ها و اقدامات لازم جهت کنترل سیل نیازمند برآورد دقیق جریان رودخانه‌ها است. در یک حوضه، به عنوان یک هیدروسیستم، خطر سیل همواره حین بارش و پس از آن محتمل است. عامل تبدیل بارش مازاد به رواناب مستقیم، متاثر از پاسخ هیدرولوژیکی سطوح بالادست حوضه می‌باشد. از آنجایی که بسیاری از حوضه‌های آبریز کشور به منظور اندازه‌گیری دبی جریان آب، فاقد ایستگاه هیدرومتری هستند. هیدرولوژیست‌ها برای برآورد سیلاب حاصل از رگبارها، ناگزیر به توسعه و تدوین مدل‌های بارش- رواناب صحیح و واسنجی شده متناسب با حوضه‌های آبریز مختلف می‌باشند. یکی از این اقدامات، تلاش در جهت یافتن یک ارتباط قوی بین هیدروگراف واحد حوضه با ساختار فیزیکی آن و به ویژه مشخصات شبکه آبراهه‌ای آن است. هیدروگرافی که در خروجی حوضه آبریز شکل می‌گیرد می‌تواند مبین واکنش هیدرولوژیکی حوضه در برابر مشخصات بارش و رفتار ژئومورفولوژیکی حوضه باشد بطوری که فرم هیدروگراف جریان خروجی از حوضه تابع شرایط تعیین کننده حرکت آب در سطح زمین و آبراهه‌ها می‌باشد (قهرمان و لطفی، ۱۳۸۸). اولین مدل تحلیلی توسعه یافته برای محاسبه هیدروگراف رواناب حوضه با استفاده از پارامترهای ژئومورفولوژیکی هورتونی، مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی می‌باشد. در این مدل فرض می‌شود بارش جریان‌ساز در یک لحظه به اندازه واحد و به طور یکنواخت در سطح حوضه نازل می‌شود. بنابراین مدل بنا شده بر اساس این مفروضات مستقل از خصوصیات بارش و تلفات است (جین و سینها، ۲۰۰۳). این روش ضمن اینکه رفتارهای هیدرولوژیکی حوضه و تغییرپذیری آنها را در زمان و مکان به خوبی به تصویر می‌کشد روشی سریع و بسیار کم هزینه برای برآورد دبی سیلاب‌ها بخصوص در مورد انجام اقدامات فنی عمرانی و همچنین اجرای برنامه‌های

پیشگیرانه از خسارت سیل در حوضه‌های فاقد آمار می‌باشد. اما در دهه‌های اخیر مطالعات بیشتر بر روی روش‌های الهام گرفته شده از طبیعت همچون شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های تکاملی همچون برنامه‌ریزی ژنتیک و برنامه‌ریزی بیان ژن سوق داده شده است بطوری که می‌توان با این ابزارهای هوشمند ومنعطف، ارتباط بین متغیرهای بارش، رواناب و تاثیرخصوصیات ژئومورفولوژیکی بر روی این فرآیند پیچیده، بدون آگاهی از فیزیک سیستم استخراج و بررسی نمود. دقت و کارایی همه این مدل‌ها، مبتنی بر استخراج صحیح پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه می‌باشد که امروزه این امر با استفاده از ابزار GIS محقق می‌گردد. با استفاده از این نرم افزار می‌توان تحلیل‌های پیچیده هیدرولوژیکی را با مجموعه داده های مکانی و غیر مکانی به صورت توام برای حوضه مورد مطالعه انجام داد. با توجه به نقش پارامترهای ژئومورفولوژیکی در پاسخ هیدرولوژیکی حوضه نسبت به بارش مازاد ورودی و روابط تنگاتنگ بین آنها، در این تحقیق سعی شد تا پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه آبریز صوفی‌چای با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS و نقشه رقومی DEM منطقه مورد مطالعاتی استخراج و مدلسازی هیدروگراف واحد لحظه‌ای انجام شود. در ادامه شبکه عصبی مصنوعی مبتنی بر ژئومورفولوژیک حوضه بسط داده شد. در این تکنیک بارش و رواناب با تاخیرهای مختلف زمانی بعنوان ورودی، رواناب در زمان کنونی بعنوان خروجی مدل، در نظر گرفته شد. تعداد نرون‌ها در لایه میانی بر اساس رابطه ($۲^{\Omega-۱}$) یعنی تعداد مسیرهای هیدرولوژیکی تعیین شد که در آن Ω نشان‌دهنده آخرین درجه حوضه می‌باشد و همچنین احتمالات بدست آمده بازای هر مسیر ممکنه جریان، وزن‌های بین لایه میانی و خروجی مدل را تشکیل دادند. در این حالت بهترین ساختار شبکه بر اساس این فرضیات بدست می‌آید و دیگر نیازی به روند سعی و خطا جهت یافتن بهترین معماری شبکه نخواهد بود. و در مرحله بعدی با توجه به توانایی‌های شگرف روش‌های تکاملی از جمله برنامه‌ریزی بیان ژن،

بعنوان نسخه کامل شده برنامه‌ریزی ژنتیک، شبیه‌سازی فرآیند بارش – رواناب بر اساس پارامترهای ژئومورفولوژیکی انجام و امکان استخراج روابط صریح ریاضی بین عوامل هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی بررسی گردید. در این روش ابتدا متغیرهای بارش و رواناب با تاخیرهای زمانی و زمان نگه‌داشت حوضه که از هر رویداد به رویداد دیگر متغیر می‌باشد، بعنوان ورودی و رواناب در زمان کنونی بعنوان خروجی، وارد مدل گردید. سپس با استفاده از اطلاعات ژئومورفولوژیکی ٤ حوضه دیگر شامل سهزاب، دیزناب، کمانج علیا و لیقوان رابطه‌ای بین متوسط زمان نگه داشت حوضه‌های مذکور و پارامترهای ژئومورفولوژیکی تعیین گردید و در نهایت در رابطه حاصله از برنامه‌ریزی بیان ژن، برای شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب، به جای زمان نگه‌داشت حوضه، رابطه بین زمان نگه‌داشت حوضه و پارامترهای ژئومورفولوژیکی آن جایگزین گردید. در پایان، میزان کارایی این مدل‌ها و درصد انطباق نتایج آنها با مقادیر مشاهداتی مورد ارزیابی قرار گرفت.

۱-۲- اهداف تحقیق

اهدافی که در تحقیق حاضر در منطقه مطالعاتی حوضه صوفی‌چای، دنبال می‌شود بشرح زیر است:

- بسط مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی در حوضه
- استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی مبتنی بر خصوصیات ژئومورفولوژیکی حوضه جهت برآورد رواناب مستقیم
- بررسی امکان ارائه مدلی جهت برآورد رواناب مستقیم مبتنی بر خصوصیات ژئومورفولوژیکی حوضه در برنامه‌ریزی بیان ژن

۱-۳- ساختار کلی پایان نامه

این پایان‌نامه مشتمل بر چهار فصل می‌باشد:

فصل اول شامل مقدمه‌ای جهت معرفی روش‌های مورد استفاده و اهداف مورد نظر در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در فصل دوم به مبانی نظری تحقیق و بررسی منابع در جهان و ایران پرداخته شده است. فصل سوم متشکل از منطقه مورد مطالعه، پیش‌پردازش داده‌های مربوط به هر کدام از وقایع بارش- رواناب، تئوری مدل‌های مورد استفاده در شبیه‌سازی بارش- رواناب، نحوه بکارگیری آنها، معرفی نرم‌افزارهای مورد استفاده و معیارهای ارزیابی می‌باشد. در فصل چهارم، بررسی نتایج هر کدام از مدل‌ها و ارزیابی عملکردشان در مقایسه با مقادیر مشاهداتی صورت پذیرفته و در نهایت نتایج حاصل از این پژوهش و پیشنهادات به منظور مطالعات بعدی ارائه گردیده است.

فصل دوم

بررسی منابع