



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
دانشکده مرتع و آبخیزداری

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی منابع طبیعی- آبخیزداری

شبیه‌سازی جریان رودخانه با استفاده از مدل هیدرولوژیک توزیعی **WetSpa** در حوزه  
آبخیز چهل‌چای، استان گلستان

پژوهش و نگارش:

فاطمه یعقوبی

استاد راهنما:

دکتر عبدالرضا بهره‌مند

زمستان ۱۳۸۹



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
دانشکده مرتع و آبخیزداری

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی منابع طبیعی - آبخیزداری

شبیه‌سازی جریان رودخانه با استفاده از مدل هیدرولوژیک توزیعی **WetSpa** در حوزه  
آبخیز چهل‌چای، استان گلستان

پژوهش و نگارش:

فاطمه یعقوبی

استاد راهنما:

دکتر عبدالرضا بهره‌مند

استاد مشاور:

دکتر نادر نورا

زمستان ۱۳۸۹

برکه سبزی است تخمه درویشی تقدیم به:

اولین آموزگار زندگی ام، آنانکه به من آموختند و خواهند آموخت:

پدر بزرگوارم:

منظر عشق و تلاش. فداکاری های او رمز موفقیت هایم می باشد.

مادر عزیزم:

چشمه جوشان محبت، به او که من قسمتی از وجودش هستم، اما او تمام وجود من....

برادران کرامتدارم:

که باهدلی و بهرایی هایشان مراتب این وادی یاری نموده اند.

سرافرازی شان را از ایندستان خوانم

## تقدیر و تشکر

اعتراف می‌کنم که نه زبان شکر تو را دارم و نه توان تشکر از بندگان تو،  
و اما بر حسب وظیفه از کلیه اساتید ارجمندم در طول سالهای به یاد ماندنی شاگردیشان تشکر می‌نمایم.  
استاد راهنمای بزرگواریم جناب آقای دکتر عبدالرضا بهره‌مند و استاد مشاور ارجمندم جناب آقای دکتر  
نادر نورا خاضعانه سپاسگزارم.  
همچنین از زحمات مدیرگروه محترم جناب آقای دکتر شیخ، داوران محترم جناب آقای دکتر امیر سعدالدین  
و دکتر واحد بردی شیخ و نماینده تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر حسین وارسته تشکر می‌نمایم.  
تشکر می‌کنم از سرکار خانم مهندس آتنا کبیر که علم خود را بدون هیچ چشم‌داشتی بر من ارزانی داشتند.  
سخاوتمندی و بزرگواری ایشان متنی است ابدی.

از زحمات تمامی دوستان و همکلاسی‌های محترم به ویژه: خانم‌ها محبوبه رحیمی حاجی آبادی، اکرم  
عارفی، مهناز زارع، معصومه نصیری، محبوبه بای، کبری سازنوروز و ملیحه لکزایی صمیمانه تشکر  
می‌نمایم.

همچنین از همکاری‌های صمیمانه و بی‌دریغ پرسنل اداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،  
بخصوص مسئول محترم آموزش کارشناسی ارشد دانشکده مرتع و آبخیزداری جناب آقای مهندس چمنی  
تشکر می‌نمایم.

### چکیده

مدلسازی فرآیند بارش - رواناب در حوزه آبخیز از نقطه نظر، مدیریت منابع آب، مهندسی رودخانه، سازه‌های کنترل سیل و ذخیره سیلاب اهمیت ویژه‌ای دارد. در این راستا مدل‌های بسیاری جهت شبیه‌سازی فرآیندهای حوزه آبخیز وجود دارد که مدل‌های توزیعی از جمله آنها می‌باشند. **WetSpa** یک مدل هیدرولوژیکی - توزیعی بر پایه GIS می‌باشد که در مقیاس حوزه عمل کرده و برای پیش‌بینی سیلاب و مدیریت حوزه آبخیز توسعه یافته است. آبخیز چهل‌چای با مساحتی ۲۵۴/۹ کیلومتر مربع در شرق استان گلستان واقع شده است. کوهستانی بودن منطقه، تغییر کاربری شدید، استفاده بیش از حد از زمین و شرایط اقلیمی حاکم در منطقه مورد مطالعه در سالهای اخیر سبب وقوع سیلاب‌های مخرب در منطقه شده است. توجه به شرایط مذکور و خسارت‌های جانی و مالی وارده، اهمیت شناخت وضعیت هیدرولوژیکی منطقه را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه مدل **WetSpa** قابلیت شبیه‌سازی رواناب در تمام شبکه سلولی را دارد، هدف اصلی این تحقیق شبیه‌سازی جریان روزانه رودخانه آبخیز چهل‌چای و بررسی کارایی این مدل جهت پیش‌بینی هیدروگراف جریان می‌باشد. نقشه‌های رقومی توپوگرافی، کاربری و خاک سه نقشه اصلی مدل بوده که در قالب GIS و با پیکسل سایز ۹۰×۹۰ متر به مدل وارد شدند. مدل از لایه‌های توپوگرافی، کاربری و خاک و همچنین آمار هواشناسی روزانه برای پیش‌بینی هیدروگراف‌های سیل و توزیع مکانی پارامترهای هیدرولوژیکی حوزه استفاده می‌نماید. مدل فیزیکی بوده و قادر است فرآیندهای هیدرولوژیکی بارش، ذوب برف، ذخیره برگابی، ذخیره چالابی، رواناب سطحی، نفوذپذیری، تبخیر و تعرق، نفوذ عمقی، جریان زیر سطحی، جریان آب زیرزمینی را به طور پیوسته در زمان و مکان شبیه‌سازی نموده و تعادل آب و انرژی را در هر سلول رستری برقرار نماید. مدل برای محاسبه رواناب از روش استدلالی اصلاح شده و برای تخمین رواناب ناشی از ذوب برف از روش ضریب روز-درجه استفاده می‌نماید. جریان زیرسطحی بر مبنای قانون داری و معادله موج سینماتیکی محاسبه می‌گردد. درحالی‌که جریان آب زیرزمینی با استفاده از روش مخزن خطی و در مقیاس زیر حوزه‌های کوچک در رابطه با ذخیره آب زیرزمینی و ضریب افت آب زیرزمینی تعیین می‌گردد. رواناب در طول مسیر خود با استفاده از روش معادلات موج پخشی روندیابی می‌گردد که وابسته به شیب، سرعت جریان و خصوصیات مسیر جریان بوده و قادر است دبی جریان را در هر نقطه‌ای از پایین دست که جریان به هم می‌پیوندد، پیش‌بینی نماید. نتایج شبیه‌سازی حاکی از تطابق خوب بین هیدروگراف‌های محاسبه شده و مشاهده‌ای بودند و مدل قادر است هیدروگراف‌های روزانه را با دقت خوب و با ضریب ناش - ساتکلیف ۵۰ تا ۵۷ درصد پیش‌بینی نماید. همچنین نتایج شبیه‌سازی بیانگر این است که مدل پارامترهای هیدرولوژیکی توزیعی و بیلان آبی را به خوبی برآورد نموده، و برای برآورد دبی جریان روزانه کاربرد دارد. واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی جریان رودخانه، **WetSpa**، پیش‌بینی سیلاب، آبخیز چهل‌چای، استان گلستان

## فهرست مطالب

۲	۱- مقدمه .....
۳	۱-۱ بیان و تعریف مسأله .....
۴	۲-۱ سوالهای عمده تحقیق .....
۴	۳-۱ فرضیه .....
۵	۵-۱ معرفی عمومی فصول پایان نامه .....
۷	۲- بررسی منابع .....
۷	۱-۲ مقدمه .....
۷	۲-۲ شبیه سازی جریان رودخانه .....
۸	۱-۲-۲ مدل هیدرولوژی .....
۸	۲-۲-۲ مدل های فیزیکی .....
۸	۳-۲-۲ مدل های قیاسی .....
۸	۴-۲-۲ مدل های ریاضی .....
۹	۵-۲-۲ طبقه بندی مدلها بر اساس تغییرات مکانی .....
۱۰	۶-۲-۲ طبقه بندی مدلها بر اساس فرآیندهای موجود در یک حوزه آبخیز .....
۱۰	۳-۲ WetSpa مدل .....
۱۱	۱-۳-۲ قابلیت ها و اهداف مدل .....
۱۱	۲-۳-۲ فرضیات مدل .....
۱۲	۳-۳-۲ محدودیت های مدل .....
۱۴	۴-۲ سابقه تحقیق در زمینه شبیه سازی بارش-رواناب .....
۱۴	۱-۴-۲ سابقه تحقیق در خارج از کشور .....



۱۵	..... ۲-۴-۲ سابقه تحقیق در ایران
۱۸	..... ۳-۴-۲ سابقه تحقیق مدل WetSpa
۲۱	..... ۵-۲ جمع‌بندی
۲۳	..... ۳- مواد و روش‌ها
۲۳	..... ۱-۳ مقدمه
۲۳	..... ۲-۳ مشخصات و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
۲۴	..... ۱-۲-۳ خصوصیات فیزیوگرافی آبخیز چهل‌چای
۲۷	..... ۲-۲-۳ شبکه آبراه‌های و وضعیت رودخانه‌های آبخیز چهل‌چای
۲۸	..... ۳-۲-۳ آب و هوا
۲۸	..... ۴-۲-۳ زمین‌شناسی و ژئومرفولوژی
۴۳	..... ۵-۲-۳ خاک‌شناسی و اجزاء واحد اراضی
۴۳	..... ۶-۲-۳ بافت خاک
۴۵	..... ۷-۲-۳ ایستگاه هیدرومتری لزوره
۴۶	..... ۸-۲-۳ ایستگاه‌های بارانسنجی
۴۷	..... ۱۰-۲-۳ فرسایش و رسوب
۴۷	..... ۱۱-۲-۳ پوشش گیاهی
۴۹	..... ۳-۳ طرح تحقیق
۵۰	..... ۴-۳ جمع‌آوری آمار و اطلاعات هواشناسی و هیدرومتری
۵۰	..... ۵-۳ تشریح مدل WetSpa
۵۱	..... ۱-۵-۳ ورودی مدل WetSpa
۵۷	..... ۲-۵-۳ ساختمان مدل
۵۸	..... ۳-۵-۳ فرمولاسیون مدل

- ۶۹ ..... ۴-۵-۳ تعادل آب در ناحیه ریشه
- ۷۰ ..... ۵-۵-۳ تبخیر و تعریق از خاک
- ۷۱ ..... ۶-۵-۳ نفوذ عمقی و جریان زیرسطحی
- ۷۲ ..... ۷-۵-۳ جریان زیرسطحی
- ۷۳ ..... ۸-۵-۳ ذخیره آب زیرزمینی و آب پایه
- ۷۴ ..... ۹-۵-۳ روندیابی جریان آبراهه و جریان سطحی
- ۷۹ ..... ۶-۳ پارامترهای عمومی
- ۸۲ ..... ۷-۳ نحوه ورود داده‌ها در محیط WetSpa
- ۸۲ ..... ۱-۷-۳ سری بارش
- ۸۲ ..... ۲-۷-۳ سری تبخیر
- ۸۳ ..... ۳-۷-۳ دما
- ۸۳ ..... ۴-۷-۳ سری دبی
- ۸۴ ..... ۸-۳ پارامترهای عمومی و مشخصات خروجی‌های مکانی
- ۸۴ ..... ۱-۸-۳ پارامترهای عمومی مدل
- ۸۵ ..... ۲-۸-۳ محل و زمان مشخص برای خروجی مکانی
- ۸۶ ..... ۹-۳ خروجی مدل
- ۸۶ ..... ۱-۹-۳ خروجی متوسط مدل
- ۸۶ ..... ۲-۹-۳ میانگین مقادیر هیدرولوژیک برای هر زیرحوزه
- ۸۷ ..... ۳-۹-۳ هیدروگراف واحد لحظه‌ای
- ۸۷ ..... ۱۰-۳ خروجی نهایی
- ۸۸ ..... ۱-۱۰-۳ دبی در خروجی حوزه
- ۸۸ ..... ۲-۱۰-۳ دبی در خروجی زیر حوزه انتخاب شده

۸۸	..... ۳-۱۰-۳ تعادل آب برای کل حوزه
۸۹	..... ۳-۱۱-۱۱ واسنجی و ارزیابی مدل
۸۹	..... ۳-۱۱-۱۱ واسنجی مدل و بهینه‌سازی نتایج
۹۰	..... ۳-۱۲-۱۲ معرفی معیارهای کارایی و ارزیابی مدل
۹۱	..... ۳-۱۲-۱۱ انحراف مدل
۹۱	..... ۳-۱۲-۲ قابلیت اعتماد مدل
۹۲	..... ۳-۱۲-۳ کارایی ناش-ساتکلیف
۹۲	..... ۳-۱۲-۴ معیار کارایی ناش-ساتکلیف لگاریتمی برای ارزیابی جریان‌های پایین
۹۳	..... ۳-۱۲-۵ معیار کارایی ناش-ساتکلیف برای ارزیابی دبی‌های بالا
۹۴	..... ۳-۱۳ جمع‌بندی
۹۳	..... ۴- نتایج
۹۳	..... ۴-۱ مقدمه
۹۳	..... ۴-۲ نقشه‌های پایه
۹۳	..... ۴-۳-۱ نتایج حاصل از آماده‌سازی نقشه‌های مقدماتی از طریق GIS
۹۳	..... ۴-۳-۲ تهیه نقشه پارامترهای مکانی مربوط به توپوگرافی
۹۷	..... ۴-۳-۳ تهیه نقشه پارامترهای مکانی مربوط به خاک
۱۰۲	..... ۴-۳-۴ تهیه نقشه پارامترهای مکانی مربوط به کاربری
۱۰۷	..... ۴-۳-۵ تهیه لایه‌های ضریب رواناب پتانسیل و ظرفیت ذخیره چالابی
۱۰۹	..... ۴-۳-۶ تهیه لایه‌های مرتبط با پارامترهای روندیابی جریان
۱۱۱	..... ۴-۳-۷ تهیه لایه‌های مربوط به پلی‌گون‌های تیسن
۱۱۴	..... ۴-۴ انتخاب دوره آماری و اجرای مدل
۱۱۵	..... ۴-۵ واسنجی مدل

۱-۵-۴ نتایج حاصل از مقایسه هیدروگرافهای مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده برای دوره واسنجی (سالهای آبی ۸۱-۸۲ تا ۸۴-۸۳).....	۱۱۶
۶-۴ ارزیابی مدل هیدرولوژیکی- توزیعی WetSpa.....	۱۲۰
۷-۴ نتایج حاصل از تعیین مقادیر شاخص‌های کارایی مدل برای دوره‌های واسنجی و ارزیابی .....	۱۲۴
۸-۴ نتایج حاصل از بیلان آبی محاسبه شده توسط مدل طی دوره ارزیابی.....	۱۲۴
۹-۴ جمع‌بندی .....	۱۲۵
۵- بحث و نتیجه‌گیری .....	۱۲۷
۱-۵ مقدمه .....	۱۲۷
۲-۵ بحث و نتیجه‌گیری نتایج حاصل از این تحقیق .....	۱۲۷
۳-۵ نتیجه‌گیری .....	۱۳۱
۴-۵ پیشنهادات پژوهشی .....	۱۳۱
۴-۵ پیشنهادات اجرایی .....	۱۳۲
۱۲-۵ فهرست منابع .....	۱۳۴

## فهرست جدول‌ها

- جدول ۳-۱- ویژگیهای فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه ..... ۲۵
- جدول ۳-۲- واحدهای زمین‌شناسی در منطقه مورد نظر ..... ۴۲
- جدول ۳-۳- خصوصیات خاک‌شناسی و مساحت هر یک از اجزا واحد اراضی در آبخیز چهل‌چای ..... ۴۳
- جدول ۳-۴- مشخصات ایستگاه هیدرومتری لزوره در خروجی آبخیز چهل‌چای ..... ۴۵
- جدول ۳-۵- مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنجی در داخل و اطراف آبخیز چهل‌چای ..... ۴۶
- جدول ۳-۶- پارامترهای پیش فرض کلاس کاربری اراضی ..... ۵۴
- جدول ۳-۷- پارامترهای پیش فرض کلاس بافت خاک ..... ۵۵
- جدول ۳-۸- ضریب پتانسیل رواناب برای انواع کاربری، تیپ خاک و شیب ..... ۶۵
- جدول ۳-۹- ظرفیت ذخیره چالابی برای انواع شیب، کاربری و خاک ..... ۶۸
- جدول ۳-۱۰- نمونه‌ای از فایل سری بارش ..... ۸۲
- جدول ۳-۱۱- نمونه‌ای از فایل سری تبخیر ..... ۸۳
- جدول ۳-۱۲- نمونه‌ای از فایل سری دما ..... ۸۳
- جدول ۳-۱۳- نمونه‌ای از فایل سری دبی ..... ۸۴
- جدول ۳-۱۴- قالب پارامترهای جهانی در فایل input.txt ..... ۸۵
- جدول ۳-۱۵- مشخصات خروجی فضایی ..... ۸۶
- جدول ۳-۱۶- نمونه متوسط خروجی mean.txt ..... ۸۷
- جدول ۳-۱۷- نمونه خروجی فایل q-tot.txt ..... ۸۸
- جدول ۳-۱۸- نمونه‌ای از فایل balance.txt ..... ۸۹
- جدول ۳-۱۹- دسته‌بندی کارایی مدل WetSpa ..... ۹۴
- جدول ۴-۱- پارامترها، مقادیر اولیه و مقادیر عددی کالیبره شده توسط PEST ..... ۱۱۶
- جدول ۴-۲- مقادیر شاخص‌های کارایی مدل در دوره واسنجی (سال ۸۱-۸۲ تا ۸۳-۸۴) و ارزیابی ..... ۱۲۴

١٢٤ ..... (سال ٨٥-٨٤ تا ٨٦-٨٥)

### فهرست شکل‌ها

- شکل ۳-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (آبخیز چهل‌چای) در استان گلستان و ایران ..... ۲۴
- شکل ۳-۲- مدل رقومی ارتفاعی آبخیز چهل‌چای ..... ۲۵
- شکل ۳-۳- نقشه شیب آبخیز چهل‌چای ..... ۲۶
- شکل ۳-۴- نقشه شبکه آبراهه‌های آبخیز چهل‌چای ..... ۲۷
- شکل ۳-۵- نقشه سازندهای زمین‌شناسی حوزه چهل‌چای ..... ۴۲
- شکل ۳-۶- نقشه بافت خاک حوزه چهل‌چای ..... ۴۴
- شکل ۳-۷- مقایسه مقادیر آبهی ماهانه رودخانه چهل‌چای در طول دوره آماری ..... ۴۵
- شکل ۳-۸- نقشه کاربری اراضی آبخیز چهل‌چای (بای و همکاران، ۱۳۸۹) ..... ۴۸
- شکل ۳-۹- نمودار جریان‌ی مراحل انجام تحقیق ..... ۴۸
- شکل ۳-۱۰- ساختار مدل WetSpa ..... ۵۱
- شکل ۳-۱۱- تهیه نقشه‌های پارامترهای توزیعی مدل بر اساس سه نقشه پایه (توپوگرافی، کاربری، خاک) ... ۵۲
- شکل ۳-۱۲- ساختار مدل WetSpa در مقیاس پیکسل ..... ۵۸
- شکل ۳-۱۳- تغییرات سالانه ظرفیت ذخیره برگابی در گراس ..... ۶۳
- شکل ۳-۱۴- نمایش گرافیکی تعادل آب در خاک ..... ۶۹
- شکل ۴-۱- نقشه شبکه زهکشی حوزه آبخیز چهل‌چای ..... ۹۴
- شکل ۴-۲- نقشه شعاع هیدرولیکی حوزه آبخیز چهل‌چای ..... ۹۵
- شکل ۴-۳- نقشه طول جریان حوزه آبخیز چهل‌چای ..... ۹۶
- شکل ۴-۴- نقشه هدایت هیدرولیکی حوزه آبخیز چهل‌چای ..... ۹۸
- شکل ۴-۵- نقشه تخلخل حوزه آبخیز چهل‌چای ..... ۹۹
- شکل ۴-۶- نقشه ظرفیت زراعی حوزه آبخیز چهل‌چای ..... ۱۰۰
- شکل ۴-۷- نقشه رطوبت باقیمانده حوزه آبخیز چهل‌چای ..... ۱۰۱

- شکل ۸-۴- نقشه عمق ریشه حوزه آبخیز چهل چای ..... ۱۰۳
- شکل ۹-۴- نقشه ضریب مانینگ حوزه آبخیز چهل چای ..... ۱۰۴
- شکل ۱۰-۴- نقشه حداکثر ظرفیت برگابی حوزه آبخیز چهل چای ..... ۱۰۵
- شکل ۱۱-۴- نقشه حداقل ظرفیت برگابی حوزه آبخیز چهل چای ..... ۱۰۶
- شکل ۱۲-۴- نقشه ظرفیت ذخیره چالابی حوزه آبخیز چهل چای ..... ۱۰۷
- شکل ۱۳-۴- نقشه ضریب رواناب پتانسیل حوزه آبخیز چهل چای ..... ۱۰۸
- شکل ۱۴-۴- نقشه زمان تمرکز جریان حوزه آبخیز چهل چای ..... ۱۰۹
- شکل ۱۵-۴- نقشه انحراف معیار زمان تمرکز جریان حوزه آبخیز چهل چای ..... ۱۱۰
- شکل ۱۶-۴- نقشه پلی‌گون‌های تیسن بارندگی حوزه آبخیز چهل چای ..... ۱۱۱
- شکل ۱۷-۴- نقشه پلی‌گون‌های تیسن تبخیرحوزه آبخیز چهل چای ..... ۱۱۲
- شکل ۱۸-۴- نقشه پلی‌گون‌های تیسن دما حوزه آبخیز چهل چای ..... ۱۱۳
- شکل ۱۹-۴- هیدروگراف مشاهداتی سال‌های آبی ۸۱-۸۲ تا ۸۵-۸۶ ..... ۱۱۴
- شکل ۲۰-۴- مقایسه بین جریان اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده روزانه برای دوره واسنجی حوزه چهل چای ..... ۱۱۷
- ۸۱-۸۲ تا ۸۳-۸۴ ..... ۱۱۷
- شکل ۲۱-۴- مقایسه بین جریان اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده روزانه برای دوره واسنجی حوزه چهل چای ..... ۱۱۷
- در سال آبی ۸۱-۸۲ ..... ۱۱۷
- شکل ۲۲-۴- مقایسه بین جریان اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده روزانه برای دوره واسنجی حوزه چهل چای در سال آبی ۸۲-۸۳ ..... ۱۱۸
- شکل ۲۳-۴- مقایسه بین جریان اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده روزانه برای دوره واسنجی حوزه چهل چای در سال آبی ۸۳-۸۴ ..... ۱۱۸
- شکل ۲۴-۴- نمایش لگاریتمی ابر نقاط دبی مشاهده‌ای در مقابل دبی شبیه‌سازی شده در مرحله واسنجی با حدود اطمینان ۹۹ درصد ..... ۱۱۹



- شکل ۴-۲۵- نمایش لگاریتمی ابر نقاط دبی پیک مشاهده‌ای در مقابل دبی پیک شبیه‌سازی شده در مرحله  
واسنجی با حدود اطمینان ۹۹ درصد ..... ۱۲۰
- شکل ۴-۲۶- مقایسه بین جریان اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده روزانه برای دوره ارزیابی حوزه چهل‌چای در  
سال‌های آبی ۸۵-۸۴ تا ۸۶-۸۵ ..... ۱۲۰
- شکل ۴-۲۷- مقایسه بین جریان اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده روزانه برای دوره ارزیابی حوزه چهل‌چای در  
سال آبی ۸۵-۸۴ ..... ۱۲۱
- شکل ۴-۲۸- مقایسه بین جریان اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده روزانه برای دوره ارزیابی حوزه چهل‌چای در  
سال آبی ۸۶-۸۵ ..... ۱۲۱
- شکل ۴-۲۹- مقایسه بین جریان اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده روزانه برای دوره ارزیابی حوزه چهل‌چای در  
سال‌های آبی ۸۵-۸۴ تا ۸۶-۸۵ که مرتب شده‌اند ..... ۱۲۲
- شکل ۴-۳۰- نمایش لگاریتمی ابر نقاط دبی مشاهده‌ای در مقابل دبی شبیه‌سازی شده در مرحله ارزیابی با حدود  
اطمینان ۹۹ درصد ..... ۱۲۳
- شکل ۴-۳۱- نمایش لگاریتمی ابر نقاط دبی پیک مشاهده‌ای در مقابل دبی پیک شبیه‌سازی شده در مرحله  
ارزیابی با حدود اطمینان ۹۹ درصد ..... ۱۲۳
- شکل ۴-۳۲- مولفه‌های بیلان آبی شبیه‌سازی سال ۸۵-۸۴ تا ۸۶-۸۵ به درصد نسبت به بارندگی ..... ۱۲۵

مقدمہ

فصل اول

---

# فصل اول

مقدمہ

## ۱ - مقدمه

شبیه‌سازی فرآیند بارش - رواناب در حوزه آبخیز از نقطه نظر درک بهتر مسائل هیدرولوژیکی، مدیریت منابع آب، مهندسی رودخانه، سازه‌های کنترل سیل و ذخیره سیلاب اهمیت ویژه‌ای دارد. هیدرولوژیست‌ها غالباً با مسائلی از قبیل پیش‌بینی جریان رودخانه، بارندگی و غیره روبرو هستند. که به دلیل پیچیده بودن ماهیت آنها و عدم قطعیت در تخمین پارامترها نیاز به مدل‌های پیچیده‌ای جهت توصیف آنها می‌باشد. یکی از مهمترین رویکردها در برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب بدست آوردن مدل مناسبی جهت پیش‌بینی جریان می‌باشد (شریفی و همکاران، ۱۳۸۴).

مدل نمادی از واقعیت است که مهم‌ترین ویژگی‌های دنیای واقعی را به صورتی ساده و کلی بیان می‌کند. مدل‌ها ابزاری عملی هستند که می‌توان به کمک آنها به درکی از واقعیت، البته نه کل واقعیت بلکه بخش مفید و قابل فهم آن دست یافت (رفاهی، ۱۳۸۶). هیچ بخشی از جهان به آن سادگی نیست که بتوان آن را بدون کوچک و محدود کردن، درک و کنترل کرد (نجفی، ۱۳۸۱). مدل‌های بارش-رواناب یکی از روش‌های تخمین رواناب و ابزاری مناسب برای مطالعه فرآیندهای هیدرولوژیکی و ارزیابی منابع آب می‌باشند (لانگ<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹). دو کاربرد مهم مدل‌های بارش-رواناب، شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی و پیش‌بینی سیلاب است (گاتم<sup>۲</sup> و هولز<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱). عکس العمل حوزه در برابر پدیده بارندگی به علت وجود عوامل هیدرولوژیکی گوناگون بسیار پیچیده است. رواناب به خصوصیات ژئومورفولوژیک، پوشش گیاهی، تیپ خاک و خصوصیات اقلیمی حوزه همچون بارش و دما بستگی دارد. تأثیر هر یک از این عوامل در تولید رواناب کاملاً غیر یکنواخت است. در چند سال اخیر بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی در تهیه داده‌های مدل‌های توزیعی با گسترش چشم‌گیری روبرو بوده است. ارتفاع، شیب، جهت جریان از جمله داده‌های توزیعی مورد نیاز این

---

1-Lang  
2-Gautam  
3- Holz

مدلها می‌باشند که در قالب نقشه‌هایی با مقیاس مناسب بیان می‌گردد. با افزایش قابلیت دسترسی به اطلاعات دیجیتال و کارایی تحلیل‌های رایانه‌ای، سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> نقش بسزایی را در مدلسازی هیدرولوژیکی و هیدرولیکی ایفا نموده است. مزیت استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدلسازی، پتانسیل بالای آن در استخراج اطلاعات رقومی با دقت بسیار زیاد از روی مدل رقومی ارتفاع می‌باشد (آشور<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲).

در حال حاضر تلاش برای ایجاد ارتباط بین مدل‌های هیدرولوژیکی و GIS همچنان ادامه دارد. در این راستا بسیاری از محققین سعی کردند که از قابلیت‌های گرافیکی و محاسباتی مکانی GIS استفاده کرده و مدل‌های هیدرولوژیک موجود را با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی مرتبط سازند (مور<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۱). که از این مدل‌ها می‌توان به مدل‌های SHE، TOPMODEL اشاره نمود (بهره‌مند، ۲۰۰۶).

### ۱-۱ بیان و تعریف مسأله

حوزه آبخیز چهل‌چای با مساحت ۲۵۴/۹ هزار هکتار در محدوده طول شرقی ۵۵°۲۰'۰۱" تا ۵۸°۲۷'۵۵" و عرض شمالی ۳۶°۵۹'۱۵" تا ۳۷°۱۰'۲۲" در بالادست منطقه پس پشته در شرق استان گلستان واقع می‌باشد. استفاده بیش از حد از زمین، شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه و شیب زیاد موجب وقوع سیلاب‌های مخرب در منطقه گردیده است (شرکت مهندسی مشاور رواناب، ۱۳۸۴).

به منظور شبیه‌سازی جریان رودخانه چهل‌چای از مدل WetSpa<sup>۴</sup> استفاده می‌شود. اما چرا باید فرآیندهای هیدرولوژیکی بارش - رواناب را مدلسازی نمود؟

پاسخ اصلی این سوال، محدود بودن روش‌های اندازه‌گیری در هیدرولوژی می‌باشد. در حقیقت، فرد قادر نیست هر چیزی را جمع به سیستم‌های هیدرولوژیکی را که می‌خواهد بداند، اندازه‌گیری کند زیرا فقط تعداد محدودی از روش‌های اندازه‌گیری و همچنین دامنه محدودی از اعداد و داده در اختیار اوست. بنابراین به روشی احتیاج است تا به وسیله آن بتوان آمار موجود را برای حوزه‌های بدون آمار

1-Gographical Information System

2- Ashour

3- Moore

4- Water and Energy Transfer Between Soil, Plants and Atmosphere