







دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

دانشکده مرتع و آبخیزداری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری

**ارزیابی کارایی مدل SWAT در برآورد فرسایش و ارائه سناریوهای حفاظتی مناسب  
(مطالعه موردی: حوضه آبخیز چهل چای استان گلستان)**

پژوهش و نگارش

اکرم عارفی اصل

استاد راهنما

دکتر علی نجفی نژاد

اساتید مشاور

دکتر فرشاد کیانی

دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی

تابستان ۱۳۹۰



### تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی-پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین بمنظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

- ۱- قبل از چاپ پایان‌نامه خود، مراتب را به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.
- ۲- در انتشار نتایج پایان‌نامه در غالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
- ۳- انتشار نتایج پایان‌نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب اکرم عارفی اصل دانشجوی رشته آبخیزداری در مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.



تقدیم بہ آنان کہ در راہ علم صادقانہ می کوشند!





خدایا!

تو را سپاس که باری دیگر رحمت بیکرانیت را بر من ارزانی داشتی تا با سرفرازی به سوی کسانی بازگردم که همواره دعاگوی سربلندیم هستند و من هنوز از پس شکر نعمت وجودشان بر نیامده‌ام!

مراتب سپاس خود را تقدیم کسانی میکنم که صورانه همراهیم کردند:

خانواده عزیزم، اساتید گرام (جناب آقای دکتر نجفی نژاد، دکتر فرهاد کیانی، دکتر سلمان مایینی، دکتر شیخ، دکتر سهره مند) و دوستان خوبم! برایشان آرزوی سعادت دارم.

با شکر فراوان از بهکاری:

اداره گل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان، شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان، سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان و کلیه بخش‌های اداری و خدماتی دانشگاه کرمان.

و راهبانی‌های ارزنده و گره‌گشای:

دکتر کریم عباس‌پور (مرکز تحقیقات آب Eawag سوئیس)، دکتر نسیه فرامرزی (دانشگاه صنعتی اصفهان)، دکتر سمیرا اخوان (دانشگاه بوعلی سیناای همدان)، مهندس مهدی زاده (گروه آبیاری دانشگاه کرمان)، مهندس بهتری نژاد (گروه خاکشناسی دانشگاه کرمان)، مهندس سارا امینیان (گروه خاکشناسی دانشگاه کرمان)، مهندس غلیبی (گروه مرتع دانشگاه کرمان) و مهندس ملاحسینی (دانشگاه آزاد واحد سمنان) و

...

## چکیده

مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز از اقدامات مهم در حفظ و بهره‌برداری مناسب از منابع یک آبخیز می‌باشد. گستردگی و تنوع آبخیزها نیاز به استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی دارد. از جمله مدل‌های مورد استفاده در شبیه‌سازی و ارزیابی آبخیزهای پیچیده مدل SWAT است. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی کارایی این مدل در برآورد فرسایش و رسوب حوضه چهل‌چای مینودشت واقع در استان گلستان و تعیین مناطق بحرانی فرسایش و رسوب در این حوضه می‌باشد. علاوه بر آن توانایی مدل در تحلیل اثرات سناریوهای مدیریتی به منظور حفاظت آب و خاک و کاهش فرسایش و رسوب نیز بررسی گردید. برای دستیابی به این اهداف داده‌های دما و بارش روزانه ۳ ایستگاه لزوره، نراب و دوزین از سال ۲۰۰۱-۲۰۰۹ و لایه‌های رقمی، مدل رقمی ارتفاع و کاربری اراضی و خاک به عنوان ورودی‌های مدل مورد استفاده قرار گرفت. واسنجی خودکار برای سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۵ و اعتبارسنجی برای سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۹ به کمک الگوریتم SUFI2 انجام شد. از بین پارامترهای مورد بررسی، ۱۹ پارامتر طی واسنجی مدل و آنالیز حساسیت مطلق و نسبی در دامنه‌های تعیین شده توسط مدل، تغییر داده شد. معیارهای ناش‌ساتکلیف، ضریب تبیین و شیب خط رگرسیون، انحراف مدل و معیار جمعی به عنوان معیارهای ارزیابی کارایی مدل مورد استفاده قرار گرفت. معیار ناش‌ساتکلیف در دوره واسنجی برای دبی متوسط روزانه ۰/۵ و برای غلظت رسوب روزانه ۰/۷۱ بدست آمد. این معیار در دوره اعتبارسنجی برای دبی برابر ۰/۴ و برای رسوب برابر ۰/۹۲ برآورد شد. نتایج فرسایش و رسوب مدل پس از واسنجی در سطح واحدهای پاسخ هیدرولوژیک و زیرحوضه و کانال اصلی هر زیرحوضه بررسی شد. زراعت دیم و شیب بالای ۳۰ درصد به عنوان عوامل اصلی فرسایش شناخته شدند. مدل واسنجی شده در بررسی اثرات مدیریت مورد استفاده قرار گرفت. ۵ اقدام مدیریتی (تراسبندی، آگروفارستری، باغکاری، علوفه کاری، جنگلکاری) با توجه به شرایط حوضه در نظر گرفته شد که در ۳۲ ترکیب مختلف در اختیار مدل قرار گرفت. ۵ معیار دبی متوسط روزانه، رسوب متوسط وزنی حوضه و فرسایش متوسط وزنی همراه با هزینه و درآمد ناخالص هر سناریو پس از استانداردسازی به روش فاصله‌ای در اولویت‌بندی سناریوها به روش دلفی استفاده شد. نتیجه این بررسی نشان داد که سناریو ۳۲ شامل کلیه اقدامات مدیریتی در همه معیارها بجز هزینه در اولویت اول قرار گرفت و سناریو ۲۴ که فاقد فعالیت جنگل‌کاری و تراسبندی است در اولویت‌بندی با تأکید بر هزینه در اولویت اول قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل SWAT از قابلیت مناسب برای شناسایی مناطق بحرانی برخوردار است و امکان ارائه سناریوهای مختلف و بررسی اثرات آن در عملکرد کل حوضه فراهم می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** فرسایش و رسوب، مدل SWAT، حفاظت آب و خاک

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- مقدمه و بیان مسأله .....	۲
۱-۱- فرسایش .....	۲
۲-۱- علل ایجاد فرسایش .....	۲
۳-۱- اثرات فرسایش .....	۲
۴-۱- وضعیت فرسایش در جهان و ایران .....	۳
۵-۱- لزوم انجام مطالعات حفاظت آب و خاک .....	۴
۶-۱- لزوم اندازه‌گیری فرسایش .....	۴
۷-۱- ضرورت استفاده و ارزیابی مدل‌ها .....	۵
۸-۱- مسأله حاضر .....	۷
۹-۱- سوال‌های عمده تحقیق .....	۷
۱۰-۱- فرضیه .....	۷
۱۱-۱- اهداف .....	۸
۱۲-۱- معرفی عمومی فصول پایان‌نامه .....	۸
۲- مرور منابع .....	۱۰
۱-۲- مقدمه .....	۱۰
۲-۲- تعریف فرسایش و رسوب .....	۱۰
۳-۲- تعریف مدل .....	۱۰
۴-۲- مدلسازی رواناب، فرسایش و رسوب .....	۱۱
۵-۲- انواع مدل‌های فرسایش و رسوب .....	۱۱
۱-۵-۲- مدل فیزیکی .....	۱۲
۲-۵-۲- شرح مختصر مدل SWAT .....	۱۲
۶-۲- مزایای مدل SWAT .....	۱۳

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۷-۲- نقاط قوت مدل SWAT.....	۱۴
۸-۲- نقاط ضعف مدل SWAT.....	۱۵
۹-۲- سابقه استفاده از مدل‌ها در آبخیز چهل‌چای.....	۱۶
۱۰-۲- سابقه تحقیق استفاده از SWAT در داخل کشور.....	۱۷
۱۱-۲- سابقه تحقیق استفاده از SWAT در سایر کشورها.....	۲۲
۱-۱۱-۲- کاربرد در برآورد رواناب و رسوب.....	۲۳
۲-۱۱-۲- کاربرد SWAT در مدیریت آبخیز.....	۲۹
۳-۱۱-۲- مقایسه SWAT با دیگر مدل‌ها.....	۳۴
۴-۱۱-۲- تکمیل کارایی SWAT با کمک مدل‌ها و ابزارهای دیگر.....	۳۵
۵-۱۱-۲- تاثیر داده‌ها بر خروجی SWAT.....	۳۹
۱-۲- جمع بندی.....	۴۲
۳- مواد و روش‌ها.....	۴۴
۱-۳- مقدمه.....	۴۴
۲-۳- معرفی منطقه مورد مطالعه.....	۴۴
۱-۲-۳- خصوصیات فیزیوگرافی آبخیز چهل‌چای.....	۴۶
۲-۲-۳- شیب آبخیز چهل‌چای.....	۴۷
۳-۲-۳- شبکه آبراه‌های و وضعیت رودخانه‌های آبخیز چهل‌چای.....	۴۷
۴-۲-۳- آب و هوا.....	۴۸
۱-۴-۲-۳- تحلیل داده‌ها.....	۴۹
۲-۴-۲-۳- دما.....	۵۰
۳-۴-۲-۳- ماه‌های خشک و مرطوب.....	۵۱
۴-۴-۲-۳- بررسی تغییرات بارندگی، با ارتفاع و نقشه همباران.....	۵۲

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۵۳	۳-۲-۴-۵- برف
۵۳	۳-۲-۴-۶- باد
۵۳	۳-۲-۴-۷- تبخیر و تعرق
۵۳	۳-۲-۴-۸- اقلیم
۵۴	۳-۲-۵- هیدرولوژی
۵۴	۳-۲-۵-۱- ایستگاه هیدرومتری
۵۴	۳-۲-۵-۲- مطالعه رژیم آبدهی
۵۵	۳-۲-۵-۳- تفکیک جریان آب پایه
۵۵	۳-۲-۵-۴- وضعیت بیلان آب
۵۶	۳-۲-۵-۵- سیل
۵۶	۳-۲-۵-۶- چشمه
۵۶	۳-۲-۵-۷- موانع و محدودیت‌ها در حفظ، توسعه و بهره‌برداری مطلوب از منابع
۵۷	۳-۲-۶- زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی حوضه چهل‌چای
۵۹	۳-۲-۷- کاربری اراضی و پوشش گیاهی
۶۰	۳-۲-۸- خاک‌شناسی و اجزاء واحد اراضی
۶۱	۳-۲-۹- فرسایش و رسوب
۶۲	۳-۲-۹-۱- میزان فرسایش با روش MPSIAC
۶۳	۳-۲-۹-۲- عوامل مختلف تشدید کننده فرسایش
۶۳	۳-۲-۹-۳- اشکال فرسایشی حوضه
۶۴	۳-۳- تئوری مدل SWAT
۶۴	۳-۳-۱- چرخه هیدرولوژی در مدل SWAT
۶۵	۳-۳-۱-۱- فاز زمینی چرخه هیدرولوژی

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۱-۳-۳- فاز روندیابی چرخه هیدرولوژیک	۸۰
۲-۳-۳- اقلیم	۸۳
۳-۳-۳- مدیریت	۸۴
۴-۳- مروری بر ورودی SWAT	۸۵
۱-۴-۳- پیکربندی آبخیز	۸۵
۱-۱-۴-۳- زیرحوضه	۸۶
۲-۱-۴-۳- واحدهای پاسخ هیدرولوژیک	۸۶
۳-۱-۴-۳- بازه‌ها یا کانال اصلی	۸۷
۴-۱-۴-۳- زیرشاخه‌های کانال	۸۷
۵-۳- فایل‌های ورودی	۸۸
۶-۳- اطلاعات خروجی SWAT	۸۸
۷-۳- آماده‌سازی مدل و فرایند اجرا	۸۸
۸-۳- واسنجی	۸۹
۱-۸-۳- مدلسازی معکوس	۹۰
۹-۳- آنالیز عدم قطعیت	۹۰
۱-۹-۳- اساس مفهومی آنالیز عدم قطعیت SUFI2	۹۱
۲-۹-۳- الگوریتم SUFI2	۹۳
۳-۹-۳- برنامه iSWAT	۹۷
۱۰-۳- شاخص‌های آماری ارزیابی مدل	۹۹
۱۱-۳- آنالیز حساسیت	۱۰۲
۱۲-۳- اعتبار سنجی	۱۰۳
۱۳-۳- مدیریت اراضی در راستای کاهش فرسایش و رسوب	۱۰۴

## فهرست مطالب

<u>عنوان</u>	<u>صفحه</u>
۱۴-۳- بعد اقتصادی انجام سناریوها.....	۱۰۴
۱-۱۴-۳- هزینه.....	۱۰۵
۲-۱۴-۳- درآمد.....	۱۰۵
۱۵-۳- انتخاب سناریوی برتر.....	۱۰۸
۱۶-۳- نیازهای سخت افزاری پروژه.....	۱۰۸
۱۷-۳- جمع بندی.....	۱۰۹
۴- نتایج.....	۱۱۲
۱-۴- مقدمه.....	۱۱۲
۲-۴- بررسی صحت داده ها.....	۱۱۲
۳-۴- مقادیر پارامترهای ورودی تولید کننده اقلیمی.....	۱۱۴
۴-۴- مراحل اجرای مدل.....	۱۱۶
۵-۴- نتایج شبیه سازی رواناب و رسوب قبل از واسنجی.....	۱۱۷
۶-۴- آنالیز حساسیت مطلق.....	۱۲۰
۷-۴- واسنجی.....	۱۲۴
۸-۴- معیارهای ارزیابی واسنجی.....	۱۲۴
۹-۴- اعتبارسنجی.....	۱۳۲
۱۰-۴- آنالیز عدم قطعیت.....	۱۳۶
۱۱-۴- دبی، رسوب و فرسایش زیرحوضه ها.....	۱۳۶
۱۲-۴- کلاس فرسایش حوضه.....	۱۳۹
۱۳-۴- بیلان آب حوضه.....	۱۳۹
۱۴-۴- سناریوهای مدیریتی.....	۱۴۰
۱۵-۴- خروجی هر سناریو.....	۱۴۲

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۴۲	۱۶-۴- هزینه و درآمد هر سناریو .....
۱۴۲	۱۷-۴- استاندارد سازی .....
۱۴۲	۱۸-۴- اولویت بندی سناریوها .....
۱۴۸	۵- بحث و نتیجه گیری .....
۱۴۸	۱-۵- مقدمه .....
۱۴۸	۲-۵- تحلیلی بر مرور منابع .....
۱۴۹	۳-۵- استفاده از SWAT در حوضه چهل چای .....
۱۴۹	۴-۵- گردآوری و آماده سازی داده .....
۱۵۰	۵-۵- اجرای مدل .....
۱۵۱	۶-۵- واسنجی مدل .....
۱۵۴	۷-۵- آنالیز حساسیت .....
۱۵۴	۸-۵- آنالیز فرسایش و رسوب در حوضه .....
۱۵۶	۹-۵- مدیریت اراضی در جهت کاهش فرسایش و رسوب .....
۱۵۷	۱۰-۵- نتیجه گیری کلی .....
۱۵۸	۱۱-۵- پیشنهادهای پژوهشی .....
۱۵۹	۱۲-۵- پیشنهادهای اجرایی .....
۱۶۲	فهرست منابع .....



## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

شکل ۱-۲ سیر تکاملی مدل SWAT	۱۴
شکل ۱-۳ مراحل انجام تحقیق	۴۵
شکل ۲-۳ موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان	۴۵
شکل ۳-۳ نقشه مدل رقومی ارتفاع (متر) حوضه آبخیز چهل چای	۴۶
شکل ۴-۳ نقشه شیب حوضه آبخیز چهل چای	۴۷
شکل ۵-۳ رتبه‌بندی آبراه‌های حوضه آبخیز چهل چای به روش استراهلر	۴۸
شکل ۶-۳ منحنی آمپروترومیک حوضه آبخیز چهل چای	۵۲
شکل ۷-۳ تفکیک جریان پایه از دبی متوسط ماهانه حوضه چهل چای	۵۵
شکل ۸-۳ سازندهای زمین شناسی حوضه آبخیز چهل چای	۵۷
شکل ۹-۳ نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز چهل چای	۵۹
شکل ۱۰-۳ نقشه اجزاء واحد اراضی حوضه آبخیز چهل چای	۶۰
شکل ۱۱-۳ مسیرهای حرکت آب در SWAT	۶۶
شکل ۱۲-۳ رفتار سفره آب که در مدل ذخیره جنبشی فرض می‌شود	۷۵
شکل ۱۳-۳ ذخیره گوه‌ای و منشوری در بخشی از مسیر رودخانه	۸۱
شکل ۱۴-۳ مفهوم عدم قطعیت برنامه SUFI2	۹۳
شکل ۱۵-۳ الگوریتم برنامه iSWAT	۹۸
شکل ۱-۴ هیدروگراف دبی و هیتوگراف بارش روزانه سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۰۵	۱۱۳
شکل ۲-۴ هیدروگراف دبی و هیتوگراف بارش روزانه سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۹	۱۱۳
شکل ۳-۴ تعیین مرز حوضه و زیرحوضه‌بندی و شبکه آبراهه حوضه آبخیز چهل چای به وسیله Arc SWAT	۱۱۶
شکل ۴-۴ نقشه واحدهای پاسخ هیدرولوژیک حوضه آبخیز چهل چای	۱۱۷
شکل ۵-۴ دبی شبیه‌سازی شده قبل از واسنجی (سال ۲۰۰۲-۲۰۰۵)	۱۱۸
شکل ۶-۴ شبیه‌سازی رسوب قبل از واسنجی (۲۰۰۲-۲۰۰۵)	۱۱۸
شکل ۷-۴ دبی شبیه‌سازی شده قبل از واسنجی (۲۰۰۶-۲۰۰۸)	۱۱۹

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل ۸-۴- غلظت رسوب شبیه‌سازی شده قبل از واسنجی (۲۰۰۷-۲۰۰۹)..... ۱۱۹
- شکل ۹-۴- تأثیر تغییر پارامتر شماره منحنی شرایط رطوبتی ۲ با انتخاب ۳ مقدار در محدوده ضریب ۰/۷- تا ۰/۷ بر الف) دبی متوسط روزانه (متر مکعب بر ثانیه)، ب) غلظت رسوب (میلی‌گرم بر لیتر)ض ..... ۱۲۰
- شکل ۱۰-۴- تأثیر تغییرات دمای بارش برف با انتخاب ۳ مقدار بین ۰ تا ۵ درجه سانتیگراد بر الف) دبی متوسط روزانه (مترمکعب بر ثانیه)، ب) غلظت رسوب (میلی‌گرم بر لیتر)..... ۱۲۱
- شکل ۱۱-۴- تأثیر تغییرات پارامتر فاکتور تعیین نرخ اوج با انتخاب ۳ مقدار در محدوده ۰ تا ۲ بر الف) دبی متوسط روزانه (مترمکعب بر ثانیه)، ب) غلظت رسوب (میلی‌گرم در لیتر)..... ۱۲۱
- شکل ۱۲-۴- تأثیر تغییرات پارامتر دمای ذوب برف با انتخاب ۳ مقدار در محدوده ۰ تا ۵ درجه سانتیگراد بر الف) دبی متوسط روزانه (مترمکعب بر ثانیه)، ب) غلظت رسوب (میلی‌گرم در لیتر)..... ۱۲۱
- شکل ۱۳-۴- تأثیر تغییر پارامتر ظرفیت آب در دسترس خاک با انتخاب ۳ مقدار در محدوده ضریب ۰/۵- تا ۰/۵ بر الف) دبی متوسط روزانه (مترمکعب بر ثانیه)، ب) غلظت رسوب (میلی‌گرم در لیتر)..... ۱۲۲
- شکل ۱۴-۴- تأثیر تغییرات پارامتر تخلخل خاک با انتخاب ۳ مقدار در محدوده ضریب ۰/۵- تا ۰/۵ بر الف) دبی متوسط روزانه (مترمکعب بر ثانیه)، ب) غلظت رسوب (میلی‌گرم در لیتر)..... ۱۲۲
- شکل ۱۵-۴- تأثیر تغییرات فاکتور فرسایش‌پذیری خاک USLE با انتخاب ۳ مقدار در محدوده ضریب ۰/۵- تا ۱ بر الف) دبی متوسط روزانه (مترمکعب بر ثانیه)، ب) غلظت رسوب (میلی‌گرم در لیتر)..... ۱۲۲
- شکل ۱۶-۴- تأثیر تغییر فاکتور حفاظتی USLE با انتخاب ۳ مقدار در محدوده ضریب ۰/۱ تا ۰/۳ بر الف) دبی متوسط روزانه (مترمکعب بر ثانیه)، ب) غلظت رسوب (میلی‌گرم در لیتر)..... ۱۲۳
- شکل ۱۷-۴- تأثیر تغییر پارامتر هدایت هیدرولیکی کانال با انتخاب ۳ مقدار در محدوده ۴۰ تا ۷۰ بر الف) دبی متوسط روزانه (مترمکعب بر ثانیه)، ب) غلظت رسوب (میلی‌گرم در لیتر)..... ۱۲۳
- شکل ۱۸-۴- تأثیر تغییرات پارامتر حداقل محتوای آب برف مربوط به کل پوشش برفی با انتخاب ۳ مقدار در محدوده ۵۰ تا ۱۲۰ بر الف) دبی متوسط روزانه (مترمکعب بر ثانیه)، ب) غلظت رسوب (میلی‌گرم در لیتر)..... ۱۲۳
- شکل ۱۹-۴- دبی روزانه شبیه‌سازی شده به کمک SUFI2 در مرحله واسنجی (سال ۲۰۰۲)..... ۱۲۷
- شکل ۲۰-۴- دبی روزانه شبیه‌سازی شده به کمک SUFI2 در مرحله واسنجی (سال ۲۰۰۳)..... ۱۲۷
- شکل ۲۱-۴- دبی روزانه شبیه‌سازی شده به کمک SUFI2 در مرحله واسنجی (سال ۲۰۰۴)..... ۱۲۸

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۴-۲۲- دبی روزانه شبیه‌سازی شده به کمک SUFI2 در مرحله واسنجی (سال ۲۰۰۵).....	۱۲۸
شکل ۴-۲۳- غلظت رسوب شبیه‌سازی شده به کمک SUFI2 در مرحله واسنجی (۲۰۰۲-۲۰۰۵).....	۱۲۹
شکل ۴-۲۴- غلظت رسوب شبیه‌سازی شده با تغییرات نهایی در مرحله واسنجی.....	۱۲۹
شکل ۴-۲۵- دبی شبیه‌سازی شده با تغییرات نهایی پارامترها (۲۰۰۲-۲۰۰۵).....	۱۳۰
شکل ۴-۲۶- مقایسه دبی شبیه‌سازی شده و مشاهداتی براساس درصد فراوانی در مرحله واسنجی.....	۱۳۱
شکل ۴-۲۷- نمودار رگرسیون برازش داده شده و حدود اطمینان ۹۹ درصد برای دبی متوسط روزانه در دوره واسنجی.....	۱۳۲
شکل ۴-۲۸- نمودار رگرسیون برازش داده شده و حدود اطمینان ۹۹ درصد برای غلظت رسوب روزانه در دوره واسنجی.....	۱۳۲
شکل ۴-۲۹- دبی روزانه شبیه‌سازی شده به کمک SUFI2 در مرحله اعتبارسنجی (سال ۲۰۰۷).....	۱۳۳
شکل ۴-۳۰- دبی روزانه شبیه‌سازی شده به کمک SUFI2 در مرحله واسنجی (سال ۲۰۰۸).....	۱۳۳
شکل ۴-۳۱- دبی روزانه شبیه‌سازی شده به کمک SUFI2 در مرحله واسنجی (سال ۲۰۰۹).....	۱۳۴
شکل ۴-۳۲- غلظت رسوب شبیه‌سازی شده به کمک SUFI2 در مرحله اعتبارسنجی.....	۱۳۴
شکل ۴-۳۳- مقایسه دبی شبیه‌سازی شده و مشاهداتی براساس درصد فراوانی در مرحله اعتبارسنجی.....	۱۳۵
شکل ۴-۳۴- نمودار رگرسیون برازش داده شده برای دبی در دوره اعتبارسنجی.....	۱۳۵
شکل ۴-۳۵- نمودار رگرسیون برازش داده شده برای دبی در دوره اعتبارسنجی.....	۱۳۶
شکل ۴-۳۶- نقشه فرسایش ویژه در حوضه بر اساس واحدهای پاسخ هیدرولوژیک.....	۱۳۸
شکل ۴-۳۷- نقشه رسوب ویژه در حوضه آبخیز چهل‌چای بر اساس واحدهای پاسخ هیدرولوژیک.....	۱۳۸
شکل ۴-۳۸- میزان رسوب خروجی از هر آبراهه اصلی زیرحوضه‌ها (تن در هکتار در سال).....	۱۳۸
شکل ۴-۳۹- اجزاء بیلان آب شبیه‌سازی شده به وسیله مدل SWAT (مقادیر بر حسب میلی‌متر).....	۱۴۰
شکل ۴-۴۰- نقشه فرسایش ویژه در حوضه آبخیز چهل‌چای پس از اجرای سناریو ۳۲ در واحد پاسخ هیدرولوژیک.....	۱۴۶
شکل ۴-۴۱- نقشه رسوب ویژه پس از اجرای سناریو ۳۲ در واحد پاسخ هیدرولوژیک.....	۱۴۶

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳- ویژگی‌های فیزیوگرافی آبخیز چهل‌چای.....	۴۶
جدول ۲-۳- مشخصات ایستگاه‌های آب و هوایی محدوده منطقه مورد مطالعه.....	۴۹
جدول ۳-۳- نمایه‌های آب و هوایی دما (درجه سانتیگراد) و بارش (میلیمتر) ایستگاه لزوره (سال‌های ۸۱-۸۸).....	۵۱
جدول ۴-۳- مقادیر متوسط ۳۰ ساله تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل در ایستگاه لزوره (میلی‌متر در سال).....	۵۳
جدول ۵-۳- مشخصات ایستگاه هیدرومتری لزوره.....	۵۴
جدول ۶-۳- بیلان آب حاصل از بارش‌های جوی برحسب میلیون متر مکعب (با توجه به دوره ۳۰ ساله).....	۵۶
جدول ۷-۳- خصوصیات زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی و ژئومورفولوژی حوضه آبخیز چهل‌چای (مهندسین رواناب، ۱۳۸۴).....	۵۸
جدول ۸-۳- مشخصات هر یک از اجزاء واحد اراضی حوضه چهل‌چای (شرکت مهندسین مشاور رواناب، ۱۳۸۴).....	۶۱
جدول ۹-۳- برآورد کل رسوبدهی حوضه چهل‌چای.....	۶۲
جدول ۱۰-۳- ارزیابی میزان دبی رسوب و کلاس‌های رسوبدهی در روش MPSIAC.....	۶۳
جدول ۱۱-۳- دسته‌بندی کارایی مدل بر اساس معیار جمعی.....	۱۰۱
جدول ۱۲-۳- اصول تدوین سناریوها در حوضه چهل‌چای.....	۱۰۴
جدول ۱۳-۳- نحوه ترکیب کاربری‌های مدیریتی مد نظر برای آبخیز چهل‌چای.....	۱۰۶
جدول ۱۴-۳- هزینه و درآمد احداث هر هکتار از عملیات پیشنهادی (میلیون ریال).....	۱۰۷
جدول ۱-۴- معرفی پارامترهای تولید کننده اقلیمی.....	۱۱۴
جدول ۲-۴- مقادیر ماهانه پارامترهای اقلیمی برای تولید کننده اقلیمی.....	۱۱۵