نام خانوادگی : واصل	نام: لیدا	شماره دانشجویی : ۹۰۱٤۳۰٤
عنوان پایان نامه : برآورد هدررفت خاک در حوزه آبخیز رودخانه کهنک با استفاده از مدل SWAT		
استاد/ اساتیدراهنما: دکتر غلامعباس صیاد و دکتر علی اصغر بسالت پور		
استاد/ اساتید مشاور: مهندس محمد علی کلی		
درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد	**رشته: علوم خاک**	**گرایش: فیزیک و حفاظت خاک**
دانشگاه: شهید چمران اهواز	**دانشکده: کشاورزی**	**گروه: خاکشناسی**
تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۹۲/۱۱/۳۰		**تعداد صفحه: ۱۳۵**

کلید واژه ها: رواناب، رسوب، آب سبز، آب آبی، الگوریتم SUFI-2

امروزه هدررفت خاک در عرصه آبخیزها به عنوان معضلی جدی شناخته می‌شود. مدیریت نامناسب در آبخیزها منجر به فرسایش خاک، شکل‌گیری سیلاب‌ها، کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی و نیز کاهش عملکرد محصولات و آلودگی آب‌ها می‌گردد که این امر منابع آب و غذا را با بحران مواجه می‌سازد. به همین دلیل برآورد رواناب و رسوب و نیز مولفه‌های آب سبز و آب آبی جهت مدیریت بهینه حوزه‌های آبخیز و شناسایی زیرحوزه‌های بحرانی برای اولویت‌بندی مبارزه با فرسایش امری ضروری است. به همین منظور از مدل SWAT جهت شبیه‌سازی مولفه‌های منابع آب، هدررفت خاک و اولوبت‌بندی زیرحوزه های بحرانی در حوزه آبخیز رودخانه کهنک واقع در استان خوزستان استفاده شد. برای بهبود دقت داده‌های اقلیمی مورد استفاده در مدل، از دو سناریوی داده‌های اقلیمی حوزه کهنک و داده های اقلیمی جهانی استفاده گردید. شبیه‌سازی برای دوره زمانی ۲۰۰۹-۱۹۹۲ با در نظر گرفتن ۳ سال دست‌گرمی انجام شد و روش هارگریوز به عنوان روش مناسب برای تبخیر و تعرق استفاده گردید. واسنجی، اعتبارسنجی و تجزیه و تحلیل عدم قطعیت نتایج مدل با استفاده از الگوریتم SUFI-2 انجام گرفت و پس از شناسایی پارامترهای حساس برای هر مولفه، واسنجی و اعتبارسنجی مدل برای برآورد مولفه‌های هیدرولوژیکی انجام شد. هم‌چنین دامنه عدم قطعیت برای هر مولفه تعیین و در نهایت زیرحوزه‌های با شرایط بحرانی تعیین شدند. نتایج شبیه‌سازی رواناب و رسوب نشان داد که بیش‌ترین برآورد رسوب در زیرحوزه‌های شماره ۵، ۲، ۳، ۹ و ۱۲ می‌باشد و این زیرحوزه‌ها به عنوان زیرحوزه‌های باخطر هدررفت خاک زیاد شناسایی شدند. علاوه بر آن زیرحوزه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ٤، ۵و ۹ دارای بیش‌ترین تولید رواناب در منطقه بودند. نتایج شبیه‌سازی بارش و ذخیره آب سبز نیز نشان داد که زیرحوزه شماره ٦ به علت بارش بیش‌تر و عدم قطعیت کم‌تر مناسب کشت دیم و از نواحی شمالی حوزه به دلیل ذخیره کم رطوبت در خاک، کم‌تر می‌توان برای کشت دیم استفاده نمود.

سپاس‌نامه

سپاس بیکران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و در راه علم و دانش رهنمونمان شد. اکنون در آستانه راهی نو به پاس نعمت های بی حد پروردگار، بر خود لازم می دانم سپاسگزار تمام عزیزانی باشم که در دوران دانش اندوزی همواره مشوق وپشتیبان اینجانب بوده اند. از پدر و مادر و خواهران عزیزم که صبورانه در برابر سختی ها و ناملایمات یاریم نموده اند و نیز از اساتید راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر صیاد و جناب آقای دکتر بسالت پور به واسطه زحمات صادقانه، خالصانه و راهنمایهای ارزشمندشان و همچنین استاد مشاور محترم جناب آقای مهندس کلی وهمکاری ایشان برای پیشبرد این پایان نامه کمال تشکر و قدر دانی را دارم. از اساتید محترم جناب آقای دکتر فرخیان و جناب آقای دکتر حجتی که با داوری این پایان نامه به آن ارج نهادند همچنین جناب آقای دکتر یزدانی نماینده تحصیلات تکمیلی بسیار سپاسگزارم.

از اساتید محترم گروه خاکشناسی بخصوص جناب آقای دکتر لندی که در طول دوران تحصیل اینجانب مدیریت گروه را بر عهده داشتند سپاسگزاری می نمایم. همچنین از آقایان:

مهندس معظم زاده، مهندس رکابی، مهندس نورعلی زاده و جناب آقای مهندس آزاد دلاوری به خاطر راهنمایی های ارزشمندشان صمیمانه تقدیر و تشکر می نمایم.

از دوستان عزیزم خانم ها مریم کاشی ساز، مریم فتحی، مریم احسانگر، فاطمه ارزاقی، مریم یاقوت نژاد، عاطفه عموزاده و سارا شوی خوان نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

لیدا واصل

بهمن ماه ۱۳۹۲

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و هدف

۱-۱ زمینه انجام پژوهش ۳

۱-۲ لزوم انجام پژوهش ۵

۱-۳ اهداف پژوهش ۸

۱-۳-۱ اهداف فرعی ۸

فصل دوم: مروری بر منابع

۲-۱ اهمیت استفاده از مدل‌ها ۱۰

۲-۲ انواع مدل‌ها ۱۰

۲-۳ معرفی مدل SWAT ۱۱

۲-٤ پیشینه مدل SWAT ۱۲

۲-٤-۱ نسخه‌های ارائه شده از مدلSWAT ۱۳

۲-٤-۲ پایگاه‌های اطلاعاتی مدل SWAT ۱٦

۲-٤-۲-۱ پایگاه‌های اطلاعات خاک در مدلSWAT ۱٦

۲-٤-۲-۲ پایگاه‌های اطلاعات کاربری اراضی در مدلSWAT ۱۷

۲-۵ اساس کار مدل SWAT ۱۷

۲-٦ روش های جداسازی حوزه توسط مدل SWAT ۱۷

۲-٦-۱ جداسازی به روش سلول شبکه ۱۸

۲-٦-۲ جداسازی به روش دامنه‌ای ۱۸

۲-٦-۳ جداسازی به روش زیرحوزه ۱۸

۲-۷ دقت اطلاعات در مدل SWAT ۱۹

۲-۸ تقسیمات حوزه آبخیز ۲۰

۲-۸-۱ زیرحوزه ۲۰

۲-۸-۲ واحدهای پاسخ هیدرولوژیک ۲۰
۲-۸-۳ اراضی مرطوب یا تالاب ۲۱
۲-۸-٤ آبراهه اصلی ۲۱
۲-۸-۵ آبراهه فرعی ۲۱
۲-۸-٦ منابع نقطه‌ای ۲۲
۲-۹ بخش های اصلی مدل SWAT ۲۲
۲-۱۰ هیدرولوژی ۲۲
۲-۱۰-۱ عوامل موثر بر بیلان آب ۲۳
۲-۱۰-۱-۱ ریزش‌های آسمانی ۲٤
۲-۱۰-۱-۲ بیشینه بارش نیم ساعته ۲٤
۲-۱۰-۱-۳ رطوبت نسبی ۲٤
۲-۱۰-۱-٤ برف ۲۵
۲-۱۰-۱-۵ ذوب برف ۲۵
۲-۱۰-۲ مدل سازی حجم رواناب سطحی ۲٦
۲-۱۰-۲-۱ روش شماره منحنی ۲٦
۲-۱۰-۲-۲ فرمول نفوذ گرین - آمپت ۳۲
۲-۱۰-۳ بیشینه رواناب ۳٤
۲-۱۰-۳-۱ زمان تمرکز ۳٤
۲-۱۰-۳-۲ ضریب رواناب ۳۷
۲-۱۰-۳-۳ شدت بارش ۳۷
۲-۱۰-۳-٤ رابطه اصلاح شده محاسبه رواناب اوج ۳۸
۲-۱۰-٤ تاخیر زمانی رواناب ۳۹
۲-۱۰-۵ تبخیر و تعرق ٤۰
۲-۱۰-۵-۱ ذخیره تاج پوشش گیاه ٤۰
۲-۱۰-۵-۲ تبخیر و تعرق پتانسیل ٤۲
۲-۱۰-۵-۲-۱ روش پنمن - مانتیث ٤۲

۲-۱۰-۵-۲-۲ روش پریستلی - تیلور ٤٣
۲-۱۰-۵-۲-۳ روش هارگریوز ٤٤
۲-۱۰-۵-۳ تبخیر و تعرق واقعی ٤٤
۲-۱۰-٦ رطوبت خاک ٤٥
۲-۱۰-٦-۱ نفوذ ٤٦
۲-۱۰-٦-۲ جریان جانبی ٤٧
۲-۱۰-٦-۳ جریان آب زیرزمینی ٤٨
۲-۱۰-۷ روندیابی جریان ٤٩
۲-۱۰-۷-۱ روش ذخیره متغیر ٤٩
۲-۱۰-۷-۲ روش ماسکینگام ٥٠
۲-۱۱ روندیابی فرسایش و رسوب ٥٢
۲-۱۲ اطلاعات خروجی مدل SWAT ٥٤
۲-۱۳ مروری بر پژوهش‌های پیشین ٥٤

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱ روش اجرای پژوهش ٦٠
۳-۱-۱ منطقه مورد مطالعه ٦٠
۳-۱-۱-۱ وضعیت آب و هوایی ٦٠
۳-۱-۱-۲ ویژگی‌های زمین شناسی ٦٠
۳-۱-۱-۳ واحدهای ژئومرفولوژی ٦٢
۳-۱-۱-٤ اطلاعات هیدرومتری ٦٢
۳-۱-۲ لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای اجرای مدل SWAT ٦٣
۳-۱-۲-۱ اطلاعات مدل رقومی ارتفاعی (DEM) ٦٣
۳-۱-۲-۲ اطلاعات کاربری اراضی ٦٤
۳-۱-۲-۳ اطلاعات خاکشناسی ٦٧
۳-۱-۲-٤ اطلاعات اقلیمی ٦٧

۳-۱-۳ آماده سازی اطلاعات ورودی ۷۰
۳-۱-٤ اجرای مدل ۷۱
۳-۱-۵ واسنجی و اعتبارسنجی ۷۵
۳-۱-۵-۱ الگوریتم SUFI-2 ..... ۷٦
۳-۱-۵-۱-۱ انتخاب تابع هدف ۷٦
۳-۱-۵-۱-۲ نمونه برداری به روش لاتین هایپرکیوب ۷۸
۳-۱-۵-۱-۳ محاسبه تابع هدف و انجام شبیه‌سازی ۷۹
۳-۱-۵-۱-٤ عدم قطعیت در الگوریتم SUFI-2 ..... ۸۰

فصل چهارم: نتایج و بحث

٤-۱ بررسی همبستگی بارش و رواناب ورودی به رودخانه حوزه آبخیز کهنک ۸۳
٤-۲ بررسی دقت داده‌های اقلیمی ۸٦
٤-۳ واسنجی توسط الگوریتم SUFI-2 ..... ۹۰
٤-٤ شبیه‌سازی بارش منطقه ۹۳
٤-۵ شبیه‌سازی رواناب سطحی ۹۷
٤-٦ شبیه‌سازی رسوب کل ۱۰۲
٤-۷ شبیه‌سازی مولفه‌های هیدرولوژیکی ۱۰۹
٤-۷-۱ جریان آب آبی ۱۰۹
٤-۷-۲ ذخیره آب سبز ۱۱۳
٤-۷-۳ جریان آب سبز ۱۱۷
٤-۸ نتیجه‌گیری ۱۲۲
٤-۹ پیشنهادات ۱۲٤

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱ موقعیت حوزه آبخیز رودخانه کهنک و زیرحوزه‌های آن ٦١

شکل ۳-۲ نقشه رقومی ارتفاعی (DEM) حوزه آبخیز رودخانه کهنک ٦٥

شکل ۳-۳ نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز رودخانه کهنک ٦٦

شکل ۳-٤ نقشه خاک حوزه آبخیز رودخانه کهنک ٦٨

شکل ٤-۱ میزان بارش و رواناب ورودی به رودخانه در ایستگاه گتوند در سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۰ ..... ٨٤

شکل ٤-۲ میزان بارش و رواناب ورودی به رودخانه در ایستگاه سد دز در سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۰ ..... ٨٤

شکل ٤-۳ میزان بارش و رواناب ورودی به رودخانه در ایستگاه سد تنظیمی در سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۰ ..... ٨٥

شکل ٤-٤ میزان بارش و رواناب ورودی به رودخانه در ایستگاه هفت تپه در سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۰ ..... ٨٥

شکل ٤-٥ میزان بارش و رواناب ورودی به رودخانه در ایستگاه ماهور برنجی در سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۰ ..... ٨٦

شکل ٤-٦ نتایج شبیه‌سازی پارامترروناب ورودی به رودخانه برای مجموعه داده‌های اقلیمی CRU و کهنک ٨٨

شکل ٤-۷ نتایج شبیه‌سازی پارامتر جریان خالص ورودی به رودخانه برای مجموعه داده‌های اقلیمی CRU و کهنک ٨٨

شکل ٤-۸ نتایج شبیه‌سازی پارامتر جریان خروجی از هر زیرحوزه برای مجموعه داده‌های اقلیمی CRU و کهنک ٨٩

شکل ٤-۹ نتایج شبیه‌سازی پارامتر رسوب خروجی از هر زیرحوزه برای مجموعه داده‌های اقلیمی CRU و کهنک ٨٩

شکل ٤-۱۰ نتایج حاصل از واسنجی مدل برای شبیه‌سازی رواناب در حوزه آبخیز کهنک ٩٢

شکل ٤-۱۱ نتایج حاصل از اعتبارسنجی برای شبیه‌سازی رواناب در حوزه آبخیز کهنک ٩٣

شکل ٤-۱۲ توزیع بارش در حوزه رودخانه کهنک شبیه‌سازی شده توسط مدل SWAT ٩٦

شکل ٤-۱۳ میانگین سالانه بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل SWAT برای زیرحوزه‌های مختلف حوزه آبخیز کهنک در باند عدم قطعیت ٩٧

شکل ٤-۱٤ طبقه‌بندی رواناب شبیه‌سازی شده توسط مدل SWAT ١٠١

شکل ٤-۱٥ میانگین سالانه رواناب سطحی شبیه‌سازی شده توسط مدل SWAT برای زیرحوزه‌های مختلف حوزه آبخیز کهنک در باند عدم قطعیت ١٠٢

شکل ٤-١٦ طبقه‌بندی رسوب شبیه‌سازی توسط مدل SWAT برای حوزه رودخانه کهنک..... ١٠٨
شکل ٤-١٧ شبیه‌سازی آب آبی برای حوزه آبخیز کهنک با استفاده از مدل SWAT..... ١١٢
شکل ٤-١٨ میانگین سالانه آب آبی شبیه‌سازی شده توسط مدل SWAT برای زیرحوزه‌های مختلف حوزه آبخیز کهنک در باند عدم قطعیت..... ١١٣
شکل ٤-١٩ شبیه‌سازی ذخیره آب سبز برای حوزه آبخیز کهنک با استفاده از مدل SWAT..... ١١٦
شکل ٤-٢٠ میانگین سالانه ذخیره آب سبز شبیه‌سازی شده توسط مدل SWAT برای زیرحوزه‌های مختلف حوزه آبخیز کهنک در باند عدم قطعیت..... ١١٧
شکل ٤-٢١ شبیه‌سازی جریان آب سبز توسط مدل SWAT در حوزه آبخیز کهنک..... ١٢١
شکل ٤-٢٢ میانگین سالانه جریان آب سبز شبیه‌سازی شده توسط مدل SWAT برای زیرحوزه‌های مختلف حوزه آبخیز کهنک در باند عدم قطعیت..... ١٢٢

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ ایستگاه‌های موجود در حوزه رودخانه کهنک ٦٩

جدول ۳-۲ مشخصات ایستگاه‌های مجموعه داده‌های CRU مورد استفاده در حوزه رودخانه کهنک ۷۰

جدول ۳-۳ پارامترهای مدل موثر بر تولید رواناب ۷۳

جدول ۳-٤ پارامترهای مدل موثر بر تولید رسوب ۷۵

جدول ٤-۱ مقادیر شاخص‌های ارزیابی کارایی مدل در شبیه‌سازی رواناب در مراحل واسنجی و اعتبارسنجی ۹۲

جدول ٤-۲ بارش شبیه‌سازی شده در حوزه رودخانه کهنک ۹٤

جدول ٤-۳ طبقه‌بندی رواناب سطحی ورودی به رودخانه ۹۸

جدول ٤-٤ طبقه‌بندی رسوب ۱۰۳

فصل اول

مقدمه و هدف

۱-۱ زمینه انجام پژوهش

خاک یکی از عوامل شکل‌گیری جوامع و رشد تمدن بشری است. پیدایش و تشکیل خاک در مدت زمان طولانی سبب توجه بشر به ارزش و اهمیت این عامل مهم گردیده است. افزایش جمعیت و در نتیجه آن، افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی، استفاده نامناسب و غیر اصولی از زمین، موجب کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و بروز مشکلاتی در تامین غذای بشر شده است. از سوی دیگر افزایش جمعیت به دلیل استفاده بیش از اندازه بشر از اراضی، فرسایش و هدررفت خاک را در حوزه‌های آبخیز تشدید نموده است و موجب شده که این پدیده به عنوان یک معضل جدی در سراسر جهان مطرح شود (لیم و همکاران[1]، ۲۰۰۵).

فرسایش خاک و رسوب حاصل از آن، می‌تواند سبب پر شدن مخازن، کانال‌های انتقال آب، کاهش کیفیت آب در آبراهه‌ها و دریاچه‌ها و نیز کاهش عملکرد محصولات کشاورزی شود. این کاهش عملکرد که عمدتاً در نتیجه کاهش حاصل‌خیزی خاک ایجاد می‌گردد، می‌تواند بر اقتصاد و کسب و کار در کوتاه مدت و بلند مدت در مزارع اثرگذار باشد (توی و همکاران[2]، ۲۰۰۲). همچنین رواناب سطحی ناشی از فرسایش، سبب انتقال رسوب، منابع آلودگی نقطه‌ای و نیز انتشار آلاینده‌هایی هم‌چون آفت‌کش‌ها و ترکیباتی مانند نیترات و فسفات می‌شود (منگوئرا و انگل[3]، ۱۹۹۸ و چاناسیک[4]، ۲۰۰۳) بدیهی است که این عوامل ضمن تاثیر سوء بر درآمد ساکنین حوزه آبخیز، سبب ایجاد مشکلاتی در زندگی آنان در استفاده از منابع آب و غذا می‌شوند. از عوامل مهم و اثرگذار بر تولید رواناب در حوزه‌های آبخیز می‌توان به عواملی هم‌چون سازندهای زمین شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، شیب زمین و شکل حوزه آبخیز اشاره نمود. این عوامل منجر به افزایش حجم رواناب در مدت زمان کوتاه‌تر در حوزه‌های آبخیز می‌گردند (افشار، ۱۳٦٤،

1- Lim et al.
2- Toy et al.
3- Manguerra & Engel.
4- Chanasyk.

لی و هینی[1]، ۲۰۰۳ و آلانسی و همکاران[2]، ۲۰۰۹). هم‌چنین ویژگی‌های خاک، ژئومرفولوژی حوزه آبخیز و ریزش‌های آسمانی تعیین کننده میزان نفوذ آب و تولید رواناب در حوزه‌های آبخیز می‌باشند که سبب تغییر شرایط حوزه‌ها و ایجاد وضعیت بحرانی در آن‌ها شده و لزوم انجام پژوهش‌های حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش و تولید رواناب و رسوب در این مناطق را ضروری می‌سازد.

در سال‌های اخیر علاوه بر مدیریت فرسایش و رسوب، ارزیابی مولفه‌های هیدرولوژیکی منابع آب به عنوان یکی از راهکارهای مهم جهت مدیریت منابع آب و غذا در حوزه‌های آبخیز، بسیار واجد اهمیت می‌باشد. این مولفه‌ها که شامل آب آبی[3] و آب سبز[4] هستند می‌توانند جهت اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها، برای تعیین الگوی کشت مناسب، تعیین مناطق مناسب برای کشت آبی و دیم و هم‌چنین تبادل غذایی بین زیرحوزه‌ها مورد استفاده قرار گیرند (فرامرزی و همکاران[5]، ۲۰۱۰ و فرامرزی و همکاران، ۱۳۸۹). آب آبی، مجموع رواناب سطحی و تغذیه آب زیرزمینی تعریف شده است و شامل آب موجود در دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و اقیانوس‌ها می‌باشد (فالکن مارک و راکسترام[6]، ۲۰۰۶). به عبارت دیگر آب آبی، آب برداشت شده و مورد استفاده برای محصولات آبی است که توسط گیاه، مصرف شده و یا ممکن است تبخیر شود (ویب و همکاران[7]، ۲۰۰۹). با توجه به این‌که بیش از ۹۴ درصد از کل مصرف سالانه آب در ایران، مورد استفاده در بخش کشاورزی می‌باشد (علیزاده و کشاورز[8]، ۲۰۰۵)، آب آبی به عنوان یکی از منابع آبی مهم، مورد توجه قرار گرفته است.

1- Lee & Heaney.
2- Alansi et al.
3- Blue Water.
4- Green Water.
5- Faramarzi et al.
6- Falkenmark & Rockstrom.
7- Weib et al.
8- Alizadeh & Keshavarz.

در چرخه هیدرولوژیکی، آب آبی ابتدا به صورت ذخیره آب سبز[1] و پس از ذخیره در گیاه در نهایت به جریان آب سبز[2] تبدیل می‌شود (گائودونگ و همکاران[3]، ۲۰۰۶). آب سبز شامل دو بخش غیر فعال و فعال فعال می‌باشد. بخش غیرفعال، تبخیر از سطح خاک و آب است و بخش فعال تعرق نام دارد و از سطح گیاه صورت می‌گیرد. آب سبز همچنین می‌تواند در شناسایی مناطق مناسب کشت دیم از لحاظ رطوبتی مورد استفاده قرار گیرد (فرامرزی و همکاران، ۲۰۰۹). مطالعات نشان می‌دهد که حدود ٦٥ درصد از آب دریافتی به صورت باران به شکل تعرق از گیاه و از سطح جنگل، مرتع، تالاب و زمین‌های کشاورزی تحت عنوان جریان آب سبز به اتمسفر بازمی‌گردد (گائودونگ و همکاران، ۲۰۰٦). جریان آب سبز که همان تبخیر و تعرق واقعی می‌باشد تولید کننده بیوماس (زیست توده) گیاهی است (راکسترام و گوردن[4]، ۲۰۰۱).

با توجه به این‌که جریان آب سبز وابسته به ذخیره آب سبز می‌باشد در مناطقی که مقدار ذخیره رطوبت خاک پاسخ‌گوی تقاضای اتمسفر است محدودیت رطوبت برای گیاه کم‌تر بوده (گرتن و همکاران[5]، ۲۰۰۵) ۲۰۰۵) و گیاه بهتر می‌تواند از رطوبت ذخیره شده جهت تولید محصول استفاده نماید.

۱-۲ لزوم انجام پژوهش

عرصه آبخیزها به علت بهره برداری‌های گوناگون و استفاده غیراصولی و مدیریت نامناسب در خصوص منابع طبیعی کشور روند خوبی را طی نکرده و این امر منجر به فرسایش خاک، وقوع سیلاب‌ها، کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی و خشک‌سالی در حوزه‌های آبخیز و به‌ویژه حوزه آبخیز کهنک گردیده است (سازآب پردازان، ۱۳۸۳). این درحالی است که مدیریت صحیح در حوزه‌های آبخیز علاوه بر کاهش

1- Green Water Storage.
2- Green Water Flow.
3- Guodong et al.
4- Rockstrom, & Gordon.
5- Gerten et al.

مشکلات مذکور سبب تعادل آب، افزایش عملکرد در واحد سطح و بهبود وضعیت اقتصادی و اجتماعی می‌گردد (سردیوی و همکاران[1]، ۲۰۰۶). بنابراین آن‌چه بیش از هر چیز در حوزه‌های آبخیز می‌بایست مورد توجه قرار گیرد ایجاد تعادل در حوزه‌های آبخیز و بهره‌برداری مناسب از منابع مطابق با استعداد ذاتی آن‌ها می‌باشد که علاوه بر حفاظت خاک، سبب حفاظت از منابع آب نیز می‌گردد. در این رابطه شناسایی و اولویت‌بندی زیرحوزه‌های بحرانی به عنوان راه‌کاری مهم جهت مدیریت فرسایش و رسوب در حوزه‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. هم‌چنین با توجه به کم‌بود آب در بسیاری از مناطق جهان و افزایش جمعیت و هدرروی زیاد آب، استفاده از الگوی تعادل آب آبی و آب سبز نیز جهت بهبود مدیریت منابع آب و غذا در حوزه‌های آبخیز امری ضروری است (فالکن مارک و راکسترام، ۲۰۰۶).

یکی از راه‌کارهای مهم جهت اولویت‌بندی مناطق بحرانی برای مدیریت فرسایش و مدیریت منابع آب، استفاده از مدل‌هایی با قابلیت شبیه‌سازی بارش، رواناب و مولفه‌های چرخه هیدرولوژیکی می‌باشد. این مدل‌ها اغلب با استفاده از ساده‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی به درک بهتر فرآیندها کمک می‌کنند. به دلیل تنوع مدل‌های بارش- رواناب انتخاب یک مدل بارش- رواناب مناسب کاری دشوار است و نیازمند بررسی قابلیت‌های مدل در شبیه‌سازی و محدودیت‌های آن می‌باشد (گودرزی، ۱۳۹۱). از جمله مدل‌هایی که اخیراً به شکل وسیعی در سرتاسر دنیا در پژوهش‌های فرسایش و رسوب و مدیریت حوزه‌های آبخیز استفاده می‌شود، می‌توان به مدل SWAT[2] اشاره نمود (ائرنگ و همکاران[3]، ۲۰۱۱، استراوچ و همکاران[4]، ۲۰۱۱، هوانگ و همکاران[5]، ۲۰۰۹ و ان‌دومبا و همکاران[6]، ۲۰۰۸). این مدل در حوزه‌های آبخیزی که فاقد آماربرداری منظم هستند قابل استفاده می‌باشد. شبیه‌سازی حوزه‌های خیلی بزرگ یا راه‌کارهای مدیریتی

1- Sreedevi et al.
2- Soil and Water Assessment Tool, (SWAT).
3- Oeurng et al.
4- Strauch et al.
5- Huang et al.
6- Ndomba et al.

مختلف می‌تواند با استفاده از این مدل بدون سرمایه‌گذاری‌های زیاد زمانی و مالی انجام شود و کاربر قادر خواهد بود که اثرات طولانی مدت را نیز مطالعه کند (بسالت پور و همکاران[1]، ۲۰۱۲). بنابراین در این پژوهش نیز با در نظر گرفتن شرایط منطقه و اطلاعات موجود، مدل SWAT به عنوان مدل مناسب برای حوزه آبخیز مورد مطالعه استفاده شد.حوزه آبخیز کهنک در استان خوزستان برای این مطالعه در نظر گرفته شد. این حوزه علاوه بر اهمیتی که در تامین آب اراضی کشاورزی زیر حوزه دارد، نماینده اغلب حوزه های ایران است. اطلاعات ناقص اقلیمی و نیز اطلاعات زمانی رواناب (هیدروگراف) و رسوب (سدی گراف)، و وجود شرایط کوهستانی و دشت بخشی از ویژگی های این حوزه است. بنابراین، می‌بایست مدلی مورد استفاده قرار می‌گرفت که توانایی بازیابی آمار از دست رفته و نیز توانایی برآورد رواناب و رسوب را در شرایط کوهستانی و دشت داشته باشد. مدل SWAT قابل استفاده برای حوزه‌های آبخیز غیرشهری و کشاورزی است (بوراه و برا[2]، ۲۰۰۳) این مدل در حوزه‌های آبخیز کوهستانی با داده‌های ورودی محدود و نامطمئن، قابلیت شبیه سازی بالایی دارد هم‌چنین علی رغم موجود بودن اطلاعات مکانی در حوزه رودخانه کهنک تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای با استفاده از مدل‌های بارش – رواناب در این حوزه صورت نگرفته است. از سویی به علت قرارگرفتن حوزه آبخیز رودخانه کهنک در اقلیم خشک و نیمه خشک و محدودیت منابع آب در این حوزه آبخیز، تعیین مولفه‌های هیدرولوژیکی شامل آب آبی، ذخیره آب سبز و جریان آب سبز در سطح زیرحوزه، جهت اولویت‌بندی مناطق برای اهداف مدیریتی اهمیت زیادی دارد.

1- Besalatpour et al.
2- Borah & Bera.

۱-۳ اهداف پژوهش

این پژوهش با اهداف کلی زیر ارائه شد:

۱- بررسی قابلیت شبیه‌سازی رواناب و رسوب در یک حوزه آبخیز کوهستانی با داده‌های ورودی محدود و نامطمئن با استفاده از مدل SWAT.

۲- بررسی امکان استفاده از داده‌های اقلیمی جهانی برای شبیه‌سازی رواناب و رسوب در حوزه آبخیز مورد مطالعه با استفاده از مدل SWAT.

۳- بررسی کارایی الگوریتم SUFI-2[1] برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWAT.

٤- تعیین زیرحوزه‌های با بیش‌ترین و کم‌ترین پتانسیل تولید رواناب و رسوب در حوزه مورد مطالعه با استفاده از مدل SWAT.

۵- تعیین مولفه‌های آب آبی و آب سبز در زیرحوزه‌های حوزه آبخیز کهنک و مقایسه آن‌ها.

۱-۳-۱ اهداف فرعی

۱- پردازش اطلاعات در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و تعیین پارامترهای حوزه آبخیز.

۲- تحلیل حساسیت، واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWAT در شبیه‌سازی رواناب.

1- Sequential Uncertainty Fitting, SUFI-2.

فصل دوم

مروری بر منابع

۲-۱ اهمیت استفاده از مدل‌ها

بسیاری از حوزه‌های آبخیز معمولاً با کمبود امکانات و عدم اندازه‌گیری به موقع یا دقیق مواجه هستند و محاسبه رواناب به علت تنگناهای محیطی همواره با مشکلات زیادی رو به رو است. بنابراین مدل‌سازی و استفاده از روش‌های پیش‌بینی شدت فرسایش خاک - رسوب‌زایی و رواناب الزامی به نظر می‌رسد. بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی، برآوردهای بهتری از رواناب را در حوزه‌های آبخیز ممکن می‌سازد به همین دلیل استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدل‌سازی بارش- رواناب مورد توجه بسیاری از دانشمندان قرار گرفته است (سوری نژاد، ۱۳۸۱).

۲-۲ انواع مدل‌ها

امروزه طبقه‌بندی‌های گوناگونی برای مدل‌ها ارائه شده است. این طبقه‌بندی‌ها در اغلب موارد دارای زیرمجموعه‌هایی هستند. بطور کلی در برخی منابع، مدل‌ها به سه دسته مدل‌های جعبه سیاه، مدل‌های مفهومی و مدل‌های قطعی تقسیم شده‌اند (جاجرمی‌زاده و همکاران[1]، ۲۰۱۲). از میان این مدل‌ها، مدل‌های مفهومی دارای اساس فیزیکی بوده (وزه و همکاران[2]، ۲۰۱۱) و بر اساس ویژگی‌های زمانی، به مدل‌های تک رخداد و مدل‌های پیوسته و بر اساس ویژگی‌های مکانی به مدل‌های یکپارچه، نیمه توزیعی (کروکز و نادن[3]، ۲۰۰۷) و توزیعی تقسیم شده‌اند (جاجرمی‌زاده و همکاران، ۲۰۱۲). مدل‌های یکپارچه، حوزه آبخیز را به عنوان یک واحد یکپارچه در نظر می‌گیرند درحالی‌که مدل‌های توزیعی حوزه را به عناصر محاسباتی کوچک‌تر تقسیم کرده و تغییرات مکانی را برای هر قسمت در شبکه اعمال می‌کنند (وود وهمکاران[4]، ۱۹۸۸). در تقسیم‌بندی دیگری، مدل‌ها به سه دسته مدل‌های فیزیکی، قیاسی و عددی تقسیم شده‌اند. در

1- Jajarmizadeh et al.
2- Vaze et al.
3- Crooks & Naden.
4- Wood et al.

این تقسیم‌بندی مدل‌های عددی دربرگیرنده مدل‌های تجربی، مدل‌های فیزیک مبنا و مدل‌های آماری (استوکاستیک[1]) هستند (رفاهی، ۱۳۸۵).

در مباحث هیدرولوژیکی و برآورد رواناب، مدل‌های تجربی به علت ساختار ساده و سهولت استفاده و کاربرد معادلات ساده و مدل‌های فیزیک مبنا به دلیل استفاده از معادلات ریاضی، بیش‌تر از سایر مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (وزه و همکاران، ۲۰۱۱). مدل‌های تجربی در مدل‌سازی بارش- رواناب معمولاً در گام‌های زمانی طولانی مدت مورد استفاده قرار می‌گیرند و برای گام‌های زمانی کوتاه مدت، برآورد ضعیفی دارند. اساس شبیه‌سازی مدل‌های تجربی هیدرولوژیکی، استفاده از روابط رگرسیونی است (وزه و همکاران، ۲۰۱۱) و این مدل‌ها غالباً روابط بین رواناب، رسوب و بارش، گیاهان، انواع خاک، انواع کاربری، اقدامات حفاظت از آب، شیوه‌های خاک‌ورزی و غیره را برقرار می‌کنند (شن و همکاران[2]، ۲۰۰۹).

مدل‌های فیزیک مبنا نیز فرآیندهای واقعی را با استفاده از مجموعه‌ای از معادلات ریاضی مفهوم‌سازی کرده و بوسیله حل معادلات مربوطه، فرآیندهای هیدرولوژیکی را شبیه‌سازی می‌کنند (وزه و همکاران، ۲۰۱۱).

۲-۳ معرفی مدل SWAT

مدل SWAT از دسته مدل‌های نیمه توزیعی بوده که دارای اساس فیزیکی است. به عبارت دیگر مدل SWAT، مدلی فرآیند مبنا بوده که می‌تواند با استفاده از چرخه هیدرولوژی و فرموله کردن تمام فرآیندهای فیزیکی، جریان را در حوزه‌های آبخیز برآورد نماید (دمیرل و همکاران[3]، ۲۰۰۹). این مدل توسط سرویس تحقیقات کشاورزی ایالات متحده[4] برای پیش‌بینی تأثیر روش‌های مدیریتی گوناگون بر جریان آب، رسوب،

1- Stochastic.
2- Shen et al.
3- Demirel et al.
4- U.S. Department of Agriculture (USDA) Agricultural Research Service (ARS).

عناصر غذایی و تعادل مواد شیمیایی در حوزه‌های آبخیز بزرگ و پیچیده با کاربری‌های اراضی، خاک و شرایط مدیریتی متفاوت برای دوره‌های زمانی طولانی مدت ارائه شده است (نیتچ و همکاران[1]، ۲۰۱۱).

۲-٤ پیشینه مدل SWAT

مدل SWAT حاصل از ترکیب دو مدل SWRRB[2] (آرنولد و ویلیامز[3]، ۱۹۸۷) و ROTO[4] (آرنولد و همکاران، ۱۹۹۵) می‌باشد. مدل SWRRB در اوایل دهه ۱۹۸۰ جهت شبیه‌سازی اثرات مدیریت بر آب، حرکت رسوب در حوزه‌های آبخیز روستایی در ایالات متحده توسعه یافت (گاسمن و همکاران[5]، ۲۰۰۷). مدل SWRRB برگرفته از مدل‌های EPIC[6] (ایزارالده و همکاران[7]، ۲۰۰٦)، CREAMS[8] (نیسل[9]، ۱۹۸۰)، GLEAMS[10] (لئونارد و همکاران[11]، ۱۹۸۷) می‌باشد که قابلیت ارزیابی اثرات شهرنشینی بر روی رواناب و رسوب‌گذاری مخازن در حوزه‌های روستایی و شهری را دارا می‌باشد (روسنسال[12]، ۱۹۹۵). توسعه این مدل از اوایل دهه ۱۹۸۰ با اصلاح بارش روزانه از CREAMS آغاز شد. دیگر تغییرات شامل امکان هم‌زمان محاسبات در چندین زیرحوزه برای پیش‌بینی بازده آب حوزه، افزوده شدن مواردی مانند جزء آب زیرزمینی یا جریان بازگشتی، جزء ذخیره مخزن، بهبود روش پیش‌بینی بیشینه رواناب، افزوده شدن مدل رشد گیاهی، روندیابی عناصر غذایی، جزء انتقال رسوب و محاسبه انتقال هدررفت، گنجاندن شبیه‌ساز اقلیم برای بارش، تابش خورشیدی و درجه حرارت برای تسهیل شبیه‌سازی بلند مدت می‌باشد.

1- Neitsch et al.
2- Simulator for Water Resources in Rural Basins.
3- Arnold & Williams.
4- Routing Output to Outlet.
5- Gassman et al.
6- Erosion-Productivity Impact Calculator.
7- Izaurralde et al.
8- Chemical, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems.
9- Knisel.
10- Groundwater Loading Effects on Agricultural Management Systems .
11- Leonard et al.
12- Rosenthal et al.