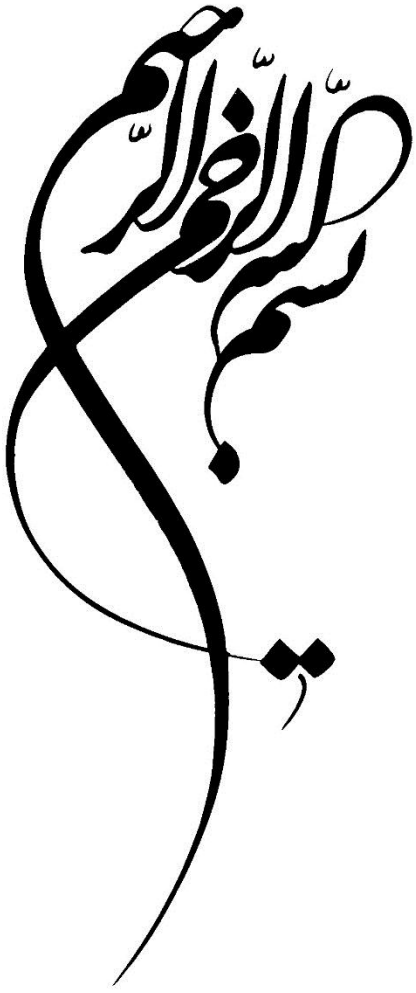
بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده مرتع و آبخیزداری

گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی

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

در رشته مهندسی آبخیزداری

کاربرد تلفیقی مدل هیدرولوژیکی WetSpa و مدل HEC-RAS در پهنه‌بندی سیل در دشت سیلابی رودخانه اترک (در محدوده شهرستان سملقان)

پژوهش و نگارش:

زهرا نامقی

اساتید راهنما:

دکتر عبدالرضا بهره مند

دکتر مجید اونق

استاد مشاور:

دکتر علی گلکاریان

تابستان ۱۳۹۲

چکیده

سیل به عنوان یک چالش زیست‌محیطی در حوزه‌های آبخیز و پیش‌بینی آن با رویکردهای دقیق و سریع همواره مورد توجه آبخیزنشینان، مدیران و برنامه‌ریزان بوده‌است. یکی از روش‌های مدیریتی مواجهه با سیل پهنه‌بندی می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق پهنه‌بندی سیل بازه‌ای به طول ۷۵ کیلومتر از رودخانه اترک است. بدین منظور از تلفیق مدل توزیعی- هیدرولوژیکی WetSpa و مدل هیدرولیکی HEC-RAS استفاده گردید. ورودی‌های اصلی مدل WetSpa، نقشه مدل رقومی ارتفاعی (DEM)، کاربری اراضی، بافت خاک از منطقه مورد مطالعه با فرمت رستری و ابعاد سلولی ۱۰۰متر و داده‌های هیدرومتئورولوژی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۰ شامل بارش ۲۵ ایستگاه، دما و تبخیر اندازه‌گیری شده ۵ ایستگاه هستند. مدل با ترکیب این داده‌ها و لایه‌ها در محیط GIS، هیدروگراف خروجی حوزه و توزیع مکانی خصوصیات هیدرولوژیکی حوزه آبخیز را شبیه‌سازی می‌کند. نتایج شبیه‌سازی تطابق نسبتا خوبی بین هیدروگراف‌های محاسبه‌شده و اندازه‌گیری‌شده در خروجی حوزه نشان داد. مدل بر اساس معیار ناش- ساتکلیف، هیدروگراف‌های روزانه را با دقتی بیش از ۶۰ و ۵۳ درصد به ترتیب برای دوره واسنجی و اعتبارسنجی و بر اساس معیار تطبیق داده شده ناش- ساتکلیف، دبی‌های حداکثر را با دقت ۷۷ و ۷۸درصد به ترتیب برای این دو دوره برآورد می‌کند. پس از واسنجی و اعتبارسنجی، مدل برای دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال اجرا گردید. دبی پیک هیدروگراف‌ها به‌همراه مشخصات هندسی رودخانه و مقاطع عرضی (۱۵۰۰ مقطع) تهیه شده توسط نرم‌افزار HEC-GeoRAS و ضرایب زبری، جهت شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه وارد نرم‌افزار HEC-RAS شد و پس از اجرای مدل پهنه‌های سیل با استفاده از GIS تهیه گردید مساحت پهنه‌های سیل به دست آمده از مدل HEC-RAS بیانگر این مطلب است که با افزایش دوره بازگشت سیل، سطح وسیع‌تری از اراضی، تحت تأثیر سیل قرار می‌گیرند. . نتایج آزمون آماری نشان داد که وسعت اراضی در معرض خطر سیل در دوره‌های بازگشت بزرگتر از ۲۵ سال تفاوت چندانی با هم ندارند و بخش عمده‌ای از خسارت به پهنه‌های دشت سیلابی زیر ۲۵ سال وارد شده است.

واژگان کلیدی: سیل، رودخانه اترک، WetSpa، HEC-RAS، پهنه‌بندی.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول (مقدمه)..... ۱

خلاصه ۲

۱- مقدمه و بیان مسأله ۲

۱-۱- سیل ۲

۱-۲- وضعیت سیل در جهان و ایران ۲

۱-۳- مدل ۳

۱-۳-۱- مدل‌های هیدرولوژیکی ۴

۱-۳-۱-۱- کلیات مدل هیدرولوژیکی توزیعی مکانی WetSpa ۵

۱-۳-۲- مدل‌های هیدرولیکی ۶

۱-۴- ضرورت استفاده و ارزیابی مدل‌ها ۷

۱-۵- پهنه‌بندی خطر سیل ۸

۱-۵-۱- روش‌های متداول در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل ۹

۱-۵-۱-۱- استفاده از مدلهای ریاضی ۱۰

۱-۵-۲- کاربرد نقشه‌های پهنه‌بندی در مدیریت سیلاب ۱۱

۱-۵-۳- مقایسه مبانی تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل با تعیین حد بستر و حریم رودخانه..... ۱۲

۱-۶- ضرورت تحقیق و طرح مسأله ۱۲

۱-۷- سوال‌های عمده تحقیق ۱۴

۱-۸- فرضیه‌ها ۱۵

۱-۹- هدف ۱۵

۱-۱۰- معرفی عمومی فصول پایان‌نامه ۱۵

فصل ۲ (مرور منابع)..... ۱۷

۲- مرور منابع ۱۸
۲-۱- مقدمه ۱۸
۲-۲- سابقه تحقیق استفاده از مدل WetSpa ۱۸
۲-۲-۱- سابقه تحقیق استفاده ازمدل WetSpa در داخل کشور ۱۸
۲-۲-۲- سابقه تحقیق استفاده از مدل WetSpa در سایر کشورها ۲۰
۲-۳- سابقه تحقیق استفاده از مدل HEC-RAS و پهنه‌بندی سیل ۲۶
۲-۳-۱- سابقه تحقیق استفاده از مدل HEC-RAS و پهنه‌بندی سیل در داخل کشور ۲۶
۲-۳-۲- سابقه تحقیق استفاده از مدل HEC-RAS و پهنه‌بندی سیل در سایر کشورها ۳۰
۲-۴- جمع‌بندی ۳۲
فصل ۳ (مواد و روش‌ها) ۳۳
۳- مواد و روش‌ها ۳۴
۳-۱- مقدمه ۳۴
۳-۲- معرفی منطقه مورد مطالعه ۳۶
۳-۲-۱- موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های آبخیز مورد مطالعه ۳۶
۳-۲-۲- توپوگرافی و فیزیوگرافی حوزه آبخیز اترک ۳۷
۳-۲-۳- شیب حوزه آبخیز اترک ۳۸
۳-۲-۴- شبکه آبراهه‌ای و وضعیت رودخانه‌های حوزه آبخیز اترک ۳۹
۳-۲-۵- اقلیم حوزه آبخیز اترک ۴۰
۳-۲-۶- پوشش گیاهی و کاربری اراضی حوزه آبخیز اترک ۴۱
۳-۲-۷- خاک‌شناسی حوزه آبخیز اترک ۴۲
۳-۲-۸- زمین‌شناسی حوزه آبخیز اترک ۴۳
۳-۲-۹- هیدرولوژی ۴۵
۳-۲-۹-۱- ایستگاه هیدرومتری در خروجی حوزه آبخیز اترک ۴۵
۳-۲-۹-۲- مطالعه رژیم آبدهی ۴۵
۳-۳- مدل WetSpa ۴۸

۳-۳-۱-جایگاه مدل WetSpa ۴۸
۳-۳-۲- شرح مدل WetSpa ۴۹
۳-۳-۳- ورودی‌های مدل WetSpa ۵۰
۳-۳-۴- فرمولاسیون مدل ۵۰
۳-۴- پارامترهای مدل ۵۲
۳-۴-۱- پارامترهای توزیعی مکانی ۵۲
۳-۴-۲- پارامترهای عمومی ۵۲
۳-۵- خروجی مدل ۵۳
۳-۵-۱- خروجی متوسط مدل ۵۳
۳-۵-۲- خروجی‌های نهایی ۵۳
۳-۵-۳- بیلان آب در کل حوزه ۵۳
۳-۹- تعیین بارش با دوره‌های بازگشت متفاوت (بارش طراحی) ۵۴
۳-۱۰- مدل هیدرولیکی HEC-RAS ۵۴
۳-۱۰-۱- ساختار مدل HEC-RAS و مبانی هیدرولیکی آن ۵۴
۳-۱۰-۱-۱- محدودیتهای مدل هیدرولیکی HEC-RAS ۵۵
۳-۱۰-۱-۲- مبانی تئوری مدل HEC-RAS ۵۶
۳-۱۰-۱-۳- معادلات پایه برای محاسبه پروفیل سطح آب ۵۷
۳-۱۰-۲- محاسبه پروفیل سطح آب با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS ۵۹
۳-۱۰-۳- روندیابی سیلاب ۶۰
۳-۱۱- نرم‌افزار HEC-GeoRAS ۶۱
۳-۱۲- پهنه‌بندی خطر سیل با مدل HEC-RAS و HEC-GeoRAS ۶۳
۳-۱۲-۱- آماده سازی داده‌های ورودی مدل هیدرولیکی HEC-RAS و برآورد تراز سطح آب ۶۳
۳-۱۲-۱-۱- مشخصات هندسی و مقاطع عرضی رودخانه ۶۳
۳-۱۲-۱-۲- اطلاعات مقادیر دبی رودخانه ۶۶
۳-۱۲-۱-۳- شرایط مرزی مدل ۶۶

۳-۱۲-۱-۴- تعیین ضریب زبری آبراهه اصلی و دشت‌سیلابی منطقه مورد مطالعه ۶۷
۳-۱۲-۱-۴-۱- رابطه کاون ۶۷
۳-۱۲-۱-۵- فرآیند اجرای مدل و برآورد تراز سطح آب در هر مقطع ۶۸
۳-۱۲-۲- تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در محیط GIS ۶۹

فصل ۴ (نتایج) ۷۰

۴- نتایج ۷۱
۴-۱- مقدمه ۷۱
۴-۲- آماده‌سازی نقشه‌های پایه جهت ورود به مدل ۷۱
۴-۳- نتایج اجرای بخش‌های مختلف مدل WetSpa ۷۱
۴-۳-۱- نتایج اجرای مرحله اول مدلWetSpa ۷۱
۴-۳-۱-۱- بخش توپوگرافی و تهیّه نقشه‌های مربوط به آن ۷۲
۴-۳-۱-۲- صفحه نمایش کاربری اراضی و تهیه نقشه‌های مربوط به آن ۷۴
۴-۳-۱-۳- صفحه نمایش بافت خاک و تهیّه نقشه‌های مربوط به آن ۷۷
۴-۳-۱-۴- صفحه نمایش ضریب رواناب و ذخیره چالابی و تهیّه نقشه‌های مربوط به آن ۸۰
۴-۳-۱-۵- صفحه نمایش پارامترهای روندیابی جریان و تهیّه نقشه‌های مربوط به آن ۸۱
۴-۳-۱-۶- صفحه نمایش پلیگون‌های تیسن و تهیّه نقشه‌های مربوط به آن ۸۳
۴-۳-۲- نتایج اجرای مرحله دوم مدلWetSpa ۸۶
۴-۳-۲-۱- انتخاب دوره آماری ۸۶
۴-۳-۲-۲- اجرای مدل WetSpa ۸۶
۴-۴- نتایج شبیه‌سازی هیدروگراف جریان حوزه بعد از اجرای اولیه مدل ۸۷
۴-۵- نتایج واسنجی مدل ۸۷
۴-۵-۱- نتایج حاصل از مقایسه هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده برای دوره واسنجی ۸۸
۴-۶- نتایج اعتبارسنجی مدل ۹۲
۴-۷- نتایج محاسبه بیلان آبی توسط مدل در دوره واسنجی ۹۶

۴-۸- بارش طرح ۹۷
۴-۸-۱- توزیع مکانی بارش در سطح حوزه ۹۸
۴-۹- شبیه‌سازی هیدروگراف سیل با دوره بازگشت‌های مختلف ۹۸
۴-۱۰- شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه و پهنه‌بندی سیل با مدل HEC-RAS ۱۰۰
۴-۱۰-۱- مشخصات هندسی و مقاطع عرضی رودخانه ۱۰۰
۴-۱۰-۲- اطلاعات مقادیر دبی رودخانه ۱۰۲
۴-۱۱- پهنه‌بندی سیلاب ۱۰۲
فصل ۵ (بحث و نتیجه‌گیری) ۱۱۷
۵- بحث و نتیجه‌گیری ۱۱۹
۵-۱- مقدمه ۱۱۹
۵-۲- استفاده از مدل WetSpa در حوزه‌های آبخیز ایران ۱۱۹
۵-۳- اجرای مدل ۱۱۹
۵-۴- نتیجه‌گیری از مدل WetSpa ۱۲۱
۵-۵- پهنه‌بندی خطر سیل ۱۲۲
۵-۵-۱- شبیه‌سازی رفتار هیدرولیکی رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS ۱۲۲
۵-۵-۲- خطر سیل ۱۲۳
۵-۶- آزمون فرضیات ۱۲۳
۵-۷- پیشنهادات پژوهشی ۱۲۴
۵-۸- پیشنهادات اجرایی ۱۲۵
منابع ۱۲۷

فهرست جدول ها

عنوان صفحه

جدول ۳- ۱- برخی ویژگیهای فیزیوگرافیک حوزه آبخیز اترک تا محل ایستگاه هیدرومتری آغمزار..... ۳۷

جدول ۳- ۲- مشخصات ایستگاه هیدرومتری در خروجی حوزه آبخیز اترک..... ۴۵

جدول ۳- ۳- پارامترهای آماری آبدهی ماهانه و سالانه رودخانه اترک در ایستگاه آغمزار طی دوره آماری موجود (مترمکعب بر ثانیه)..... ۴۷

جدول ۴- ۱- بخش‌های مختلف صفحه نمایش توپوگرافی..... ۷۲

جدول ۴- ۲- بخش‌های مختلف صفحه نمایش کاربری اراضی..... ۷۴

جدول ۴- ۳- بخش‌های مختلف صفحه نمایش بافت خاک..... ۷۷

جدول ۴- ۴- بخش‌های مختلف صفحه نمایش ضریب رواناب و ذخیره چالابی..... ۸۰

جدول ۴- ۵- بخش‌های مختلف صفحه نمایش پارامترهای روندیابی..... ۸۱

جدول ۴- ۶- مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در تهیه نقشه تیسن باران..... ۸۴

جدول ۴- ۷- مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در تهیه نقشه تیسن تبخیر و دما..... ۸۵

جدول ۴- ۸- پارامترهای مورد استفاده به جهت واسنجی..... ۸۸

جدول ۴- ۹- مقادیر معیارهای ارزیابی کارایی مدل در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی..... ۹۵

جدول ۴- ۱۰- مقادیر مؤلفه‌های بیلان آب در مرحله واسنجی مدل..... ۹۶

جدول ۴- ۱۱- مقادیر بارش طرح ایستگاه‌های باران‌سنجی حوزه اترک در دوره بازگشت‌های مختلف..... ۹۸

جدول ۴- ۱۲- مقادیر دبی پیک (مترمکعب بر ثانیه) حوزه با دوره‌بازگشت‌های مختلف، شبیه‌سازی شده در مدل **WetSpa**..... ۱۰۲

جدول ۴- ۱۳- مقادیر مساحت پهنه‌های سیل‌گیر در دوره‌بازگشت‌های مختلف بر حسب هکتار..... ۱۰۲

فهرست شکل ها

عنوان صفحه

شکل ۳- ۱-نمودار جریانی مراحل انجام تحقیق..... ۳۵
شکل ۳- ۲- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز مورد مطالعه در ایران..... ۳۷
شکل ۳- ۳- نقشه مدل رقومی ارتفاع حوزه آبخیز اترک..... ۳۸
شکل ۳- ۴ - نقشه شیب حوزه آبخیز اترک..... ۳۹
شکل ۳- ۵- نقشه رتبه‌بندی آبراهه‌های حوزه اترک به روش استراهلر..... ۴۰
شکل ۳- ۶- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز اترک..... ۴۲
شکل ۳- ۷- نقشه بافت خاک حوزه آبخیز اترک..... ۴۳
شکل ۳- ۸- نقشه زمین شناسی حوزه آبخیز اترک..... ۴۵
شکل ۳- ۹- ساختار مدل WetSpa (لیو و دسمت ۲۰۰۴)..... ۵۰
شکل ۳- ۱۰- نقشه موقعیت بازه مورد مورد مطالعه در مرحله پهنه‌بندی سیل..... ۶۵

شکل ۴- ۱- نقشه شبکه زهکشی حوزه آبخیز اترک..... ۷۳
شکل ۴- ۲- نقشه شعاع هیدرولیکی حوزه آبخیز اترک..... ۷۳
شکل ۴- ۳- نقشه طول جریان حوزه آبخیز اترک..... ۷۴
شکل ۴- ۴- نقشه عمق ریشه حوزه آبخیز اترک..... ۷۵
شکل ۴- ۵- نقشه ضریب زبری مانینگ حوزه آبخیز اترک..... ۷۵
شکل ۴- ۶- نقشه حداکثر ظرفیت ذخیره برگابی حوزه آبخیز اترک..... ۷۶
شکل ۴- ۷- نقشه حداقل ظرفیت ذخیره برگابی حوزه آبخیز اترک..... ۷۶
شکل ۴- ۸- نقشه هدایت هیدرولیکی حوزه آبخیز اترک..... ۷۸
شکل ۴- ۹- نقشه تخلخل(پروزیته) خاک حوزه آبخیز اترک..... ۷۸

شکل ۴- ۱۰- نقشه ظرفیت زراعی حوزه آبخیز اترک..... ۷۹
شکل ۴- ۱۱- نقشه رطوبت باقیمانده حوزه اترک..... ۷۹
شکل ۴- ۱۲- نقشه ضریب رواناب پتانسیل حوزه آبخیز اترک..... ۸۰
شکل ۴- ۱۳- نقشه ظرفیت ذخیره چالابی حوزه آبخیز اترک..... ۸۱
شکل ۴- ۱۴- نقشه سرعت جریان حوزه آبخیز اترک..... ۸۲
شکل ۴- ۱۵- نقشه زمان تمرکز جریان حوزه آبخیز دینور در بالادست سد کرخه..... ۸۲
شکل ۴- ۱۶- نقشه انحراف معیار زمان تمرکز جریان حوزه آبخیز اترک..... ۸۳
شکل ۴- ۱۷- پلیگون‌های تیسن بارندگی همراه با موقعیّت ایستگاه‌های بارانسنجی در حوزه اترک ۸۵
شکل ۴- ۱۸– پلیگون‌های تیسن تبخیر و تعرق و دما همراه با موقعیّت ایستگاه‌های سینوپتیک در حوزه اترک۸۶
شکل ۴- ۱۹- مقایسه بین دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده روزانه دوره آماری ۸۶-۸۲ دوره واسنجی حوزه اترک..... ۸۹
شکل ۴- ۲۰- مقایسه بین دبی اندازهگیری و شبیه سازی شده روزانه برای دوره واسنجی حوزه اترک در سال ۸۲-۸۳..... ۸۹
شکل ۴- ۲۱- مقایسه بین دبی اندازهگیری و شبیه سازی شده روزانه برای دوره واسنجی حوزه اترک در سال ۸۳-۸۴..... ۹۰
شکل ۴- ۲۲- مقایسه بین دبی اندازه¬گیری و شبیه سازی شده روزانه برای دوره واسنجی حوزه اترک در سال ۸۴-۸۵..... ۹۰
شکل ۴- ۲۳- مقایسه بین دبی اندازه¬گیری و شبیه سازی شده روزانه برای دوره واسنجی حوزه اترک در سال ۸۵-۸۶..... ۹۱
شکل ۴- ۲۴- نمایش لگاریتمی ابر نقاط دبی مشاهدهای در مقابل دبی شبیهسازی برای دوره واسنجی با حدود اطمینان ۹۹ درصد..... ۹۱
شکل ۴- ۲۵- مقایسه بین دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده روزانه دوره آماری ۹۰-۸۶ دوره ارزیابی حوزه اترک..... ۹۲

شکل ۴- ۲۶- مقایسه بین دبی اندازه¬گیری و شبیه‌سازی شده روزانه برای دوره ارزیابی حوزه اترک در سال ۸۶-۸۷ ..... ۹۳

شکل۴- ۲۷- مقایسه بین دبی اندازه¬گیری و شبیه سازی شده روزانه برای دوره ارزیابی حوزه اترک در سال ۸۷-۸۸ ..... ۹۳

شکل ۴- ۲۸- مقایسه بین دبی اندازه¬گیری و شبیه‌سازی شده روزانه برای دوره ارزیابی حوزه اترک در سال ۸۸-۸۹ ..... ۹۴

شکل ۴- ۲۹- مقایسه بین دبی اندازه¬گیری و شبیه‌سازی شده روزانه برای دوره ارزیابی حوزه اترک در سال ۸۹-۹۰ ..... ۹۴

شکل ۴- ۳۰- نمایش لگاریتمی ابر نقاط دبی مشاهدهای در مقابل دبی شبیهسازی برای دوره اعتبارسنجی با حدود اطمینان ۹۹ درصد ۹۵

شکل ۴- ۳۱- نمایش درصد مؤلفه‌های بیلان آب در مرحله واسنجی در دوره آماری ۸۲-۸۶ ..... ۹۷

شکل ۴- ۳۲- هیدروگراف سیل شبیه‌سازی شده حوزه با دوره‌بازگشت‌های مختلف ۹۹

شکل ۴- ۳۳- نقشه مقاطع عرضی بازه مورد مطالعه ۱۰۰

شکل ۴- ۳۴- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۲ سال در بخش اول رودخانه ۱۰۴

شکل ۴- ۳۵- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۵ سال در بخش اول رودخانه ۱۰۴

شکل ۴- ۳۶- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۱۰ سال در بخش اول رودخانه ۱۰۵

شکل ۴- ۳۷- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۲۵ سال در بخش اول رودخانه ۱۰۵

شکل ۴- ۳۸- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۵۰ سال در بخش اول رودخانه ۱۰۶

شکل ۴- ۳۹- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۱۰۰ سال در بخش اول رودخانه ۱۰۶

شکل ۴- ۴۰- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۲۰۰ سال در بخش اول رودخانه ۱۰۷

شکل ۴- ۴۱- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۲ سال در بخش دوم رودخانه ۱۰۷

شکل ۴- ۴۲- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۵ سال در بخش دوم رودخانه ۱۰۸

شکل ۴- ۴۳- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۱۰ سال در بخش دوم رودخانه..... ۱۰۸
شکل ۴- ۴۴- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۲۵ سال در بخش دوم رودخانه..... ۱۰۹
شکل ۴- ۴۵- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۵۰ سال در بخش دوم رودخانه..... ۱۰۹
شکل ۴- ۴۶- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۱۰۰ سال در بخش دوم رودخانه..... ۱۱۰
شکل ۴- ۴۷- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۲۰۰ سال در بخش دوم رودخانه..... ۱۱۰
شکل ۴- ۴۸- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۲ سال در بخش سوم رودخانه..... ۱۱۱
شکل ۴- ۴۹- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۵ سال در بخش سوم رودخانه..... ۱۱۱
شکل ۴- ۵۰- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۱۰ سال در بخش سوم رودخانه..... ۱۱۲
شکل ۴- ۵۱- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۲۵ سال در بخش سوم رودخانه..... ۱۱۲
شکل ۴- ۵۲- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۵۰ سال در بخش سوم رودخانه..... ۱۱۳
شکل ۴- ۵۳- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۱۰۰ سال در بخش سوم رودخانه..... ۱۱۳
شکل ۴- ۵۴- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۲۰۰ سال در بخش سوم رودخانه..... ۱۱۴
شکل ۴- ۵۵- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۲ سال در بخش چهارم رودخانه..... ۱۱۴
شکل ۴- ۵۶- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۵ سال در بخش چهارم رودخانه..... ۱۱۵
شکل ۴- ۵۷- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۱۰ سال در بخش چهارم رودخانه..... ۱۱۵
شکل ۴- ۵۸- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۲۵ سال در بخش چهارم رودخانه..... ۱۱۶
شکل ۴- ۵۹- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۵۰ سال در بخش چهارم رودخانه..... ۱۱۶
شکل ۴- ۶۰- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۱۰۰ سال در بخش چهارم رودخانه..... ۱۱۷
شکل ۴- ۶۱- نقشه عمق سیل با دوره‌بازگشت ۲۰۰ سال در بخش چهارم رودخانه..... ۱۱۷

.

فصل اول

مقدمه

خلاصه

در این فصل موضوع مورد مطالعه تعریف، دلایل انتخاب موضوع و فواید ناشی از اجرا و کاربرد آن ذکر می‌گردد. تعریف مساله، بیان اهداف و فرضیات تحقیق از دیگر زیر تقسیمات این فصل می‌باشد که به تفصیل بیان می‌گردد و در فصل بعد نظریات محققینی که قبلاً در حواشی موضوع فوق تحقیقات دیگری انجام داده‌اند بحث خواهد شد.

۱- مقدمه و بیان مسأله

۱-۱- سیل

تعاریف متعددی برای سیلاب مطرح شده است. برای مثال، بعضی از متخصصین هرگونه جریان آبی را که به امکانات اقتصادی و مالی افراد لطمه وارد سازد و یا هر ارتفاعی از آب رودخانه که طغیان کند و اراضی اطراف رودخانه یا مسیل را فرا گیرد، سیلاب می‌داند. با توجه به دیدگاه‌های مختلف به طورکلی می‌توان چنین استنباط کرد که سیل به جریانی گفته می‌شود که: ۱- جریان آب برای مقطع خاصی از رودخانه بیش از جریان عادی باشد، ۲- تداوم زمانی محدودی داشته باشد، ۳- جریان آب از بستر طبیعی خود خارج و اراضی پست حاشیه رودخانه را فرا گیرد و ۴- خسارت مالی و جانی داشته باشد (مهدوی، ۱۳۷۶).

۱-۲- وضعیت سیل در جهان و ایران

بررسی آمار واطلاعات خسارات سالانه ناشی ازوقوع سیلاب‌ها در ایران وجهان بیانگر گستردگی صدمات ناشی از سیلاب به منابع طبیعی، انسانی و اقتصادی مناطق مختلف می‌باشد (وهابی، ۱۳۸۵).

آمار موجود نشان می‌دهد که تعداد وقوع بلایای طبیعی ناشی از سیلاب در حال افزایش بوده و این روند افزایشی از حدود نیمه دوم دهه ۹۰ میلادی شدت یافته است. اما این روند در قاره آسیا شدیدتر از سایر قاره‌ها بوده است. دلیل این امر می‌تواند افزایش جمعیت و شدّت یافتن پدیده فقر در این قاره باشد. سیلاب یکی از شایع‌ترین و مخرب‌ترین وقایع طبیعی است و کشور ما از نظر تعداد وقایع سیلاب، در بین مناطق متوسط جهان قرار دارد. بنابراین مسئله وقوع سیلاب و خسارات مالی

وتلفات جانی ناشی از آن در کشور ما از اهمیت خاصی برخوردار است (بزرگی و ابراهیمی‌لویه، ۱۳۸۵).

سالانه در نقاط مختلف جهان، جان و مال بسیاری از مردم در اثر وقوع سیل به مخاطره می‌افتد (خلیلی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴). سیل را باید یکی از جدّی‌ترین بلایای طبیعی به‌شمار آورد. تنها معدودی از کشورهای جهان را می‌توان یافت که فارغ از مسائل و مصایب سیل باشند، طبق آمار سازمان‌های تخصصی ملل متحد در یک دهه در ۱۳۰ مورد وقوع سیلاب‌های بزرگ بیش از ۶۴۱۰۳ نفر تلفات انسانی و ۹/۰۶ میلیارد دلار خسارت مالی محسوس به‌همراه داشته است (خسروشاهی و ثقفیان، ۱۳۸۱). در کشور ایران طی بررسی سیل‌های خسارت‌بار ۵۰ سال گذشته (۱۳۸۰-۱۳۳۰) تعداد ۳۷۰۰ مورد سیل حادثه‌خیز به ثبت رسیده است که از این تعداد ۴۸۱ مورد سیلاب مهم در طول سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۱ به وقوع پیوسته است که بالغ بر ۶۳۰ نفر تلفات انسانی به همراه داشته است (محمودیان شوشتری، ۱۳۸۱).

طبق بررسی به‌عمل آمده ۵۵ درصد از سطح کشور در تولید رواناب مستقیم و سریع نقش داشته، که حدود ۴۲ میلیون هکتار از آن دارای شدت سیل‌خیزی متوسط تا خیلی زیاد هستند (اکبرپور،۱۳۷۷).

اطلاعات جمع‌آوری شده نشان می‌دهد که فراوانی وقوع سیل در ایران از ۳۹ رویداد در سال ۱۳۵۰ به ۲۷۶ مورد در سال ۱۳۷۷ فزونی یافته است (معاونت آبخیزداری،۱۳۸۱).

آمار فوق همگی نشان‌دهنده اهمیت پدیده سیلاب و تلفات جانی وخسارات مالی سنگینی است که این پدیده همه ساله به کشور تحمیل می‌نماید و به جرأت می‌توان گفت که پدیده سیل در کشور یک پدیده فراگیر بوده و تقریباً تمامی نواحی کشور به نوعی متحمل خسارات هنگفت ناشی از آن شده‌اند. همچنین، این آمار حاکی از روند افزایشی تعداد وقوع پدیده سیلاب و خسارات جانی و مالی ناشی از آن در کشور می‌باشد که این زنگ خطری برای مسئولین و تصمیم‌گیران مدیریت بلایای طبیعی کشور است تا هر چه سریع‌تر با تغییر استراتژی‌های مدیریتی بلایای طبیعی از مدیریت بحران به مدیریت ریسک این وضعیت را بهبود بخشند (بزرگی و ابراهیمی‌لویه، ۱۳۸۵).

۱-۳- مدل

مدل نمایش ساده یک سیستم پیچیده است که تعدادی از مشخصه‌های سیستم را شبیه‌سازی می‌کند (تلوری، ۱۳۷۵). به عبارتی صورت ساده شده‌ای از کل یک سیستم می‌باشد و بیان کننده واقعیت‌ها و

فرایندهایی است که در یک سیستم وجود دارد. بدین ترتیب مدل در یک سیستم حوزه‌آبخیز مشخص کننده تقریبی فرآیندهایی است که موجب رخداد پدیده‌های مختلف مانند شکل‌گیری رواناب سطحی، رخداد و گسترش انواع فرسایش آبی، تولید و حمل رسوب و موارد مشابه دیگر می‌شوند، در یک حوزه آبخیز حادث می‌گردد (تلوری، ۱۳۸۲ و قدوسی، ۱۳۸۳).

۱-۳-۱- مدل‌های هیدرولوژیکی

عکس‌العمل 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، تبخیر، دما و ... بستگی دارد. تأثیر هریک از این عوامل در تولید رواناب کاملاً غیریکنواخت است. اکثر سیستم‌های هیدرولوژیکی، بسیار پیچیده‌اند و نمی‌توان آن‌ها را کاملاً شناخت، بنابراین برای شناخت یا کنترل برخی از جوانب رفتار آن‌ها، حذف یا خلاصه کردن امری ضروری است. خلاصه کردن آن‌ها با جایگزین ساختن سیستم مورد نظر با مدلی مشابه، ولی با ساختمانی ساده‌تر صورت می‌گیرد. هدف اولیه یک مدل شبیه‌سازی پیش‌بینی عمل یک سیستم پیچیده و بررسی اثر تغییرات روی عملکرد سیستم است (نجفی، ۱۳۸۱). اگر چرخه هیدرولوژی به‌عنوان یک سیستم درنظر گرفته شود، اجزای متعدد این سیستم از بارندگی، برگاب، تبخیر و تعرق، نفوذ، ذخیره سطحی، رواناب سطحی، رواناب زیرسطحی و جریان زیرزمینی تشکیل می‌شود. البته با توجه به اهداف مورد نظر هر جزء را می‌توان یک سیستم یا زیرسیستم در نظر گرفت. در یک تعبیر مدل‌های هیدرولوژیکی می‌توانند به سه گروه کلی فیزیکی، آنالوگ و ریاضی تقسیم‌بندی شوند (تلوری، ۱۳۷۵).

به‌علت هزینه کم مدل‌های ریاضی و عدم امکان استفاده از مدل‌های فیزیکی در شبیه‌سازی حوزه‌ها، مدل‌های ریاضی جایگاه ویژه‌ای در هیدرولوژی یافته‌اند. همچنین بیش‌تر مسائلی که در هیدرولوژی به آن‌ها پرداخته می‌شود نیازمند تحلیل تغییرات مکانی و زمانی بارش، آبدوی سطحی و غیره می‌باشد. چنین تحلیلی با توجه به حجم وسیع داده‌ها و محاسبات مورد نیاز، نیازمند کاری منسجم و برنامه‌ریزی شده در قالب یک مدل ریاضی می‌باشد (خلیقی‌سیگارودی، ۱۳۸۳). آگاهی از دسته‌بندی مدل‌ها به انتخاب مدل در کاربرد مورد نظر کمک می‌کند. به طور کلی مدل‌های شبیه‌سازی ریاضی در هیدرولوژی به سه دسته مدل‌های یکپارچه، توزیعی و نیمه‌توزیعی تقسیم می‌شوند.

پارامترهای مدل‌های هیدرولوژیک یکپارچه از نظر فضایی در داخل حوزه متغیر نیستند. بنابراین پاسخ حوزه فقط در خروجی ارزیابی می‌شود و پاسخ زیر حوزه‌های منفرد به طور غیرمستقیم محاسبه می‌شود.

پارامترهای مدل‌های نیمه‌توزیعی، در فضا به وسیله تقسیم حوزه به تعدادی زیرحوزه‌های کوچک تغییر می‌کند. با شکست حوزه به وسیله یک شبکه سلولی مدل حاصل از نوع کاملا توزیعی می‌باشد. مدل‌های نیمه‌توزیعی نیازمند داده ورودی کمتری نسبت به مدل‌های توزیعی می‌باشند.

در مدل‌های توزیعی، توزیع مکانی در متغیرهای ورودی و پارامترها در نظر گرفته می‌شود. در این مدل‌ها حوزه اصلی به تعداد زیادی سلول‌های کوچک تقسیم می‌شود و برای هرکدام جداگانه مدل‌سازی صورت می‌گیرد. سپس با ترکیب آن‌ها با هم، پاسخگویی حوزه اصلی را محاسبه می‌کنند. در نتیجه یک مدل توزیعی، نسبت به یک مدل یکپارچه می‌تواند جزئیات بیشتری از فرآیندهای هیدرولوژیکی حوزه آبریز را شبیه‌سازی کند و در اختیار کاربر قرار دهد (وزارت نیرو، ۱۳۹۱). به عبارتی مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی با قابلیت تغییرپذیری مکانی خصوصیات حوزه و داده‌های بارش پتانسیل بالایی برای بهبود شبیه‌سازی هیدروگراف سیل دارند (شعبانلو، ۱۳۹۰).

۱-۳-۱-۱- کلیات مدل هیدرولوژیکی توزیعی مکانی WetSpa[۱]

اساس مدل‌های توزیعی هیدرولوژیکی- فیزیکی درک ما از فیزیک فرآیندهای هیدرولوژیکی می‌باشد که عکس‌العمل آبخیز را کنترل نموده و در توصیف این فرآیندها از معادلات و روابط فیزیکی استفاده می‌گردد. مدل مورد استفاده در این تحقیق مدل هیدرولوژیکی توزیعی مکانی WetSpa می‌باشد. بیشتر توانایی‌های مدل شامل پیش‌بینی سیل، بررسی اثرات کاربری اراضی بر روی سیل‌ها و کاربرد آن در جهت مدیریت حوزه‌ی آبخیز می‌باشد (بهره‌مند، ۲۰۰۶). در مدل WetSpa از نقشه‌های رقومی ارتفاعی، کاربری اراضی و بافت خاک، پارامترهای مختلف توزیعی مدل در سطح آبخیز استفاده می‌شود. سپس رواناب و سایر مؤلفه‌های بیلان آبی محاسبه می‌شود که در نهایت رواناب محاسبه گردیده، با استفاده از روش تقریب موج‌پخشی تا خروجی حوزه آبخیز روندیابی می‌گردد (زینی‌وند، ۲۰۰۹). از فواید مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی- مکانی یک انعکاس توزیعی مکانی از اثر پارامترهای

[۱] Water and Energy Transfer between Soil, Plant and Atmosphere

مدل و خصوصیات فیزیکی حوزه می‌باشد، به طور مثال اثر کاربری اراضی بر جریان‌های رودخانه، در سرشاخه‌ها و در خروجی حوزه می‌باشد. به عبارتی دیگر مدل‌ها اثرات ناشی از تغییرات کاربری اراضی را به وضوح نشان می‌دهند.

۱-۳-۲- مدل‌های هیدرولیکی

سازه‌های هیدرولیکی بیشتر در دامنه کاربرد مدل‌های فیزیکی است اما با توجه به پیشرفت‌هایی که در زمینه‌های کامپیوتر و سرعت پردازش آن‌ها پیش آمده از طرفی و تهیه و تدوین نرم‌افزارهای توسعه مدل از طرف دیگر باعث شده که تهیه و توسعه مدل‌های ریاضی بسیار سریع‌تر، کم‌هزینه‌تر و درنهایت مقرون به صرفه‌تر باشد. به همین دلیل کاربردهای آن و همچنین استقبال استفاده از آن‌ها روز به روز در حال افزایش است.

مدل‌ها از لحاظ شرایط حل عددی به مدل‌های یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی تقسیم می‌شوند. بدین معنی که در مدل‌های یک بعدی با حل عددی معادلات یک بعدی، پارامترهای جریان در طول به‌دست می‌آیند به عبارت دیگر در هر فاصله مشخص از نقطه شروع پارامترهای جریان از قبیل سرعت، عمق و ... به‌دست می‌آیند.

مدل‌های دو بعدی می‌تواند انواع مختلف داشته باشد که بسته به نیاز یکی از آن‌ها استفاده می‌شود، یعنی دو بعد در نظر گرفته شده یا در پلان بوده و یا در مقطع می‌باشد. در این نوع مدل‌ها، پارامترهای جریان (مخصوصا سرعت و عوامل وابسته آن) در دو بعد در جهت جریان و عمود بر جریان در صفحه افقی به‌دست می‌آید.

مدل‌های سه بعدی به‌صورت هم‌زمان پارامترهای جریان را در سه بعد مکانی مورد ارزیابی قرار داده و حل می‌نماید. چنانچه مشخص است مدل‌های سه بعدی نسبت به مدل‌های دو بعدی و مدل‌های دو بعدی نسبت به مدل‌های یک بعدی اطلاعات دقیق‌تری از جریان را در اختیار قرار می‌دهند. ولی به همان نسبت برای توسعه چنین مدل‌هایی نیاز به اطلاعات وسیع‌تر و دقیق‌تر بیشتر بوده و صرف هزینه و زمان توسعه چنین مدل‌هایی بسیار زیادتر می‌شود (وزارت نیرو، ۱۳۸۸). بنابراین بسته به نیاز، کاربر می‌تواند به یکی از این مدل‌ها که جواب قابل قبولی می‌دهد اکتفا کند.

۱-٤- ضرورت استفاده و ارزیابی مدل‌ها

در کشور ما اکثر حوزه‌های آبخیز، به‌ویژه حوزه‌های آبخیز کوهستانی و صعب العبور، فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری به تعداد کافی می‌باشند و هرگونه برنامه‌ریزی عمرانی و مدیریتی را با معضل و یا حتی شکست مواجه می‌سازند (رستمیان، ۱۳۸۵). پیچیدگی سیستم‌های هیدرولوژیکی، کمبود و نقص اطلاعات در دسترس و کمبود ایستگاه‌های هیدرومتری تحلیل و پیش‌بینی وقایع هیدرولوژیکی و برآورد سیلاب را به جهت مدیریت آن دچار مشکل می‌سازد (حاتمی یزد، ۱۳۸۶). برای مقابله با این معضل، متخصصین علم آبخیزداری، هیدرولوژیست‌ها و محققین منابع آب راه‌حل‌های مختلفی عرضه نمودند. عقیده بر این است که شبیه‌سازی پدیده‌های هیدرولوژی در حوزه‌های آبخیز می‌تواند راه حل بهینه‌ای برای آن‌ها باشد (رستمیان، ۱۳۸۵). نوعی نگرش موجود به تحلیل مسائل هیدرولوژی، نگرش سیستمی است. این نگرش در بررسی مسائل هیدرولوژی سعی در بررسی و توسعه روابط بین پارامترهای اندازه‌گیری شده چرخه هیدرولوژی داشته و باعث سادگی تحلیل وقایع هیدرولوژیک می‌شود. از این‌رو مورد توّجه هیدرولوژیست‌ها قرار گرفته است. بر این اساس بررسی روابط بارش- رواناب حوزه‌های دارای آمار به‌منظور ارائه مدل‌هایی که بتوانند رواناب حوزه‌های مشابه ولی فاقد آمار را برآورد نمایند با تکیه بر این نگرش مورد بررسی قرار گرفته است (حاتمی یزد، ۱۳۸۶). آگاهی از میزان وقوع سیلاب و بررسی رفتار آن نیازمند وجود آمار کافی از وضعیت هیدرولوژیکی حوزه و دبی رودخانه می‌باشد که تحقق این هدف در رودخانه‌های فصلی و مناطق فاقد جریانات دائمی مقدور نمی‌باشد، لذا کاربرد مدل‌های هیدرولوژیکی به‌منظور شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب و مدل‌های هیدرولیکی برای تحلیل جریان رواناب در رودخانه و بررسی نحوه گسترش آن سودمند می‌باشد. بنابراین توسعه و تکمیل مدل‌های هیدرولوژی برای فهم اثرات متقابل بین اقلیم و سیستم هیدرولوژی و برای بررسی طیف وسیعی از مشکلات زیست محیطی و منابع آب ضروری به نظر می‌رسد (رستمیان، ۱۳۸۵).