دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی آب

پایان نامه

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی

عنوان

شبیه سازی هیدرولوژیکی حوضه آبریز صوفی چای با استفاده از مدل HSPF

استاد راهنما

دکتر امیرحسین ناظمی

استاد مشاور

دکتر محمدعلی قربانی

پژوهشگر

محرم بابائی

بهمن ماه ۱۳۹۰ **شماره پایان نامه : ۲۸-۱۳۹۰**

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

هر درختی که در میان باغ زندگی روئیده، ریشه ای عمیق در دل خاک دارد، پدر عزیزم، تو نیز ریشه زندگی من هستی، از تو به خاطر تمام زحماتی که برایم کشیده ای متشکرم ...

مادر عزیزم، تو آفتاب گرمابخش زندگی من هستی. من هر روز با تو طلوع می کنم و به زندگی سلام کرده و انرژی حیات را از تو می گیرم. از تو نیز به خاطر تمام محبت های صادقانه ات سپاسگزاری می کنم.

تشکر و قدردانی

سپاس بیکران یزدان پاک را که گوهر اندیشه را پیرایه آدمی گردانید. شایسته است از الگوی علمی و اخلاقی ام، جناب آقای **دکتر امیر حسین ناظمی** که بسیار فراتر از وظایف استاد راهنما و در تمام مراحل با صبر و حوصله بسیار در پیشبرد اهداف این تحقیق نقش بسزایی داشتند، کمال تشکر و سپاسگزاری را داشته باشم.

از استاد متعهد، برجسته و محبوب، جناب آقای **دکتر محمد علی قربانی** که به رغم مشغله های بسیار، در طی مراحل انجام این تحقیق از نظراتشان بهره مند می شدم، بسیار سپاسگزارم.

شایسته است از زحمات دوستان بسیار عزیز و مهربانم، آقایان مهندس مهدی رضائیان زاده و مهندس حسین لطفی که یقیناً بدون مساعدت ها و راهنمایی های ارزنده ایشان این تحقیق به پایان نمی رسید کمال تشکر و سپاسگزاری را داشته باشم. همچنین از مساعدت و همفکری استاد گرامی پورفسور کیت بون از دانشگاه لَنکستر انگلستان قدردانی می نمایم.

از اعضاء هیأت علمی گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز که از محضر ایشان استفاده نموده ام تشکر می نمایم. همچنین از زحمات اساتید عزیز بخش مهندسی آب دانشگاه شیراز، جناب آقای دکتر علیرضا سپاسخواه، دکتر سیف اله امین، دکتر داور خلیلی، دکتر شاهرخ زند پارسا، دکتر علی اکبر کامکار، که در طی یکسال دوره کارشناسی ارشد افتخار شاگردیشان را داشتم بسیار سپاسگزارم.

همچنین از آقایان مهندس حامد تقی زاده، مهندس صابر شریفی، سرکار خانم مهندس پریسا عباسعلی پور که در بخش هایی از انجام این تحقیق از مساعدت هایشان بهره مند شدم، بسیار سپاسگزارم. مایلم از آقایان مهندس جواد بخشی، مهندس اقبال تمری، مهندس اسلام مقدم، مهندس مهدی درفشی، مهندس امیر اسدی، مهندس جواد عظیمی و از دیگر دوستان به ویژه هم کلاسی هایم که در این دوره از تحصیل از مساعدت و همیاریشان بهره برده ام و همچنین سایر عزیزانی که بنحوی این حقیر را در مراحل مختلف اجرای این تحقیق یاری نموده اند، کمال تشکر و سپاسگزاری را داشته باشم.

از کارکنان شرکت سهامی آب منطقه ای استان آذربایجان شرقی و بخش آبخیزداری اداره منابع طبیعی استان، بویژه جناب آقای مهندس مختاری که در تهیه آمار و اطلاعات این تحقیق نقش مهمی داشتند، بسیار سپاسگزارم.

در پایان از پدر و مادر عزیزم که در طی دوران تحصیل همواره همراه و یاور من بوده اند خالصانه قدردانی می نمایم.

محرم بابائی

بهمن ماه ۱۳۹۰

نام خانوادگی: بابائی **نام**: محرم

عنوان پایان نامه: شبیه سازی هیدرولوژیکی حوضه آبریز صوفی چای با استفاده از مدل HSPF

استاد راهنما: دکتر امیر حسین ناظمی **استاد مشاور**: دکتر محمد علی قربانی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: مهندسی آب **گرایش**: آبیاری و زهکشی

دانشگاه: تبریز **دانشکده**: کشاورزی **تاریخ فارغ التحصیلی**: ۱۳۹۰/۱۱/۱۹ **تعداد صفحه**: ۱۰۱

واژه‌های کلیدی: شبیه سازی هیدرولوژیکی، مدل HSPF، حوضه آبریز صوفی چای، واسنجی، صحت سنجی

چکیده

شبیه سازی هیدرولوژی حوضه‌های آبریز اغلب برای، تخمین دبی اوج، حجم سیلاب و رواناب حاصل از بارندگی‌ها، طراحی سدها و سازه‌های آبی صورت می‌گیرد. از طرفی، محدودیت هایی که در روشهای اندازه‌گیری مؤلفه‌های سیکل هیدرولوژی و دسترسی به داده‌های مورد نیاز وجود دارد، استفاده از مدل های ریاضی را ضروری می‌سازد. شبیه سازی بهتر فرآیند های هیدرولوژیکی مستلزم این است که داده های ورودی مدل های هیدرولوژیکی بتوانند به خوبی شرایط واقعی حوضه آبریز را بیان کنند. این امر ضرورت استفاده از مدل هایی که برخی از پارامتر های خود را با پردازش لایه های اطلاعاتی بدست می آورند روشن می کند. مدل HSPF با پارامتر های یکپارچه، قطعی و بر پایه فیزیکی، قادر است فرایند های هیدرولوژیکی را به طور پیوسته در حوضه های آبریز و شبکه رودخانه ها شبیه سازی کند. این مدل که به اطلاعات هواشناسی با گام زمانی ساعتی نیاز دارد، تاکنون در بسیاری از نقاط جهان مورد استفاده قرار گرفته است. هدف این تحقیق، کاربرد مدل HSPF در برآورد دبی متوسط روزانه، دبی های اوج، حجم جریان ماهیانه و سالیانه و پارامتر های سیکل هیدرولوژی حوضه آبریز صوفی چای که در قسمت جنوبی کوه سهند در استان آذربایجان شرقی واقع شده است، می باشد. داده های آماری سال های میلادی ۲۰۰۲ تا ۲۰۰٦ بارندگی و آب سنجی برای این حوضه موجود بوده بطوریکه ایستگاه هیدرومتری تازه کند در خروجی آن واقع شده است. داده های موجود سالهای ۲۰۰۲ تا ۲۰۰٤ برای واسنجی مدل و داده های سال های ۲۰۰۵ و ۲۰۰٦ برای صحت سنجی شبیه سازی مدل مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج این تحقیق نشان داد می توان با روش های آماری مناسب و تقلیل گام زمانی اطلاعات موجود در ایستگاه های هواشناسی کشور، زمینه استفاده از مدل هایی نظیر مدل HSPF را برای شبیه سازی هیدرولوژیکی حوضه های آبریز ایران فراهم کرد. در واقع عدم وجود اطلاعات هواشناسی با گام زمانی کوچکتر در ایستگاه های هواشناسی کشور نباید منجر به نادیده گرفتن مزایای مدل هایی نظیر مدل HSPF شود. همچنین نتایج این تحقیق نشان می دهد که مدل HSPF در شبیه سازی دبی های روزانه، حجم جریان ماهیانه و سالیانه دقت مناسبی دارد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱-کلیات ۱

۱-۱- مقدمه..... ۱

۱-۲- سیستم هیدرولوژی..... ۲

۱-۳- متغیر ها در هیدرولوژی..... ۲

۱-٤- پارامتر ها در هیدرولوژی..... ۳

۱-٥- مدل های هیدرولوژیکی..... ۳

۱-٦- اهداف تحقیق..... ۷

۱-۷- مراحل انجام تحقیق..... ۷

فصل ۲- پیشینه تحقیق ۹

۲-۱- مدل سازی فرآیند های هیدرولوژیکی ۹

فصل ۳- مواد و روش ها ۱۷

۳-۱- سیمای عمومی منطقه مورد مطالعه ۱۷

۳-۲- وضعیت هوا و اقلیم شناسی حوضه مورد مطالعه ۲۰

۳-۳- وضعیت هیدرولوژی حوضه مورد مطالعه ۲۲

۳-٤- معرفی مدل HSPF ۲٥

۳-٤-۱- مقدمه ۲٥

۳-٤-۲- تاریخچه مدل HSPF ۲٦

۳-٤-۳- توصیف مدل HSPF ۲٦

۳-٤-٤- مؤلفه های هیدرولوژیکی مدل HSPF ۳۰

۳-٤-٤-۱- اصلاح درجه حرارت هوا ۳۰

۳-٤-٤-۲- شبیه سازی بارش و ذوب برف ۳۱

۳-٤-٤-۳- بیلان آب در زمین های نفوذپذیر ۳۷

۳-٤-٤-۳-۱- برگاب ۳۹

۳-٤-٤-۳-۲- نفوذ آب در خاک ٤۰

۳-٤-٤-۳-۳- گیرش سطحی یا چالاب ٤٤

۳-٤-٤-۳-٤- رفتار آب در مخزن ناحیه پایینی ٤٧
۳-٤-٤-۳-٥- جریان آب زیر زمینی ٤٩
۳-٤-٤-۳-٦- جریان زیر سطحی ٥٠
۳-٤-٤-۳-۷- رواناب سطحی ٥١
۳-٤-٤-۳-۸- تبخیر و تعرق ٥٢
۳-٤-٤-۳-۹- روندیابی جریان در رودخانه ها ٥٤
۳-٤-٥- اطلاعات ورودی مدل HSPF ٥٥
۳-٤-٥-۱- لایه های اطلاعاتی ٥٥
۳-٤-٥-۲- تقسیم بندی سطح حوضه به واحد های هیدرولوژیکی ٥٩
۳-٤-٥-۳- فایل اطلاعات آب سنجی و هواشناسی ٥٩
۳-٤-٥-٤- ایستگاه های آب سنجی و هواشناسی ٦٠
۳-٤-٦- پارامتر های به کار رفته در مدل HSPF برای شبیه سازی هیدرولوژیکی ٦٤
۳-٤-٦-۱- تحلیل حساسیت پارامتر ها ٦٦
۳-٥- واسنجی ٦٧
۳-٥-۱- دوره زمانی واسنجی مدل و معیار های آن ٦٨
۳-٥-۲- انتخاب شرایط اولیه حوضه آبریز صوفی چای جهت واسنجی ۷۰
فصل٤- نتایج، بحث و ارائه پیشنهاد ها ۷٤
٤-۱- واسنجی مدل ۷٤
٤-۱-۱- مقایسه دبی روزانه مشاهداتی و شبیه سازی شده (سال ۲۰۰۲) ۷٤
٤-۱-۲- مقایسه حجم ماهیانه و سالیانه جریان مشاهداتی و شبیه سازی شده (سال ۲۰۰۲) ۷٦
٤-۱-۳- مقایسه دبی روزانه مشاهداتی و شبیه سازی شده (سال ۲۰۰۳) ۷۷
٤-۱-٤- مقایسه حجم ماهیانه و سالیانه جریان مشاهداتی و شبیه سازی شده (سال ۲۰۰۳) ۷۸
٤-۱-٥- مقایسه دبی روزانه مشاهداتی و شبیه سازی شده (سال ۲۰۰٤) ۸۱
٤-۱-٦- مقایسه حجم ماهیانه و سالیانه جریان مشاهداتی و شبیه سازی شده (سال ۲۰۰٤) ۸۳
٤-۲- صحت سنجی مدل ۸٥
٤-۲-۱- مقایسه دبی روزانه مشاهداتی و شبیه سازی شده (سال ۲۰۰٥) ۸٥

٤-٢-٢- مقایسه حجم ماهیانه و سالیانه جریان مشاهداتی و شبیه سازی شده (سال ٢٠٠٥) ٨٦
٤-٢-٣- مقایسه دبی روزانه مشاهداتی و شبیه سازی شده (سال ٢٠٠٦) ٨٨
٤-٢-٤- مقایسه حجم ماهیانه و سالیانه جریان مشاهداتی و شبیه سازی شده(سال ٢٠٠٦) ٨٩
٤-٣- منحنی های تداوم جریان برای صحت سنجی مدل ٩١
٤-٤- حجم سالیانه جریان مشاهداتی و شبیه سازی شده ٩٣
٤-٥- نتیجه گیری ٩٥
٤-٦- ارائه پیشنهادات ٩٧
فهرست منابع ٩٨

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ : پارامتر های ژئومتری حوضه آبریز صوفی چای ۱۹

جدول ۳-۲ : مقادیر دبی های متوسط، حداکثر، حداقل و حجم جریان سالیانه ایستگاه تازه کند ۲۲

جدول ۳-۳ : مقادیر دبی های متوسط، حداکثر، حداقل و حجم جریان ماهیانه سال ۲۰۰۲ ..... ۲۳

جدول ۳-٤ : مقادیر دبی های متوسط، حداکثر، حداقل و حجم جریان ماهیانه سال ۲۰۰۳ ..... ۲۳

جدول ۳-۵ : مقادیر دبی های متوسط، حداکثر، حداقل و حجم جریان ماهیانه سال ۲۰۰٤ ..... ۲٤

جدول ۳-٦ : مقادیر دبی های متوسط، حداکثر، حداقل و حجم جریان ماهیانه سال ۲۰۰۵ ..... ۲٤

جدول ۳-۷ : مقادیر دبی های متوسط، حداکثر، حداقل و حجم جریان ماهیانه سال ۲۰۰٦ ..... ۲۵

جدول ۳-۸ : مقایسه اطلاعات هواشناسی مورد نیاز روش توازن انرژی و روش درجه- روز ۳۳

جدول ۳-۹ : مقادیر چگالی برف در شرایط مختلف ۳٤

جدول ۳-۱۰ : حداکثر مقدار مخزن برگاب در رابطه با نوع پوشش حوضه (اینچ) ٤۰

جدول ۳-۱۱ : مقادیر INFILT به عنوان تابعی از گروه های هیدرولوژیکی خاک ٤۲

جدول ۳-۱۲ : مقادیر UZSN به عنوان تابعی از LZSN در رابطه با شرایط حوضه (اینچ) ٤٦

جدول ۳-۱۳ : مقادیر NSUR در رابطه با نوع پوشش حوضه ۵۲

جدول ۳-۱٤ : مقادیر LZETP در رابطه با نوع پوشش حوضه ۵۳

جدول ۳-۱۵ : مشخصات زیر حوضه های حوضه آبریز صوفی چای ۵۷

جدول ۳-۱٦ : کاربری اراضی حوضه آبریز صوفی چای..... ۵۹

جدول ۳-۱۷ : مشخصات ایستگاه های مورد استفاده ٦۰

جدول ۳-۱۸ : پارامتر های ورودی مؤثر بر شبیه سازی هیدرولوژیکی در مدل HSPF ٦۵

جدول ۳-۱۹ : مقادیر پارامتر های هیدرولوژیکی واسنجی شده مدل ۷۲

جدول ٤-۱ : مقادیر حجم ماهیانه، سالیانه، ضریب تبیین R^2 و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برای واسنجی مدل در سال ۲۰۰۲ ..... ۷٦

جدول ٤-۲ : مقادیر حجم ماهیانه، سالیانه، ضریب تبیین R^2 و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برای

واسنجی مدل در سال ۲۰۰۳ ..... ۸۰
جدول ٤-۳ : مقادیر حجم ماهیانه، سالیانه، ضریب تبیین R^2 و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برای واسنجی مدل در سال ۲۰۰٤ ..... ۸٤
جدول ٤-٤ : مقادیر حجم ماهیانه، سالیانه، ضریب تبیین R^2 و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برای واسنجی مدل در سال ۲۰۰۵ ..... ۸۷
جدول ٤-۵ : مقادیر حجم ماهیانه، سالیانه، ضریب تبیین R^2 و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برای واسنجی مدل در سال ۲۰۰٦ ..... ۹۰
جدول ٤-٦ : مقادیر حجم سالیانه جریان مشاهداتی و شبیه سازی شده توسط مدل در سال های ۲۰۰٦-۲۰۰۲ ..... ۹۳

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ : طبقه بندی مدل های هیدرولوژیکی ۵

شکل ۳-۱ : نمای کلی و موقعیت حوضه آبریز صوفی چای نسبت به سد علویان ۱۸

شکل ۳-۲ : منحنی هیپسومتری حوضه آبریز صوفی چای ۱۹

شکل ۳-۳ : اقلیم نمای دومارتن..... ۲۰

شکل ۳-٤ : اقلیم نمای آمبرژه..... ۲۱

شکل ۳-۵ : تقسیم بندی سطح یک حوضه به سه واحد هیدرولوژیکی ۲۸

شکل ۳-٦ : زیر برنامه های مختلف بخش PERLND ۲۹

شکل ۳-۷ : زیر برنامه های مختلف بخش RCHRES ۲۹

شکل ۳-۸ : زیر برنامه های مختلف بخش IMPLND ۳۰

شکل ۳-۹ : چرخه آب در زمین های نفوذپذیر در مدل HSPF ۳۷

شکل ۳-۱۰ : تصویر کلی پروفیل خاک در مدل HSPF ۳۸

شکل ۳-۱۱ : مقایسه تابع چگالی احتمال واقعی و فرضی ٤۱

شکل ۳-۱۲ : شبیه سازی نفوذ آب در خاک در مدل HSPF ٤۳

شکل ۳-۱۳ : تغییرات نفوذ آب در به داخل مخزن ناحیه بالایی نسبت به پارامتر UZRAT ٤٤

شکل ۳-۱٤ : تغییرات نفوذ آب در به داخل مخزن ناحیه پایینی نسبت به پارامتر LZRAT ٤۸

شکل ۳-۱۵ : نحوه شبیه سازی جریان رودخانه ها در مدل HSPF..... ۵٤

شکل ۳-۱٦ : مدل رقومی (DEM)، زیر حوضه ها و رودخانه های حوضه آبریز صوفی چای ۵٦

شکل ۳-۱۷ : نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز صوفی چای ۵۸

شکل ۳-۱۸ : ضریب وزنی مربوط به ایستگاه های باران سنجی ٦۱

شکل ۳-۱۹ : رودخانه صوفی چای در محل ایستگاه هیدرومتری تازه کند ٦۳

شکل ۳-۲۰ : الگوریتم روند واسنجی برای مدل HSPF ٦۹

شکل ٤-۱ : هیدروگراف مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ۲۰۰۲ ..... ۷۵

شکل ٤-٢ : مقایسه دبی متوسط روزانه مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٢ ..... ٧٥
شکل ٤-٣ : حجم جریان ماهیانه مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٢ ..... ٧٧
شکل ٤-٤ : هیدروگراف مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٣ ..... ٧٨
شکل ٤-٥ : مقایسه دبی متوسط روزانه مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٣ ..... ٧٨
شکل ٤-٦ : حجم جریان ماهیانه مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٣ ..... ٨١
شکل ٤-٧ : هیدروگراف مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٤ ..... ٨٢
شکل ٤-٨ : مقایسه دبی متوسط روزانه مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٤ ..... ٨٢
شکل ٤-٩ : حجم جریان ماهیانه مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٤ ..... ٨٥
شکل ٤-١٠ : هیدروگراف مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٥ ..... ٨٦
شکل ٤-١١ : مقایسه دبی متوسط روزانه مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٥ ..... ٨٦
شکل ٤-١٢ : حجم جریان ماهیانه مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٥ ..... ٨٨
شکل ٤-١٣ : هیدروگراف مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٦ ..... ٨٩
شکل ٤-١٤ : مقایسه دبی متوسط روزانه مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٦ ..... ٨٩
شکل ٤-١٥ : حجم جریان ماهیانه مشاهداتی و شبیه سازی شده برای واسنجی مدل در سال ٢٠٠٦ ..... ٩١
شکل ٤-١٦ : منحنی تداوم جریان برای صحت سنجی مدل در سال ٢٠٠٥ ..... ٩٢
شکل ٤-١٧ : منحنی تداوم جریان برای صحت سنجی مدل در سال ٢٠٠٦ ..... ٩٢
شکل ٤-١٨ : مقایسه حجم سالیانه جریان مشاهداتی و شبیه سازی شده در کل دوره شبیه سازی ٩٤

فهرست علائم

علائم اختصاری	عنوان فارسی	واحد
I	ضریب خشکی دومارتن	-
Q_2	ضریب اقلیمی آمبرژه	-
T	متوسط سالیانه درجه حرارت	درجه سانتی گراد
P	میانگین سالیانه بارندگی	میلی متر
M	میانگین حداکثر درجه حرارت روزانه گرمترین ماه سال	درجه کلوین
m	میانگین حداقل درجه حرارت روزانه سردترین ماه سال	درجه کلوین
C	نام نوع گروه هیدرولوژیکی خاک	-
D	نام نوع گروه هیدرولوژیکی خاک	-
$\overline{P}$	متوسط بارندگی روی سطح حوضه	میلی متر
P_i	بارندگی در هر ایستگاه باران سنجی	میلی متر
A_i	مساحت مربوط به هر ایستگاه باران سنجی با توجه به ضریب وزنی آن	کیلومتر مربع
RMSE	جذر میانگین مربعات خطا	متر مکعب بر ثانیه
R^2	ضریب تبیین	-

فصل اول :

کلیات

فصل ۱- کلیات

۱-۱- مقدمه

توسعه روزافزون جمعیت، افزایش نیاز های کشاورزی و پیشرفت های صنعتی و در نتیجه افزایش نیازهای آبی، برنامه ریزی تامین آب را برای هر کشوری در اولویت قرار می دهد. لزوم مهار آب های سطحی و جلوگیری از هدر رفتن آنها به ویژه برای کشوری مانند ایران با نزولات کم، بسیار با اهمیت است. در این راستا مدیریت مناسب حوضه های آبریز که نقش بسزایی در تامین آب دارند ضروری به نظر می رسد. حوضه آبریز به عنوان منطقه ای که آب را به یک رودخانه یا یک مجموعه آبی (دریاچه ها وآبهای زیر زمینی) هدایت می کند تعریف می شود. برای مدیریت مناسب آبهای سطحی و زیرسطحی و آبهای زیرزمینی فرآیند های واقع شده روی حوضه آبریز باید کاملا درک شود، حوضه آبریز یک جزء جدایی ناپذیر منابع آبی است که برای اهداف گوناگون توسط جامعه مورد استفاده قرار می گیرد. در صورتیکه ابزار های توانای شبیه سازی واکنش حوضه آبریز به عوامل مختلف موجود باشند فرآیند های حوضه آبریز برای اجرای طرح های مدیریتی در خصوص منابع آب بطور فزآینده ای به کار گرفته می شوند.

شبیه سازی هیدرولوژی حوضه‌های آبریز، اغلب برای تخمین دبی اوج و حجم سیلاب و رواناب حاصل از بارندگی‌ها، طراحی سدها و سازه‌های آبی صورت می‌گیرد. این که میزان دبی عبوری از یک سرریز چقدر است و یا در سیستم‌های زهکشی شهری چه حجم مخزنی مورد نیاز است تا آب کافی برای آبیاری و ذخیره آب شرب را در دوران خشکسالی تضمین کند و سئوالات دیگر، همه آنها در جهت رفع نیاز انسان‌ها و کاهش خطر ریسک مد نظر قرار می‌گیرد. از طرفی، محدودیت هایی که در روش های اندازه‌گیری مؤلفه‌های سیکل هیدرولوژی و دسترسی به داده‌های مورد نیاز وجود دارد، استفاده از مدل های ریاضی را ضروری می‌سازد. با این حال، هدف نهایی از پیش بینی توسط مدل های یاد شده، باید به بهبود تصمیم گیری در مدیریت منابع آب و برنامه ریزی و توسعه آنها بیانجامد. منظور از مدلسازی، ایجاد ارتباط بین فرآیند ها و برهم کنشهای آنها با هدف مختصر نمودن، ارزیابی و شبیه سازی این فرآیند ها می باشد. یکی از مزایای مدل های هیدرولوژیکی که امروزه به طور گسترده ای توسعه یافته اند، درک بهتر عوامل موثر در فرآیند های هیدرولوژیکی حوضه آبریز است. در پیش بینی هیدرولوژی و برآورد مقادیر عوامل معادله بیلان آبی، پارامتر های سیکل هیدرولوژی مورد بررسی و و تجزیه و تحلیل قرار می گیرند که روش

های متعددی برای تخمین مقادیر این عوامل از طریق داده هایی که از مشاهدات و آمـارگیری بدسـت مـی آیند، وجود دارد. اگر چه این داده ها بسیار با ارزش هستند ولی دستیابی به آنهـا مسـتلزم وجـود وسـایل و دستگاه های اندازه گیری طولانی مدت می باشد، از طرفی این عوامـل خـود شـدیداً در معـرض تغییراتـی هستند که یا به طور طبیعی و یا توسط فعالیت های انسان در آنها به وجود می آید. به این ترتیـب شـاید در مدت طولانی هم نتـوان داده هـای یکنواخـت و مناسـب را بـرای تجزیـه و تحلیـل فراوانـی متغیـر هـای هیدرولوژی فراهم نمود. از این رو متخصصین مسایل هیدرولوژی، روش های غیر مستقیمی را بـرای پـیش بینی و برآورد متغیر های هیدرولوژی ابداع نموده اند که با توجه به توسـعه و پیشـرفت کـامپیوتر در انجـام محاسبات پیچیده، امکان بررسی های دقیق و جامع تر فراهم گردیده اسـت. یکـی از ایـن روش هـا، مـدل سازی و یا شبیه سازی هیدرولوژی حوضه های آبریز می باشد. مساله اصلی در هیدرولوژی کاربردی، تعیین جریان های رودخانه ای با استفاده از پارامتر های فیزیکی محیط از قبیل بارندگی، درجه حرارت، باد و غیره و پارامتر های مربوط به حوضه آبریز می باشد. تعیین جریان رودخانه ها نه تنها بـرای پـیش بینـی سـیلاب است، بلکه برای شناخت اثرات ناشی از تغییرات مورد نظری که در حوضه آبریز می بایست اعمال شـود و یا به طور کلی در مدیریت منابع آب حاصل آید، می باشد. برای این کار، فرآیند هـایی کـه بارنـدگی را بـه جریان های رودخانه ای مبدل می سازد، بایستی ضرورتاً تعیین گردند. این فرآیند ها که تحـت اثـر قـوانین فیزیکی انجام می پذیرند، بایستی با توجه به شرایط مرزی برای راه حل سیستم، مورد استفاده قرار گیرند. به این ترتیب هیدرولوژیست ها مجبور به تجزیه و تحلیل سیستم های هیدرولوژی حوضه آبریز می باشند.

۱-۲- سیستم هیدرولوژی

یک سیستم هیدرولوژی شامل فرآیند های فیزیکی، شیمیایی و یا بیولـوژیکی کـه روی یـک متغیـر (یـا متغیرهای) ورودی اثر می گذارد و یک متغیر (یا متغیر های) خروجی را به وجود می آورند تعریـف مـی-شود. در این تعریف یک متغیر به عنوان یک مشخصه از یک سیستم می باشد که ممکن اسـت مقـادیر ایـن مشخصه را بتوان اندازه گیری کرد[۲۷].

۱-۳- متغیر ها در هیدرولوژی

یک متغیر عبارت است از یک مشخصه از یک سیستم که در زمان های مختلف، مقادیر متفاوتی داشته و ممکن است قابل اندازه گیری هم باشد. در سیستم هیدرولوژی عواملی از قبیل بارندگی، تبخیـر و تعـرق، و غیره که در هر زمان متغیر هستند از متغیر های هیدرولوژی می باشند[۵].

۱-٤- پارامتر ها در هیدرولوژی

پارامتر عبارت است از یک مشخصه کمی یا کیفی در سیستم که نسبت به زمان ثابت باقی می ماند، مثلا سطح یک حوضه آبریز یک پارامتر از سیستم آبریز می باشد. در هیدرولوژی هر خصوصیت قابل اندازه گیری از سیستم هیدرولوژی را پارامتر می گویند. مثل سطح حوضه، شکل و غیره، که از طریق اطلاعات مشاهده ای تنها برآوردی از مقادیر مختلف واقعی آنها را می توان به دست آورد[۲۷].

۱-۵- مدل های هیدرولوژیکی

مدل خواص مکانی و زمانی یک سیستم یا بخشهایی از آن را به صورت فیزیکی و یا ریاضی شبیه سازی می کند. مدلهای کامپیوتری به دلیل کاهش هزینه ها و کوتاه کردن مدت زمان دستیابی به نتایج اجرای یک سناریو بر روی یک سیستم ، بصورت گسترده ای در علوم مختلف به کار می روند. استفاده از مدل های هیدرولوژیکی به عنوان یکی از روش های برآورد رواناب در سالهای اخیر توسعه زیادی یافته است[٤۳]. مدل های هیدرولوژیکی ممکن است به صورت های زیر باشند:

الف) مدل فیزیکی: یعنی مدلی شبیه نمونه اصلی (سیستم اصلی) که در مقیاس کوچکتر باشد.

ب) مدل آنالوگ: یا قیاسی به معنای فرض نمودن شباهت یک نمونه کوچک با یک سیستم کامل می-باشد.

ج) مدل ریاضی: خصوصیات یک سیستم بوسیله یک سری معادلات ریاضی نشان داده می شود. یعنی با در نظر گرفتن یک اصل منطقی، روابط تجربی بین متغیر ها و پارامتر ها به صورت توابع همبستگی و به شکل معادلات ریاضی نشان داده می شود[۲۲و۲٤].

در سال ۱۹۸۸ چاو و همکاران[1] مدل های هیدرولوژیکی را طبقه بندی کردند[۲٤]. نتیجه مطالعه ایشان در **شکل۱-۱** نشان داده شده است. طبق این طبقه بندی :

مدل‌های هیدرولوژیکی، می توانند قطعی[2] یا احتمالاتی[3] باشند. هنوز هم تطبیق بسیاری از فرآیند های هیدرولوژیکی با معادلات ریاضی با سطحی از عدم قطعیت[4] همراه است. مدل های قطعی بر حسب یک

1. Chow et al.
2. Deterministic
3. Stochastic
4. Uncertainty

ورودی مشخص، جواب منفرد و ثابتی را ارائه می‌کند. مدل‌های احتمالاتی، عدم اطمینان و تصادفی بودن را در خروجی و نتایج ممکن، به دلیل عدم اطمینان در متغیرهای ورودی، شرایط مرزی و یا پارامترهای مدل مجاز می‌دانند. اکثر مدل های مورد استفاده برای شبیه سازی فرآیند های هیدرولوژیکی حوضه آبریز، قطعی می باشند[٤٨،٢٤].

مدل‌های هیدرولوژیکی می توانند یکپارچه[1] یا توزیعی[2] باشند. مدل‌های یکپارچه، مدل‌هایی می‌باشند که تغییرات مکانی عوامل را در سیستم لحاظ نمی‌کنند و با حوضه آبریز به عنوان یک سیستم واحد رفتار می‌شود و متغیرهای هیدرولوژی، حالت میانگین در سرتاسر حوضه دارند. از طرف دیگر مدل‌های توزیعی مدل‌هایی هستند که تغییرات مکانی عوامل را از نقطه ای به نقطهٔ دیگر در گسترهٔ سیستم هیدرولوژی در نظر می‌گیرند. و حوضه به تعداد زیادی عنصر و شبکه مربعی تقسیم شده که هر کدام دارای متغیر هایی با مقادیر متفاوت می باشند[٤٨،٢٤].

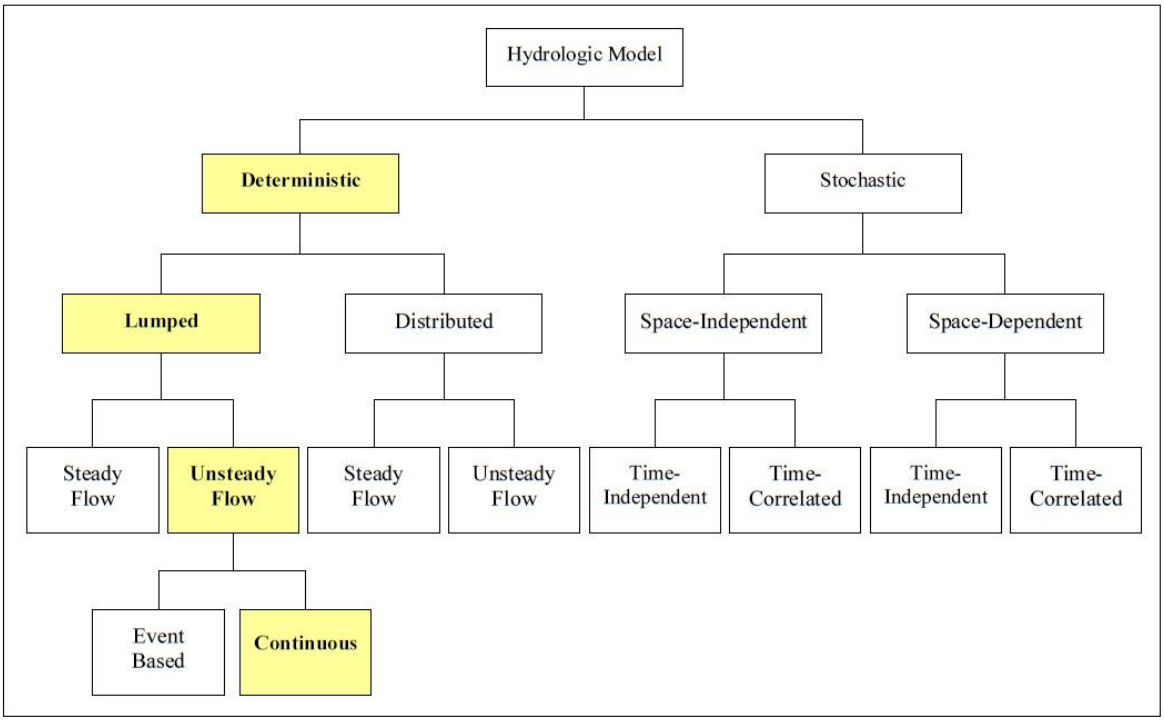
مدل های هیدرولوژیکی می توانند دائمی[3] یا غیر دائمی[4] باشند. در مدل های دائمی فرض می شود جریان نسبت به زمان ثابت است. اما در مدل های غیر دائمی جریان می تواند در فاصله زمانی شبیه سازی نسبت به زمان متغیر باشد. غیر دائمی بودن جریان باعث پیچیده تر شدن شبیه سازی فرآیند های هیدرولوژیکی می شود[٤٨،٢٤].

مدل های هیدرولوژیکی می توانند تک واقعه ای[5] یا پیوسته[6] باشند. در مدل های تک واقعه ای مدل قادر قادر است پاسخ هیدرولوژیکی حوضه را، تنها برای دوره زمانی کوتاه مانند یک رگبار شدید، شبیه سازی نماید. این مدلها تنها به اطلاعات ورودی در فاصله زمانی وقوع یک واقعه ای منفرد که شبیه سازی می کنند، نیاز دارند. به طور مثال اگر قرار باشد یک مدل تک واقعه ای به شبیه سازی رواناب ناشی از یک رگبار خاص بپردازد، تنها به اطلاعات بارش همین رگبار خاص نیاز دارد، به همین دلیل در مدل های تک واقعه ای تنظیم شرایط اولیه حوضه آبریز نظیر رطوبت خاک ، بسیار حائز اهمیت است. تأکید مدل های تک واقعه ای بر نفوذ و روانابی سطحی می باشد و هدفشان برآورد رواناب مستقیم است.

1. Lumped
2. Distributed
3. Steady
4. Unsteady
5. Event- based
6. Continuous

مدل های پیوسته برای شبیه سازی رفتار هیدرولوژیکی حوضه های آبریز در دوره های زمـانی طـولانی (معمولا یک سال و بیشتر) به کار می روند، به همین دلیل هر چه دوره زمانی شبیه سازی با ایـن مـدل هـا بیشتر باشد، اطلاعات مورد نیاز آنها نیز بیشتر خواهد بود. در این مدل ها نیز تنظـیم شـرایط اولیـه حوضـه آبریز مهم است، اما اغلب به دلیل طولانی بودن زمان شبیه سازی ، این شـرایط بـر روی نتـایج مـدل هـای پیوسته، تاثیر چشمگیری ندارند[٤٨،٢٤].

مدل های هیدرولوژیکی همچنین ممکن است مفهومی[1] یا تجربی باشند. مدل های مفهومی مجموعه ای از توابع را که برای توصیف فرآیند های حوضه آبریز مورد نیاز است را متضمن می شوند. در واقع در مدل های مفهومی فرآیند های مؤثر بر متغیر های ورودی برای تولید پارامتر های خروجی بر پایه قوانین فیزیکی می باشند، در حالیکه مدل های تجربی بر پایه مشاهده و آزمایش استوار می باشند نه بر پایه نظـری. بیشـتر پارامتر های مدل های مفهومی مستقیماً قابل اندازه گیری نیستند و باید از داده های مشـاهده شـده اسـتنباط شوند. مدل HSPF به عنوان مدل مفهومی طبقه بندی شده است و پیچیدگی زیادی دارد. مـدل هـای قطعـی برای کاربرد مهندسین، در طبقه بندی مدل های مفهومی قرار می گیرند[٤٨،٢٤].



شکل ۱-۱: طبقه بندی مدل های هیدرولوژیکی [٢٤]

1. Conceptual

مدل HSPF[1] با پارامتر های یکپارچه، قطعی و بر پایه فیزیکی، قادر است فرایند هـای هیـدرولوژیکی را به طور پیوسته در حوضه های آبریز و شبکه رودخانه ها شبیه سازی کنـد[۱۹]. در واقـع، بـه خـاطر اینکـه فرآیند های محیطی به طور پیوسته در زمان و مکان اتفاق می افتند، این فرآیند ها خیلی پیچیده هستند تا به طور جامع شبیه سازی شوند. اگر فرآیند های محیطی کاملاً بدیهی بودند یک مدل ریاضی می توانسـت بـه طور فیزیکی، پیوسته، قطعی، و توزیعی توسعه داده شود. متأسفانه اکنون فرایند های حاکم در محـیط هـای طبیعی کاملاً بدیهی نیستند، بنابراین مدل HSPF و هر مدل هیدرولوژیکی دیگر بر سطوح مختلف مکـانی و زمانی و حد واسط فرآیند ها تکیه دارد تا اینکه واکنش ها در یک حوضه آبریز را پیش بینی کند. این مـدل می تواند واکنش در هر نقطه از یک حوضه آبریز را به وسیله اطلاعات ورودی همچون بارنـدگی، تبخیـر و تعرق، و درجه حرارت هوا به دقت پیش بینی کند[٤٨].

پیرو استفاده از کامپیوتر در بررسی های منابع طبیعی در قرن حاضر ، نگرش سیسـتمی بـه پدیـده هـای مختلف طبیعت، رشدی قابل توجه یافته است. شبیه سازی سیستم هـای طبیعـی از برآینـد هـای مهـم ایـن فرآیند می باشد[٤٣]. تا به حال مدل های زیادی برای شبیه سازی فرآیند های هیدرولوژی ابداع و بـه کـار گرفته شده اند. بسیاری از این مدل ها با واسنجی یا بهینه سازی مقادیر پارامتر ها، نیاز ما را در جاهایی کـه به دلیل کمبود داده ها قادر به انجام محاسبات نیستیم مرتفع می سازند. مدل HSPF به دلیل الگوریتم تقریبـاً کاملی که از سیکل هیدرولوژی بیان کرده است و همچنین به دلیل اینکه این مـدل در سـطح حوضـه هـای مختلف شهری، کشاورزی و طبیعی کاربرد دارد، در این تحقیق انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت.

1. Hydrologic Simulation Program Fortran