دانشگاه صنعتي اميركبير

(پلی تکنیک تهران)

دانشكده: **مهندسي عمران و محيط زيست**

پايان نامه كارشناسي ارشد

رشته تحصيلي: **عمران**

عنوان

تحليل عدم قطعيت در پيش بيني سيل

استاد راهنما

پروفسور محمد كارآموز

دكتر رضا مكنون

دانشجو

مهديس فلاحي

بسمه تعالی

فرم اطلاعات پایان‌نامه

کارشناسی ارشد و دکترا

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
معاونت پژوهشی

تاریخ:.....

پیوست:.....

نام و نام‌خانوادگی: مهدیس فلاحی **دانشجوی:** **آزاد** (×××) **بورسیه** (...) **معادل** (...)

شماره دانشجویی:۸۲۲۲۴۰۵۰ **دانشکده:** مهندسی عمران و محیط‌زیست **رشته تحصیلی:** عمران

نام و نام‌خانوادگی استاد راهنما: پروفسور محمد کارآموز، دکتر رضا مکنون

عنوان پایان‌نامه به فارسی: **تحلیل عدم قطعیت در پیش بینی سیل**

عنوان پایان‌نامه به انگلیسی: **Assessment of uncertainty in flood forecasting**

نوع پروژه: **کارشناسی ارشد** (×××) **کاربردی** (×××) **بنیادی** (×××) **توسعه‌ای** (...) **نظری** (...)
دکتـــــــرا (...)

تاریخ شروع: ۱۳۸۵ /۱/۲۰ **تاریخ خاتمه:** ۱۳۸۵/۱۲/۲۲ **تعداد واحد:** ۶

سازمان تأمین کننده اعتبار:

واژه‌های کلیدی به فارسی: سیل، پیش بینی، عدم قطعیت، بارش، مدل بارش- رواناب، مدل آماری

واژه‌های کلیده به انگلیسی: uncertainty, runoff prediction, downscaling, rainfall-runoff model

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه:

استاد راهنما:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: **تاریخ:**

نسخه ۱: معاونت پژوهشی

نسخه ۲: کتابخانه و به انضمام دو جلد پایان‌نامه به منظور تسویه حساب با کتابخانه و مرکز اسناد و مدارک علمی

چکیده

وقوع سیل در نقاط مختلف جهان خسارات فراوانی را به دنبال دارد لذا پیش بینی آن از اهمیت بسیار بالایی در کاهش خسارت‌ها برخوردار است. از طرفی پدیده مداوم و روزافزون گرم شدن عمومی زمین و تغییر اقلیم، که وقوع آن در سطح جهان مسجل شده، باعث گردید تا تغییرات قابل ملاحظه‌ای در مشخصات سیلاب‌ها ایجاد شود. از جمله اثرات ملموس این پدیده در اغلب حوزه‌های آبریز ایران، وقوع پدیده‌های متعدد سیلاب با شدت و فراوانی بیش از پیش بوده است. هدف از انجام پیش بینی این تحقیق، استفاده از داده‌های هواشناسی جهت پیش بینی سیل با استفاده از مقادیر بارش شده بلند مدت در مقیاس روزانه با در نظر گرفتن عدم‌قطعیت‌های ناشی از پیش بینی باشد. برای این منظور ابتدا مشخصات هیدرولوژیکی و هواشناسی منطقه مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفته است. در مرحله بعدی، یعنی بررسی‌های هیدروکلیماتولوژی، ابتدا پیش بینی بلند مدت بارش در مقیاس روزانه توسط یک مدل آماری صورت گرفته و سپس از روش شبیه‌سازی SCS مدل بارش- رواناب به منظور شبیه‌سازی هیدروگراف سیل در زمان وقوع بارش با توجه به بارش‌های پیش بینی شده و تاریخی استفاده می‌گردد. در انتها تحلیل عدم قطعیت مدل پیش بینی بارش در تعیین عدم قطعیت پیش بینی سیل با ارائه نمودار توزیع احتمالاتی تجمعی ارائه شده است. جهت بررسی صحت و کارآیی الگوریتم تدوین شده، شمال حوزه آبریز کاجو (محدوده قصرقند) واقع در جنوب‌شرقی ایران به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است.

کلمات کلیدی : سیل، پیش بینی، عدم قطعیت، بارش، مدل بارش- رواناب، مدل آماری

فهرست مطالب

فصل اول

مقدمه

۱ ۱ - تعریف مساله ۲

۱ ۲ - الگوریتم تحقیق ۶

۱ ۳ - نوآوری تحقیق ۸

۱ ۴ - سازمان دهی فصول پایان‌نامه ۱۰

فصل دوم

سابقه مطالعات

۲-۱- مقدمه ۱۲

۲-۲- پیش بینی بلند مدت بارش ۱۲

۲-۳- کوچک مقیاس کردن ۱۵

۲-۴- مدل‌سازی بارش- رواناب ۱۶

۲-۵- سیستم پیش‌بینی سیل ۱۷

۲-۶- تحلیل عدم‌قطعیت در پیش‌بینی‌ها ۲۱

فصل سوم

تعاریف پایه، مواد و روش‌ها

۳-۱- مقدمه ۲۴

۳-۲- مفهوم اقلیم و تغییرات آن ۲۵

۳-۲-۱- سناریوهای اقلیمی در دوره‌های آتی ۲۸

۳-۳-کوچک مقیاس کردن ۳۸

۳-۳-۱- روش‌های آماری ۳۹

۳-۳-۲- روش‌های دینامیکی ۳۹

۳-۳-۳- مقایسه روش‌های دینامیکی و آماری زیز مقیاس کردن ۴۰

۳-۳-۴- معرفی مدل SDSM جهت پیش‌بینی بلند مدت بارش در مقیاس روزانه ۴۲

۳-۴- مدل‌سازی فرایندهای هیدرولوژیکی ۴۹

۳-۴-۱- انواع مدل‌های بارش- رواناب ۴۹

۳-۴-۲- روش محاسبات تلفات در مدل HEC-HMS ۵۶

۳-۴-۳- روش محاسبه رواناب در مدل HEC-HMS ۵۸

۳-۵- شبیه‌سازی بارش- رواناب به‌منظور پیش‌بینی سیل ۵۹

۳-۶- اندازه‌گیری عدم‌قطعیت در پیش‌بینی‌ها ۶۰

۳-۶-۱- اندازه‌گیری خطای پیش‌بینی ۶۱

۳-۶-۲- توزیع احتمالاتی متغیرهای پیوسته ۶۳

۳-۶-۳- اندازه‌گیری عدم‌قطعیت پیش‌بینی احتمالاتی ۶۶

۳-۷- جمع‌بندی ۶۸
فصل چهارم
بررسی و آماده‌سازی اطلاعات برای مطالعه موردی
۴-۱- مقدمه ۷۰
۴-۲- منطقه مطالعه موردی ۷۰
۴-۳- سرشاخه‌های رودخانه کاجو ۷۳
۴-۴- مطالعات فیزیوگرافی رودخانه کاجو ۷۵
۴-۵- آمار و اطلاعات مورد نیاز ۸۰
۴-۵-۱- ایستگاه‌های هواشناسی مطالعه موردی ۸۰
۴-۵-۲- توزیع بارندگی بلند مدت حوزه ۸۰
۴-۵-۳- ریزش‌های جوی کوتاه مدت ۸۳
۴-۶- آمار و اطلاعات ایستگاه‌های آبسنجی ۸۶
۴-۶-۱- هیدروگراف سیل شاخص در محل ایستگاه هیدرومتری قصرقند(چندوکان) ۸۷
۴-۷- آماده سازی اطلاعات برای مدل آماری ریزمقیاس کردن SDSM ۸۸
۴-۸- جمع‌بندی ۸۹
فصل پنجم
نتایج مطالعه موردی
۵-۱- مقدمه ۹۲
۵-۲- پیش بینی بارش با استفاده از مدل SDSM ۹۳
۵-۲-۲- انتخاب متغیرهای پیش‌بینی کننده مناسب ۹۵
۵-۲-۳- واسنجی و صحت‌سنجی مدل ۹۹
۵-۲-۴- شبیه‌سازی مقادیر بارش تحت سناریوی اقلیمی HADCM3 ۱۰۱
۵-۲-۵- پیش‌بینی بارش روزانه توسط پیش‌بینی کننده‌های HADCM3 تحت دو سناریوی A2(a), B2(a) ۱۰۳
۵-۲-۶- تحلیل نتایج حاصل از بارش ریز مقیاس شده ۱۰۴
۵-۳- شبیه‌سازی بارش- رواناب با استفاده از نرم افزار HEC-HMS ۱۰۶
۵-۳-۱- تعیین دبی ایمن رودخانه ۱۱۰
۵-۳-۲- نتایج پیش‌بینی بارش روزانه سیل ۱۳۸۳ ۱۱۱
۵-۴- تحلیل عدم قطعیت در پیش بینی بارش سیل‌های زمستانه محدوده مورد مطالعه ۱۱۲
۵-۴-۱- نتایج پیش بینی حداکثر بارش روزانه زمستانه ۱۱۹
۵-۵- نتایج پیش بینی دبی پیک سیلاب زمستان ۱۹۹۰-۱۹۹۱ ۱۲۱
۵-۶- نتایج و بحث ۱۲۲
فصل ششم
جمع بندی و پیشنهادات
۶-۱- مقدمه ۱۲۵
۶-۲- خلاصه ۱۲۶

۶-۳- نتیجه‌گیری ۱۲۸
۶-۴- پیشنهادات ۱۲۹

فصل هفتم
مراجع ۱۳۳

فصل اول

مقدمه

فصل اول

مقدمه

۱ ـ ۱ - تعریف مساله

آب نعمت ارزنده خدادای است که بدون آن زندگانی برای بشر و سایر موجودات زنده امری غیر قابل تصور است. این عامل حیاتی گاه به اندازه‌ای نایاب است که هر قطره آن مرواریدی گرانبها می‌شود و گاه آن‌قدر بی‌رحم جریان می‌یابد که هیچ مانعی را بر سر راه خود تحمل نمی‌کند.

بشر از ابتدای خلقت شاهد جریان تند آب‌ها بوده و تا مدت زیادی با آن زندگی می‌کرده به‌نحوی که مشکلی برای عبور سیل و در نتیجه خود، ایجاد نکند. تغییر شیوه معیشت و روی آوردن انسان به زندگی در حاشیه رودخانه‌ها برای دسترسی راحت به اراضی مسطح و قابل آبیاری باعث شد تا انسان هرچه بیشتر در معرض خطر سیل قرار گیرد. استفاده از امکانات حمل و نقل از طریق راه‌های آبی نیز بر اهمیت دشت‌های سیلابی برای توسعه تمدن افزود، به‌نحوی که شهرهای بزرگ دنیا در کنار رودخانه‌ها شکل گرفته و گسترش یافتند. با تصرف هرچه بیشتر این اراضی، مشکل مقابله با سیل روز به روز حادتر گردید و انسان ناگریز شد سیل را به عنوان یکی از بلایای طبیعی بپذیرد.

در ایران با توجه به اقلیم مدیترانه‌ای اکثر حوزه‌های کشور و تمرکز زمانی بارش در فصول تر، وقوع سیلاب‌های خسارت‌زا در حوزه‌های آبریز امری اجتناب‌ناپذیر شده است. امروزه با پیشرفت ارتباطات و قابلیت‌های کامپیوتری، کاهش خسارات سیل از طریق روش‌های غیر سازه‌ای و مدیریتی سیلاب پیشرفت قابل ملاحظه‌ای کرده است. هرچند که این روش‌ها از نظر اجرایی تاکنون در کشور مورد توجه جدی قرار نگرفته‌اند ولی تجربیات موجود در دنیا مؤید این واقعیت است که روش‌های غیر سازه‌ای با هزینه‌های اجرایی بسیار اندک به همراه روش‌های سازه‌ای مدیریت سیلاب، می‌تواند

کارآیی قابل توجهی از خود نشان دهند. سیستم‌های پیش بینی سیل به عنوان یکی از روش‌های غیر سازه‌ای مدیریت سیلاب، بیش از ۴۰ سال است که در اکثر کشورها مورد توجه قرار گرفته است. در زمینه ایجاد سیستم‌های پیشرفته پیش بینی سیل چه از لحاظ سخت‌افزاری و چه از لحاظ نرم‌افزاری تجربیات مفیدی در سطح بین‌المللی وجود دارد. عمده تحقیقات دانشگاه‌های بین‌اللملی نیز در حوزه‌های آبریزی انجام شده که اطلاعات ثبت شده هیدروکلیماتولوژی و تجهیزات پیشرفته سنجش از دور جهت پیش بینی دقیق‌تر سیل در دسترس بوده و این در حالی است که در شرایط کنونی امکان به‌کار بردن این تجهیزات در سطح ملی میسر نیست.

بدین ترتیب کشور ما در زمینه اجرای سیستم‌های پیش بینی سیل، در ابتدای راه قرار دارد و هیچ بازخوری از مراحل طراحی و اجرای این سیستم‌ها در حوزه‌های آبریز داخلی موجود نیست. بنابراین تکیه بر اطلاعات هیدروکلیماتولوژی و بنا نهادن روش‌های علمی که در عین جوابگویی نیازهای موجود در این زمینه، از نظر عملی قابل اجرا باشند ضرورت ویژه‌ای خواهد داشت. در این راستا استفاده از تجربیات بین‌المللی ضروری است چرا که سیستم‌های پیش بینی سیل موجود در دنیا، با گذشت سال‌ها از نصب و بهره‌برداری و بازخور گرفتن از سیلاب‌های به‌وقوع پیوسته به سیستم‌هایی کارآ و پایدار تبدیل شده‌اند.

تا کنون مدل‌های پیش بینی سیل در کشور بر اساس آمار هیدرولوژی و هواشناسی حوزه رودخانه، مورد مطالعه قرار گرفته است، حال اگر علاوه بر آمار محلی و منطقه‌ای بتوان اثر متغیرهای هواشناسی و مدل‌های مناسب پیش بینی بلند مدت بارش را در پیکربندی مدل پیش بینی سیل گنجاند، پیش بینی‌ها و توصیه‌ها در سطحی بالاتر از دقت و قطعیت قرار می‌گیرند که شرح آن در این پایان‌نامه مشاهده می‌گردد و نتایج آن برای محدوده قصرقند واقع در حوزه آبریز رودخانه کاجو در جنوب شرقی ایران به دست آمده است.

گرایش محققین در سالیان اخیر به استفاده بیشتر از اطلاعات اقلیمی در مدیریت منابع آب عمدتا" به دلایل زیر صورت گرفته است:

۱ -افزایش آگاهی و اطلاعات در زمینه پدیده‌های بزرگ مقیاس اقلیمی و ارتباط آن‌ها با فرآیندهای محلی هیدرولوژیکی

۲ -مسجل شدن وقوع پدیده تغییر اقلیم[1] و تاثیرات آن بر منابع آب. به منظور بررسی دقیق‌تر این پدیده در سال ۱۹۸۸ موسسه‌ای با نام هیات بین دول تغییر اقلیم[2] IPCC به‌وسیله سازمان هواشناسی جهانی[3] WMO و برنامه محیط زیست سازمان ملل[3] UNEP تاسیس یافت. هدف اصلی این موسسه شناخت تمام جنبه‌های اقلیم و به‌خصوص چگونگی تاثیر فعالیت انسانی بر آن بود (IPCC, 2001a). بررسی‌های اولیه IPCC بر روی داده‌های مشاهداتی دما، بارندگی، پوشش برف و سطح آب دریاها نشان از تغییرات در این زمینه‌ها دارد. بررسی‌های بعدی نشان داد که میزان متوسط دما در سطح کره زمین در قرن بیستم، ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. همچنین دهه ۱۹۹۰ گرم‌ترین دهه و سال ۱۹۸۸ گرم‌ترین سال گزارش گردید. به همین ترتیب پوشش برف که به عنوان منابع آبی بسیاری از حوزه‌ها در سطح کره زمین به‌شمار می‌رود، از کاهش ۱۰ درصدی در چند دهه اخیر برخوردار شده و این کاهش در یخ‌های دریاهای نیمکره شمالی نیز مشاهده شده که خود عامل بالا آمدن آب دریاهاست (Lane et al.,1999) اما تاثیر این تغییرات تنها بر ارقام موثر نبوده، بلکه رخدادهای حداکثر اقلیمی مانند سیلاب و خشکسالی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. IPCC افزایش تناوب خشکسالی‌ها و سیلاب‌ها به‌ویژه در آفریقا و آسیا را در چند دهه اخیر گزارش کرده است (IPCC, 2001b,c).

۳ -عدم توانایی برنامه‌ریزی‌ها و پیش بینی‌های مبتنی بر روند تاریخی اقلیم یک منطقه در مدیریت منابع آب. چرخه آب در طبیعت به خوبی تداخل و درگیری پارامترهای هواشناسی و هیدرولوژیکی را نشان می‌دهد. هنگام مقابله و در نظر گرفتن مسائل بزرگ مقیاس منابع آب، ناگزیر از در نظر گرفتن عوامل مؤثر اقلیمی بر سیستم هیدرولوژیکی بوده و جهت تعریف الگوریتم چگونگی استفاده از این عوامل سئوالات اساسی در زمینه اقلیم و تغییرات آن مطرح می‌گردد.

اقلیم، یک فرایند پویا است که در مکان و زمان تغییر می‌کند. دو سئوال مهم در علم هیدرولوژی این است که چه پارامترهایی برای توصیف اقلیم یک منطقه مورد نیاز است و بهترین تخمین از تغییرات اقلیمی در یک دوره زمانی در آینده چه می‌تواند باشد؟ تجربیات سالیان اخیر نشان داده است که فرض تکرار وقایع هیدروکلیماتولوژیکی که در گذشته مشاهده شده، ممکن است برای بسیاری از مناطق با خطا همراه باشد. بدین معنی که ایستایی پدیده‌های اقلیمی همواره فرض صادقی نخواهد بود. بسیاری از تکنیک‌ها و روش‌هایی که در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب وجود دارد، ارتباط

[1] Climate Change
[2] Intergovernmental Panel of Climate Change
[3] Program United Nation

مستقیم یا غیر مستقیم با پیش بینی جریان، بارش و به‌طور کلی پیش بینی هیدروکلیماتولوژیکی دارد. منظور از پیش بینی هیدرولوژیکی تعیین و اعلام وقوع شرایطی در آینده است که می‌تواند شامل پدیده‌هایی نظیر ترسالی یا خشکسالی شود. گرچه منابع آب سطحی و زیرزمینی بیشترین تاثیر را مستقیماً از ریزش‌های جوی می‌گیرد، پارامترهای اقلیمی متعددی وجود دارند که پتانسیل تبدیل بارش به رواناب را تغییر می‌دهند. مطالعاتی که در ربع قرن اخیر انجام شده است، نشان دهنده تغییرات اقلیمی محسوس در بسیاری از مناطق کره زمین می‌باشد. در دهه‌های اخیر، شناسایی سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی (که در حقیقت تابعی مکانی و زمانی از متغیرهای هواشناسی هستند و معمولا با اندازه‌گیری تغییرات نسبی این متغیرها معرفی می‌شوند) به عنوان پیش بینی کننده‌های پدیده‌های هیدرولوژیکی، تحول عظیمی در پیش بینی‌ها به‌وجود آورده است. در سالیان اخیر، مدل‌ها و ابزار پیش بینی هیدرولوژیکی بر پایه روش‌های تجربی و آماری در کنار مدل‌های عددی پیشنهاد شده و به عنوان ابزاری برای مدیریت بهتر منابع آب به‌کار گرفته شده‌اند. پیشرفت‌های بیشتر در مدل‌های پیش بینی منوط به شناخت بیشتر ارتباط پدیده‌های اقلیمی و رویدادهای هیدرولوژیکی می‌باشد.

یک سیستم کارا در مدیریت منابع آب نیازمند پیش بینی‌های مناسب، ابزار و مدل‌های مناسبی برای به‌کارگیری این پیش بینی‌ها است. به علت طبیعت پیچیده مسئله پیش بینی، اغلب محققین به دنبال در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها به خصوص عدم قطعیت‌های هیدرولوژیکی بوده‌اند.

پیش بینی‌های هیدرولوژیکی در مدیریت منابع آب به دو دسته بلندمدت و کوتاه مدت تقسیم می‌گردد. هریک از این دو نوع پیش بینی جهت انجام و رسیدن به اهداف خاص مدیریتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. پیش بینی‌های کوتاه مدت معمولاً جهت مدیریت کوتاه مدت منابع، نظیر مدیریت نیروگاه‌های برقابی و پیش بینی وقوع سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد و پیش بینی‌های بلند مدت جهت مدیریت بلندمدت یک حوزه آبریز مورد استفاده قرار می‌گیرند. پیش بینی کوتاه مدت معمولا از دقت بیشتری برخوردار بوده و آسان‌تر به‌دست می‌آیند. روابط ریاضی و فیزیکی برای این پیش بینی‌ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته و قابلیت شبیه‌سازی بهتری دارند. در مقابل، پیش بینی‌های بلند مدت به علل مختلف دارای خطای بیشتری بوده و از پیچیدگی‌های بیشتری در مدل‌سازی و شبیه‌سازی برخوردارند. به همین اندازه

اهمیت این‌گونه پیش بینی‌ها در سیستم‌های مدیریت منابع آب بسیار زیاد می‌باشد به‌طوریکه افزایش میزان اندکی از دقت در این پیش بینی‌ها فواید زیادی را عاید سیستم خواهد نمود. با مشخص بودن این پیش بینی‌ها می‌توان در صورت نیاز با ارائه برنامه‌های اضطراری[1] راه حلی برای ارائه شفاف راه‌کارهایی جهت مدیریت بهینه تأمین آب در دوره‌های خشکسالی و مقابله با سیلاب‌های محتمل ارائه داد، که اثرات آن بر روی سلامت عمومی، فعالیت‌های تجاری و اقتصادی و محیط زیست و همچنین برنامه‌های تخصیص آب به بخش های کشاورزی و صنعتی از اهمیت خاصی برخوردار است.

سئوالات اساسی در زمینه تحقیقات مورد نظر در این زمینه عمدتا" شامل موارد زیر است:

۱- متغیرهای هواشناسی شاخص تغییرات هیدرولوژیکی یک منطقه چه می باشند؟

۲- تاثیر این پدیده‌ها و نحوه اثر آنها بر افزایش کارایی پیش بینی‌ها مانند بارش و سیل چگونه است؟

به سئوالات فوق در فصل‌های ۳ الی ۵ پایان‌نامه حاضر و در منطقه مطالعه موردی که در شمال حوزه آبریز رودخانه کاجو در جنوب‌شرقی ایران می‌باشد پاسخ داده شده است.

در این پایان‌نامه، عدم‌قطعیت پیش بینی پارامترهای هواشناسی (بارش) در شبیه‌سازی و پیش بینی سیل در قالب یک مدل بارش- رواناب مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف از شبیه‌سازی بارش- رواناب در این تحقیق، شبیه‌سازی سیل در زمان وقوع بارش است. تغییرات بارش وابستگی زیادی به تغییرات سایر متغیرهای هواشناسی محلی و عمومی دارد. بدین منظور و با توجه به اثرسیگنال‌های هواشناسی بر بارش‌های فصلی و تاثیر این پدیده‌ها بر پیش بینی سیلاب‌های فصلی، عدم‌قطعیت بارش‌های پیش بینی شده در مدل بارش- رواناب به‌منظور پیش بینی سیلاب تحلیل می‌گردد.

۱ ۴ -الگوریتم تحقیق

الگوریتم پایان نامه حاضر در شکل ۱-۱ ارائه شده است. مجموعه فعالیت‌ها به ۵ دسته، جمع آوری اطلاعات، تدوین مدل پیش بینی درازمدت بارش روزانه، تعیین شرایط فیزیوگرافی حوزه، شبیه‌سازی مدل بارش- رواناب، پیش

[1] contingency plans

بینی بلند مدت سیل با استفاده از پیش بینی بارش و در نهایت تحلیل عدم قطعیت پیش بینی بارش در پیش بینی سیل تقسیم‌بندی شده است. مجموع موارد مطرح شده در این الگوریتم با تفضیل بیشتری به شرح زیر ارائه می‌گردد.

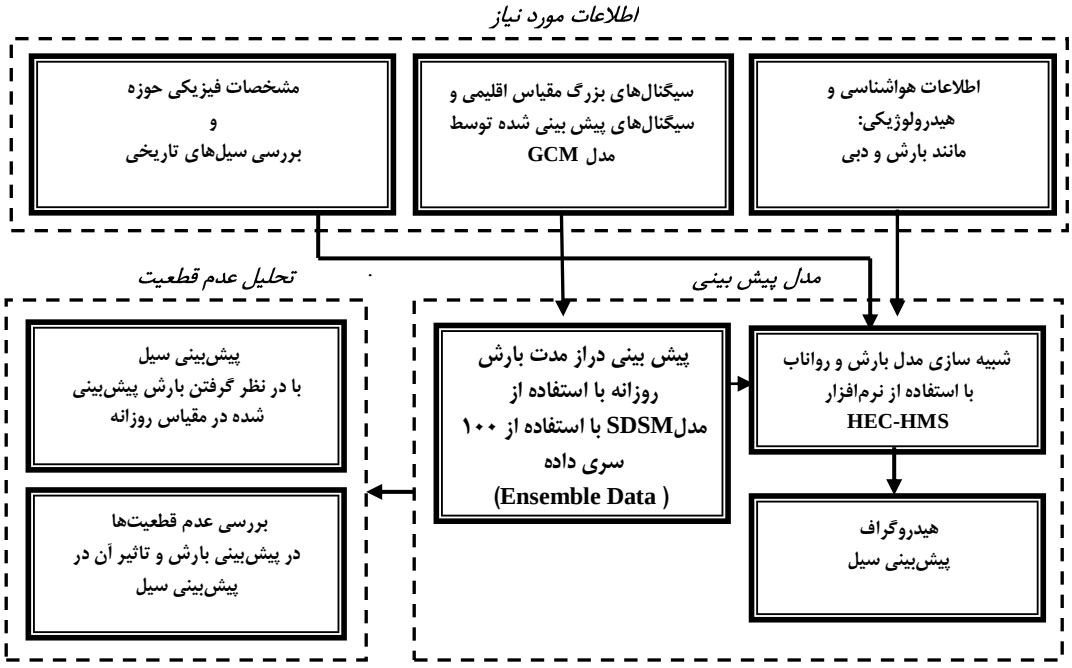
جمع‌آوری اطلاعات هیدروکلیماتولوژی شامل جمع‌آوری اطلاعات هیدرولوژیکی مانند سیلاب‌های تاریخی به وقوع پیوسته در منطقه، بارش‌های روزانه، و اطلاعات فیزیوگرافی و اطلاعات اقلیمی ریز مقیاس شده نظیر سیگنال‌های بزرگ مقیاس و سیگنال‌های پیش بینی شده توسط مدل‌های چرخه عمومی جو[1] GCM.

مدل آماری پیش بینی بلند مدت بارش روزانه (SDSM)[2] که برای منطقه مورد مطالعه (محدوده قصرقند بر روی حوزه آبریز رودخانه کاجو) کالیبره و صحت سنجی شده است.

مدل شبیه‌سازی بارش- رواناب (HEC-HMS)[3] برای شبیه‌سازی هیدروگراف سیل با استفاده از روش SCS و استفاده از نتایج مدل برای پیش بینی دراز مدت سیل.

برازش تابع توزیع تجمعی احتمالاتی به مقادیر حداکثر بارش پیش بینی شده به منظور تعیین عدم‌قطعیت پیش بینی بارش در پیش بینی سیل.

[1] Global Circulation Model
[2] Statistical Downscaling Model
[3] Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System



شکل۱-۱- بخش‌های مختلف الگوریتم"تحلیل عدم قطعیت در پیش بینی سیل"

۱ ۳ - نوآوری های تحقیق

علم پیش بینی هیدرولوژیکی به‌دلیل وجود عدم‌قطعیت‌های مختلف در چرخه آب، هنوز جای زیادی برای توسعه تحقیقات دارد. علاوه بر پیشرفت در شناخت اصول فرآیندهای هیدرولوژیکی، پیشرفت تکنیک‌ها و قابلیت‌های مدل‌سازی عاملی در بهبود مدل‌های پیش بینی است. در پیش بینی‌های هیدرولوژیکی توجه به دو مساله زیر ضروری است:

۱- افزایش بازه زمانی پیش بینی (پیش بینی دراز مدت)

۲- افزایش اطمینان پذیری و دقت پیش بینی

علی‌رغم پیشرفت‌های شایان در زمینه مدل‌های پیش بینی به‌خصوص مدل‌های پیش بینی بلندمدت، به‌نظر می‌رسد هنوز کاستی‌های زیادی در این مورد وجود دارد و با توجه به این امر، تعداد مدل‌هایی که قادر به مدل‌سازی فرایندهای پیچیده اقلیمی و هیدرولوژیکی باشند بسیار کم است. این ضعف به خصوص در مناطقی با تعداد مشاهدات اندک تاریخی

(که معضل اغلب حوزه‌های آبریز دنیا به خصوص کشورهای در حال توسعه است)، تشدید می‌گردد. مطالعات دهه اخیر نشان داده است که استفاده از متغیرهای اقلیمی هم در افزایش دقت پیش بینی و هم در افزایش بازه زمانی پیش بینی آن (تا چند ماه) موثر است، همچنین مدل‌های کمی وجود دارند که امکان به‌کارگیری متغیرهای اقلیمی به‌عنوان پیش بینی کننده‌های بلند مدت جریان (یا بارش) را داشته‌باشند.

ارائه نوآوری‌های ذیل از نتایج این پایان‌نامه است:

الف- اجرای مدل پیش بینی بلند مدت بارش روزانه در یکی از حوزه‌های آبریز جنوب‌شرقی ایران، با هدف تعیین هیدروگراف سیل با ارائه عدم‌قطعیت‌های موجود برای هر حالت پیش بینی.

ب -با توجه به در نظر گرفتن اثرات تغییرات چرخه عمومی[1] جو و اقیانوس، (با توجه به متغیرهای اقلیمی) بر بارش استفاده از آن در مدل پیش بینی بلندمدت اقلیمی افق زمانی پیش بینی‌ها افزایش یافته است.

ج- در این پایان‌نامه مدل مدل پیش بینی آماری SDSM و مدل شبیه سازی HEC-HMS به دو منظور استفاده گردید:

- ✓ قابلیت در نظرگرفتن پیچیدگی‌های ناشی از تاثیر متغیرهای اقلیمی برپارامترهای هواشناسی مانند بارش به عنوان پیش بینی‌کننده‌های مدل.
- ✓ انجام پیش بینی‌های با اطمینان‌پذیری قابل قبول و افق زمانی بلند مدت که نتایج پیش بینی در زمان واقعی را برای پدیده‌ای مانند سیل را بهبود می‌بخشد.

با در نظر گرفتن موارد ذکر شده، مجموع تحلیل‌ها برای پیش بینی هیدروکلیماتولوژیکی پدیده سیل در مطالعه موردی، گامی به جلو در این زمینه به حساب می‌آید.

[1] Global Circulation

۱ ۴ - سازمان دهی فصول پایان نامه

مطالب این پایان‌نامه به شش فصل تقسیم‌بندی شده است. بعد از مقدمه، در فصل دوم، تعاریف و سابقه مطالعات انجام شده در زمینه موضوع تحقیق مرور می‌شود. در فصل سوم، مواد و روش‌های مورد نیاز برای انجام اهداف تحقیق مطرح شده و در فصل چهارم منطقه مطالعاتی تحقیق واقع در حوزه آبریز کاجو در بلوچستان جنوبی و آمار و اطلاعات تهیه شده از آن معرفی می‌گردد. فصل پنجم نتایج مربوط به پیش بینی بارش آتی و شبیه‌سازی مدل بارش- رواناب و هیدروگراف پیش بینی سیل را ارائه می‌کند و در فصل پنجم عدم‌قطعیت پیش بینی بارش در پیش بینی سیل در محدوده مورد مطالعه بررسی می‌گردد، در فصل ششم جمع‌بندی تحقیق و پیشنهادات مطرح می‌شود، در انتها نیز مراجع مورد استفاده ارائه شده‌اند.

فصل دوم

سابقه مطالعات

فصل دوم

سابقه مطالعات

۲-۱- مقدمه

مبحث پیش بینی بارش، سیل و عدم‌قطعیت‌های ناشی از پیش بینی‌ها از جنبه‌های مختلفی مورد توجه قرار گرفته و تاکنون تحقیقات متنوعی نیز در موارد مرتبط با هر یک به انجام رسیده است.

با توجه به الگوریتم ارائه شده در فصل اول، سابقه مطالعات در پنج موضوع مختلف ۱- پیش بینی بلند مدت بارش ۲- کوچک مقیاس کردن ۳- مدل‌سازی بارش- رواناب ۴- سیستم‌های پیش بینی سیل ۵- تحلیل عدم‌قطعیت در پیش بینی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۲- پیش بینی بلند مدت بارش

پیش بینی در هیدرولوژی به معنی تخمین شرایط هیدرولوژیکی و هواشناسی در یک بازه زمانی خاص در آینده می‌باشد. هنگامی که افق زمانی پیش بینی افزایش داده می‌شود، عدم‌قطعیت‌ها در پیش بینی افزایش پیدا می‌کند. پیش بینی‌های مورد استفاده در هیدرولوژی بر حسب نوع متغیر به پیش بینی‌های هواشناسی- اقلیمی و پیش بینی هیدرولوژیکی تقسیم می‌شوند. پیش بینی هواشناسی به پیش بینی متغیرهای هواشناسی مانند دمای هوا و بارش

می‌پردازد. هنگامی که افق زمانی پیش بینی هواشناسی بلند مدت باشد این نوع پیش بینی به پیش بینی اقلیمی تبدیل می‌شود. پیش بینی هیدرولوژیکی از مفاهیم علم هیدرولوژی برای پیش بینی جریان و دبی رودخانه و هیدروگراف سیل استفاده می‌کند.

در پیش بینی‌های اقلیمی با استفاده از اطلاعات مشاهده شده در شرایط فعلی، مقادیر محتمل و ممکن اقلیمی در یک دوره زمانی خاص پیش بینی می‌گردد. مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی مؤثر در میزان رواناب یک منطقه میزان بارش، دمای هوا، فشار هوا، سرعت و جهت باد، و رطوبت هوا می‌باشد. به علل مختلفی نظیر کمبود اطلاعات ثبت شده و عدم دانش کافی در مورد فرایند فیزیکی تبدیل و تاثیر این پارامترها بر روی مقادیر جریان، مورد توجه‌ترین متغیرهای هواشناسی در پیش بینی‌های بلند مدت مقادیر بارش و دمای هوا بوده‌اند. شایان ذکر است که استفاده از سایر پارامترهای هواشناسی در انجام پیش بینی‌های بارش و رواناب اغلب در مدل‌های فیزیکی مانند چرخه عمومی جو[1] GCM مورد توجه قرار می‌گیرند.

(کارآموز و عراقی نژاد، ۲۰۰۴) ترکیبی از مدل‌سازی هیدرولوژیکی با استفاده از شبکه های عصبی و مدل‌سازی اقلیمی با استفاده از سیستم استنتاج فازی را برای پیش بلند مدت حجم رودخانه زاینده رود در محل ورودی به سد زاینده رود به کار بردند. در مطالعه ذکر شده مدل‌سازی با استفاده از شبکه عصبی به صورت غیر مستقیم در یک ساختار پیش بینی بلند مدت به کار گرفته شد.

(کارآموز و زهرایی، ۲۰۰۴) روشی برای پیش بینی رواناب در مناطق خشک و نیمه خشک ارائه کردند. در این روش پس از تعیین فصل‌های هیدرولوژیکی بر اساس خصوصیات هیدرولوژیکی و شباهت‌های آماری، بهترین مدل آماری ARIMA جهت پیش بینی فصلی جریان انتخاب شده است. جهت بهبود پیش بینی‌ها بر اساس جریان‌های تاریخی و پیش بینی شده و بودجهٔ برفی تخمین زده شده، قوانین منطق فازی هم با سیگنال ENSO و هم بدون آن، توسعه داده شده و الگوریتم این مراحل ارائه شده است. نتایج حاصل از به‌کارگیری مدل برای رودخانهٔ سالت (Salt River) در آریزونا حتی تا مواردی در حدود ۴۸ درصد بهبود را نسبت به پیش بینی‌های رسمی مرکز هواشناسی آمریکا NWS نشان داد.

[1] General Circulation Models

(حق نگهدار، ۱۳۸۲) اثر سیگنال‌های SST, SOI, NAO خلیج فارس را بر رواناب رودخانه کارون بررسی کرد و مدلی برای پیش بینی رواناب ارائه نمود. وی پس از بررسی تغییرات جریان ماهانه در رودخانه کارون، بازه ماه‌های اسفند و فروردین را به‌عنوان مهم‌ترین فصل جریان معین کرد و مشاهده نمود که همبستگی جریان‌های مطلوب با شاخص‌های NAO و SOI پایین است

(کوره‌پزان، ۱۳۸۲) اثر سیگنال‌های NAO، SOI، SST خلیج فارس را بر بارندگی فصلی لذا تغییرات جریان در فازهای مختلف بررسی گردید و مشاهده شد که فاز گرم (سرد) ENSO سبب وقوع جریان بیشتر (کمتر) از متوسط می‌شود. این تحقیق نشان می‌دهد که با حرکت از فاز منفی NAO به سمت فاز مثبت آن احتمال وقوع جریان بیشتر از متوسط افزایش می‌یابد.حوزه آبریز کارون و دز بررسی کرد. وی سه فصل مختلف برای هر سه سیگنال و سه فصل نیز برای بارندگی در نظر گرفت. وی فصول در نظر گرفته شده برای سیگنال‌ها را از خرداد تا دی و فصول در نظر گرفته شده برای بارندگی را از آبان تا فروردین انتخاب کرد. سپس با انجام بررسی‌های نقطه‌ای بر روی تعدادی از ایستگاه‌ها و با انجام تحلیل‌های اولیه برای فصول تعریف شده بارندگی و سیگنال‌ها برای ۲۳ ایستگاه منطقه، نتایج کلی را مشاهده کرد. وی بر اساس نتایج، تحلیل همبستگی بین سیگنال‌ها و بارندگی به‌منظور یافتن بهترین حالت ارتباط بین هر سیگنال با بارندگی را بر اساس فرضیات اولیه انجام داد. برای این‌کار با توجه به عدم قطعیت و عدم صراحت‌های موجود در اطلاعات بارندگی، از منطق فازی در تحلیل‌ها استفاده کرد. بدین ترتیب بهترین حالت هر سیگنال بر بارندگی مختلف به صورت فصلی محاسبه گردید.

(اقدامی، ۱۳۸۳) روشی برای پیش بینی سال‌های آبی پربارش و کم‌بارش در حوزه آبریز کارون و دز ارائه نمود. این روش شامل سه گام می‌باشد. ایشان در گام اول ارتباط بین فشار سطح دریا SLP و میانگین بارش در محدوده مورد مطالعه را بررسی نمودد. در گام دوم محدوده‌های فازی و توابع عضویت برای گرادیان SLP و بارش در مناطق منتخب توسعه داده شد. در گام نهایی قوانین فازی برای پیش بینی بارش تغییرات SLP توسعه داده شده است. از تحلیل حساسیت برای تعیین بهترین ساختار توابع درجه عضویت و قوانین فازی استفاده شد. نتایج کار ایشان به شکل مؤثری می‌تواند در پیش بینی بارش زمستانه و بهاره در حوزه آبریز کارون و دز مورد استفاده قرار گیرند.