بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

بخش مهندسی آب

پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی گرایش منابع آب

بررسی سناریوهای گرمایش جهانی بر شدت- مدت- فراوانی بارندگی (مطالعه موردی ایستگاه بابلسر)

مولف:

شیدا پورموسوی

استاد راهنما:

دکتر بهرام بختیاری

استاد مشاور:

دکتر نسرین سیاری

دی ماه ۱۳۹۲

تقدیم به:

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی‌ام و لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست.

به مقدس‌ترین واژه‌ها در لغت نامه دلم، مادر مهربانم که زندگیم را مدیون مهر و عطوفت او می‌دانم.

به استوارترین تکیه گاهم، دستان پرمهر پدرم

و همسرم که نشانه لطف الهی در زندگی من است.

تقدیر و تشکر

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، والاتر از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه‌ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگارم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده‌اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر بختیاری که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند، کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین با تقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته و فرزانه سرکارخانم دکتر سیاری که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی‌رسید.

همچنین از استاد فرزانه و دلسوز، جناب آقای پرفسور محمد جواد خانجانی و استاد ارجمند دکتر محمد ذونعمت کرمانی که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده

افزایش گازهای گلخانه‌ای باعث تشدید پدیده تغییر اقلیم شده که اثرات منفی آن بر جوامع بشری تأثیر گذار بوده است. تغییرات آب و هوایی همچنین بر مقدار بارش در تمام مناطق تاثیرگذار بوده که این خود بر منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی بارش(IDF) مؤثر خواهد بود. هدف از این تحقیق ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منحنی‌های IDF در ایستگاه بابلسر در دوره آتی ۲۰۳۰- ۲۰۱۱، با استفاده از مدل گردش عمومی جو و تحت سناریوهای انتشار می‌باشد. در این راستا ابتدا دو توزیع مناسب‌تر همخوان با مولفه بارش، یعنی گامبل و لوگ- پیرسون تیپ سه با مقادیر بارندگی ساعتی سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۶۶ برازش داده شد. سپس منحنی‌های IDF برای بازه‌های زمانی ۱۰، ۲۰، ۳۰ دقیقه و ۱، ۲، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت و دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال در ایستگاه مورد مطالعه استخراج گردید. همچنین رابطه تجربی حاکم بر شدت، مدت، فراوانی بارش مربوط به هر کدام از نمودارها برای ایستگاه مطالعاتی بدست آمد. نتایج حاصل از آزمون نکوئی برازش انجام گرفته بر داده‌های حاصل از برازش دو توزیع مورد نظر نشان داد که توزیع آماری گامبل برازش بهتری را نسبت به توزیع لوگ- پیرسون تیپ سه بر داده‌ها دارد. نتایج در بیشتر موارد در توزیع گامبل مقادیر ضریب همبستگی را در بازه ۰/۹۹۸- ۰/۹۹۶ و برای توزیع لوگ- پیرسون تیپ سه در بازه ۰/۹۷۴- ۰/۹۶۹ نشان داده که در واقع بیانگر همبستگی معنی‌دارتری در توزیع گامبل است. پس از آن با استفاده از مدل گردش عمومی جو HadCm3 تحت سناریوهای انتشار A1B، A2 و B1 و مدل ریزمقیاس نمائی LARS-WG، داده‌ها در مقیاس زمانی روزانه برای بازه زمانی ۲۰۳۰- ۲۰۱۱ با استفاده از مقادیر بارش‌های ۱۹۹۸- ۱۹۶۶ پیش‌بینی شد. سپس منحنی‌های حاصل از سه سناریوی مورد نظر با استفاده از روابط اصلاح شده بل و بر اساس داده‌های شبیه‌سازی شده، استخراج گردید. مقایسه میان شدت بارش پیش‌بینی شده توسط سه سناریوی ذکر شده و شدت بارش محاسبه شده توسط توزیع گامبل برای دوره پایه نشان‌دهنده افزایش در میزان شدت بارش در ایستگاه بابلسر در دو دوره آتی (۲۰۳۰- ۲۰۱۱) می‌باشد. برای مثال در تداوم ۱ ساعت و برای دوره بازگشت ۲ سال مقدار شدت بارش با توجه به سه سناریوی A1B، A2 و B1 به ترتیب به میزان ۲۸٪، ۱۷٪ و ۲۵٪ نسبت به سال‌های پایه افزایش پیدا کرده است.

واژه‌های کلیدی: منحنی‌های IDF، تغییر اقلیم، HadCm3، LARS-WG، ریزمقیاس نمائی، بابلسر

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق ۴

۱-۳- اهداف تحقیق ۵

۱-۴- نوآوری ۵

۱-۵- شرح روند پایان‌نامه ۵

۱-۶- الگوریتم تحقیق ۶

فصل دوم: پیشینه تحقیق

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- سوابق تحقیق منحنی‌های IDF در ایران ۹

۲-۳- سوابق تحقیق منحنی‌های IDF در سایر نقاط دنیا ۱۰

۲-۴- سوابق تحقیق تغییر اقلیم در ایران ۱۳

۲-۵- سوابق تحقیق تغییر اقلیم در سایر نقاط جهان ۱۴

۲-۶- سوابق تحقیق در زمینه تأثیر تغییر اقلیم بر منحنی‌های شدت، مدت، فراوانی ۱۵

۲-۷- جمع‌بندی ۱۷

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- مقدمه ۱۹

۳-۲- معرفی منطقه مورد مطالعه ۱۹

۳-۳- مواد ۲۰

۳-۳-۱- داده‌های مورد نیاز در تعیین منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی بارش ۲۰

۳-۳-۲- داده‌های مورد نیاز به منظور پیش‌بینی منحنی‌های شدت، مدت، فراوانی بارش ۲۰

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۴- تغییر اقلیم ۲۱

۳-۴-۱- مقدمه ۲۱

۳-۴-۲- معرفی اقلیم و تغییر اقلیم ۲۱

۳-۴-۳- انواع سناریوهای وابسته به اقلیم در دوره‌های آتی ۲۲

۳-۴-۳-۱- سناریوهای غیراقلیمی ۲۲

۳-۴-۳-۲- سناریوهای اقلیمی ۲۶

۳-۴-۳-۲-۱- شبیه‌سازی متغییرهای اقلیمی توسط مدل‌های AOGCM در دوره‌های گذشته وآتی ۲۶

۳-۴-۴- کوچک مقیاس کردن ۲۷

۳-۵- منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی بارش با استفاده از داده‌های ثبت شده ۲۸

۳-۵-۱- روش توزیع فراوانی ۲۹

۳-۵-۱-۱- توزیع گامبل ۲۹

۳-۵-۱-۲- توزیع لوگ- پیرسون تیپ سه ۳۰

۳-۵-۲-۳- آزمون نکوئی برازش ۳۰

۳-۵-۲- معادلات IDF ۳۱

۳-۶- پیش‌بینی داده‌های آینده ۳۲

۳-۷- رابطه شدت- مدت- فراوانی بارش با استفاده از باران یکساعته ده ساله ۳۳

۳-۷-۱- رابطه بل ۳۴

۳-۷-۲- رابطه اصلاح شده بل برای ایران ۳۴

۳-۷-۳- برآورد باران ساعتی ۱۰ ساله ۳۵

فصل چهارم: بحث و نتایج

۴-۱- مقدمه ۳۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۴-۲- منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی بارش مربوط به ایستگاه بابلسر ۳۷

۴-۲-۱- معادلات تجربی منحنی‌های IDF ۴۱

۴-۲-۲- آزمون نکوئی برازش ۴۲

۴-۳- تولید داده‌های بارش در آینده با در نظر گرفتن اثرات پدیده تغییر اقلیم ۴۲

۴-۳-۱- واسنجی مدل LARS-WG ۴۳

۴-۳-۲- صحت‌سنجی مدل LARS-WG ۴۵

۴-۴- تولید داده‌های هواشناسی با استفاده از سناریوهای اقلیمی ۵۰

۴-۵- رسم منحنی‌های IDF برای اقلیم آینده تحت سناریوهای مختلف ۵۳

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتایج ۵۷

۵-۲- پیشنهادها ۵۸

منابع ۵۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جـدول ۳-۱. خلاصــه ای از مشخصــات ســناریوهای انتشــار SRES در ســال‌هــای ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰(IPCC,2007) ۲۵

جدول ۳-۲. مشخصات ۶ مدل AOGCM موجود در DDC مربوط به گزارش چهارم ارزیابی IPCC ۲۷

جدول ۳-۳. ضرائب ثابت معادله (۳-۱۹) برای شرایط آب و هوایی ایران (قهرمان، ۱۳۷۵) ۳۴

جدول ۴-۱. محاسبه بارش برای بازه‌های زمانی و دوره بازگشت‌های مختلف با روش گامبل ۳۸

جدول ۴-۲. محاسبه بارش برای بازه‌های زمانی و دوره بازگشت‌های مختلف با روش لوگ-پیرسون تیپ سه ۳۹

جدول ۴-۳. محاسبه شدت بارش بر حسب ($mm\ hr^{-1}$) توسط توزیع لوگ- پیرسون تیپ سه ۴۰

جدول ۴-۴. محاسبه شدت بارش بر حسب ($mm\ hr^{-1}$) توسط توزیع گامبل ۴۰

جدول ۴-۵. پارامترهای مربوط به معادلات تجربی برای دو توزیع گامبل و لوگ-پیرسون تیپ سه در ایستگاه بابلسر ۴۲

جدول ۴-۶. نتایج آزمون کای- مربع بر روی ماکزیمم بارش سالانه در ایستگاه بابلسر ۴۲

جدول ۴-۷. محاسبه خطای جذر میانگین مربعات و خطای مطلق به منظور صحت سنجی مدل در ایستگاه مطالعاتی ۴۹

جدول ۴-۸. مقادیر شدت بارش ($mm\ hr^{-1}$) پیش‌بینی شده تحت سناریو A1B در ایستگاه بابلسر ۵۳

جدول ۴-۹. مقادیر شدت بارش ($mm\ hr^{-1}$) پیش‌بینی شده تحت سناریو A2 در ایستگاه بابلسر ۵۳

جدول ۴-۱۰. مقادیر شدت بارش ($mm\ hr^{-1}$) پیش‌بینی شده تحت سناریو B1 در ایستگاه بابلسر. ۵۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱. مراحل انجام تحقیق..... ۷

شکل۳-۱. منطقه مورد مطالعه، شهرستان بابلسر..... ۱۹

شکل ۳-۲. نمونه‌ای از حداکثر بارش سالانه در هر یک از بازه‌های زمانی در ایستگاه بابلسر..... ۲۰

شکل ۳-۳. نمایی از اجزای سامانه اقلیم، فرآیندها و بازخورهای آن‌ها (گزارش چهارم IPCC، ۲۰۰۷) ۲۲

شکل ۳-۴. نمایی از چهار عنوان اصلی سناریوهای انتشار (IPCC SRES, TS-2, 1996) ۲۳

شکل ۴-۱. منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی بارش بر اساس توزیع گامبل در ایستگاه بابلسر..... ۴۱

شکل ۴-۲. ترتیب قرار گیری آمار مشاهداتی ورودی به مدل LARS-WG ۴۳

شکل ۴-۳. نمونه‌ای از فایل ورودی اطلاعات ایستگاه بابلسر به مدل LARS-WG..... ۴۴

شکل ۴-۴. نمونه‌ای از فایل معرفی اطلاعات پایه به مدل LARS-WG..... ۴۵

شکل ۴-۵. مقایسه داده‌های دمای حداقل مشاهداتی و محاسباتی در ایستگاه بابلسر..... ۴۶

شکل ۴-۶. نمودار پراکنش دمای حداقل ماهانه مشاهداتی و محاسباتی برای ایستگاه بابلسر..... ۴۶

شکل ۴-۷. مقایسه داده‌های دمای حداکثر مشاهداتی و محاسباتی در ایستگاه بابلسر..... ۴۷

شکل ۴-۸. نمودار پراکنش دمای حداکثر ماهانه مشاهداتی و محاسباتی برای ایستگاه بابلسر..... ۴۷

شکل ۴-۹. مقایسه داده‌های بارش مشاهداتی و محاسباتی در ایستگاه بابلسر..... ۴۸

شکل ۴-۱۰. نمودار پراکنش بارش ماهانه مشاهداتی و محاسباتی برای ایستگاه بابلسر..... ۴۸

شکل ۴-۱۱. مقایسه داده‌های ساعات آفتابی مشاهداتی و محاسباتی در ایستگاه بابلسر..... ۴۹

شکل ۴-۱۲. نمودار پراکنش ساعات آفتابی ماهانه مشاهداتی و محاسباتی برای ایستگاه بابلسر..... ۴۹

شکل ۴-۱۳. مقایسه میانگین ماهانه دمای حداقل مشاهداتی و تولید شده سناریوهای A1B ، A2 و B1 در ایستگاه بابلسر..... ۵۱

شکل ۴-۱۴. مقایسه میانگین ماهانه دمای حداکثر مشاهداتی و تولید شده سناریوهای A1B ، A2 و B1 در ایستگاه بابلسر..... ۵۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱۵. مقایسه میانگین ماهانه ساعات آفتابی مشاهداتی و تولید شده سناریوهای A1B ، A2 و B1 در ایستگاه بابلسر.....۵۲

شکل ۴-۱۶. مقایسه میانگین ماهانه بارش مشاهداتی و تولید شده سناریوهای A1B ، A2 و B1 در ایستگاه بابلسر.....۵۲

شکل ۴-۱۷. منحنی IDF در دوره بازگش‌های مختلف تحت سناریو تغییر اقلیم A1B در ایستگاه بابلسر.....۵۴

شکل ۴-۱۸. منحنی‌های IDF در دوره بازگش‌های مختلف تحت سناریو تغییر اقلیم B1 در ایستگاه بابلسر.....۵۵

شکل ۴-۱۹. منحنی‌های IDF در دوره بازگش‌های مختلف تحت سناریو تغییر اقلیم A2 در ایستگاه بابلسر.....۵۵

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

آب یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن حاضر و محرک اصلی فعالیت‌های کشاورزی به شمار می‌رود. همچنین کمبود آن یکی از تنگناهای توسعه اقتصادی در ایران به ویژه در بخش کشاورزی است. این کشور به دلیل کمبود نزولات جوی و توزیع نامناسب آنها از مناطق خشک و نیمه خشک جهان به حساب آمده و همواره با کمبود آب به عنوان یکی از مهم‌ترین محدودیت های منابع طبیعی دست به گریبان بوده است. مناطق شمالی کشور به دلیل قرارگرفتن در موقعیت خاص جغرافیایی ریزش‌های جوی بیشتری نسبت به سایر نقاط کشور دارد. بارش به عنوان ورودی یک سامانه آبخیز یکی از اساسی‌ترین عناصر چرخه هیدرولوژیک به شمار می‌آید. از لحاظ تعریف ریزش رطوبت موجود در جو به هر شکلی در سطح زمین را بارش می‌گویند (علیزاده، ۱۳۸۱). جهت طراحی برخی از تأسیسات آبی، دانستن مجموعه‌ای از خصوصیات بارندگی بر روی حوزه آبریز (شهری، فرودگاه و حوزه‌های غیرشهری) ضروری است. این امر به خصوص در حوزه‌های آبریز شهری که به علت دارا بودن سطوح غیر قابل نفوذ (آسفالت) از ضریب رواناب بالایی برخوردار بوده و رواناب حاصله نیز باید توسط کانالها و جوی‌های مناسبی سریعا تخلیه گردد، صادق است. رگبارها از پیامدهای اقلیمی بحران‌زا می‌باشند که آگاهی از چگونگی شدت، مدت و تداوم آن، در دوره بازگشت‌های مختلف از اهمیت بسزایی در مطالعات هیدرولوژیک به‌ویژه دفع آبهای سطحی شهرها برخوردار است. با توجه به اهمیت مسئله و همچنین عدم وجود مدل مناسب برای پیش‌بینی آن در سال‌های اخیر لازم است که ابتدا شناخت کافی از وضعیت بارش با توجه به رگبار پیدا کرد. این موضوع نیازمند ارائه مدل مناسب با توجه به رگبار واقع شده است. از طرفی در احداث سازه‌های مختلف، جهت کنترل رواناب ناشی از سیل احتمال وقوع رواناب باید بر اساس دوره برگشت طرح در نظر گرفته شود. عواملی چون نوع سازه، هزینه و سطح محافظت در دوره برگشت طرح مهم می‌باشند. برای این کار از منحنی‌های IDF[1] که روابط بین میانگین شدت، مدت و دوره بازگشت را تشریح می‌کنند، استفاده می‌شود. منحنی‌های شدت، مدت و فراوانی بارش یکی از ابزارهای هیدرولوژیک جهت محاسبه سیلاب طرح و طراحی سازه‌های هیدرولیکی می‌باشند. این منحنی‌ها با استفاده از داده‌های بارش که در دوام مختلف ثبت شده است برای یک منطقه ساخته می‌شود. طراحی هیدرولوژیک کالورت‌ها، مجرای سیلاب‌ها و دیگر اجزای سیستم مدیریت سیلاب بطور اساسی با استفاده از باران طرح که از طریق شدت- مدت- فراوانی بارش بدست می‌آید محاسبه می‌شود. برای بدست آوردن این منحنی‌ها، حداکثر بارش سالانه با توزیع‌های احتمال برازش داده می‌شوند تا شدت‌های بارش برای بازه زمانی مورد نظر بدست آید. طبق مستندات تاریخی ثابت شده که تغییرات آب و هوا و تاثیرات آن وجود داشته و تأثیری که بر روی بارندگی می‌گذارند غیر قابل انکار است. بنابراین پتانسیل تغییر در حداکثر

[1] Intensity-Duration-Frequency Curve

بارش در یک منطقه نیازمند اصلاح قوانین مدیریت سازه‌های آبی موجـود و تغییـر در طراحـی آنها است. تغییرات اقلیم همچنین بر روی افزایش و کاهش بارندگی در تمام مناطق جهان تاثیر می‌گذارد که این رفتار تاثیر بر روی منحنی‌های IDF را اجتناب ناپذیر می‌کند. افزایش گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های آتی و در نتیجه تشدید تغییرات پارامترهای اقلیمی، مـی‌توانـد تـاثیرات منفی زیادی را بر سامانه‌های مختلف از جملـه منـابع آب، محـیط زیسـت، صـنعت، بهداشـت، کشاورزی و کلیه سامانه‌هایی که در کنش با سامانه اقلیم می‌باشند، بگذارد. تبعـات منفـی ایـن پدیده برای بشر تا آنجا می‌تواند مخرب باشد که در بـین ده عامـل تهدیـد آمیـز بشـر در قـرن بیست و یکم پدیده تغییر اقلیم مقام اول را به خود اختصـاص داده اسـت (IPCC، ۲۰۰۷). لـذا تغییر اقلیم یعنی هر تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب و هوایی که در طولانی‌مدت در یک منطقه خاص یا بـرای کـل اقلـیم جهـانی، رخ مـی‌دهـد. از ایـن رو مهمترین وظیفه جوامع علمی کشورها در برخورد با این پدیده بررسی اثـرات تغییـر اقلـیم بـر سامانه‌های مختلف و ارائه راه‌کارهای تطبیقی در مقابله با تبعات منفی این پدیده در دوره‌هـای آتی می‌باشد. از طرفی متوسط دمـای سـطح زمـین طـی قـرن گذشـته در حـدود ۰/۶ درجـه سانتی‌گراد افزایش یافته است و انتظار می‌رود این افزایش بـه افـزایش مقـادیر تبخیـر و تعـرق منجر شود و اتمسفر را قادر سازد تا مقادیر بیشتری از بخار آب را جابه‌جـا کنـد. بنـابراین گـرم شدن جهانی زمین، ممکن است اثرات قابل توجهی بر چرخه هیدرولوژی داشته باشد و موجـب تغییر بیشتر پارامترهای اقلیمی شود (کمال، ۱۳۸۸). داده‌های هواشناسـی و نتـایج مـدل‌هـای شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی نشان می‌دهد که متوسط دمای آتمسفر در حال افزایش اسـت کـه خود سبب تغییر در مدت، شدت، شکل و زمان بارش در مناطق مختلف کره زمین می‌شود. این مسئله می‌تواند سبب ایجاد خشکسالی‌ها و سیلاب‌هایی شدید گردد. همچنین باعـث تغییـر در حجم، زمان و مدت رواناب می‌شود که پیامد این اتفاق در عرصه مدیریت منابع آب تحـولات و تغییرات بسیاری را به وجود خواهد آورد. امروزه در بیشتر تحقیقات مربوط به پیش‌بینی شرایط آینده اقلیم از خروجی مدل‌های گردش عمومی جو (GCM)[1] تحت سناریوهای مختلف انتشـار گاز دی‌اکسیدکربن استفاده می‌شود. اگرچه عدم قطعیت‌های زیادی در مدل‌های GCM وجـود دارد اما در حال حاضر آنها بهترین روش برای دستیابی به اقلیم آینده محسوب می‌شوند (چو[2] و همکاران، ۲۰۱۰). مشکل عمده مدل‌های GCM بزرگ بودن سلول‌هـای محاسـباتی آن‌هـا بـه لحاظ مکانی است (قدرت تفکیک آنها به صدها کیلومتر می‌رسد) که سبب می‌شـود نتـوان بـه طور مستقیم از خروجی آنها در مقیاس محلی استفاده کرد. برای حل این مشـکل، روش‌هـایی ابداع شده‌اند که قادرند خروجی مدل‌های گردش عمومی جو را به مقیاس محلی تبدیل نماینـد

[1] General Circulation Climate Model
[2] Chu et al.

و اصطلاحا " روش‌های ریز مقیاس نمایی "[1] نامیده می‌شوند (فولر و ویلبای[2]، ۲۰۰۷). روش‌های ریز مقیاس نمایی به طور کلی به دو دسته دینامیکی و آماری تقسیم می‌شوند. در روش‌های دینامیکی، خروجی مدل گردش عمومی جو به عنوان شرایط مرزی برای مدل‌های اقلیم منطقه‌ای محسوب شده و اطلاعات اقلیمی برای سلول‌هایی با ابعاد کوچکتر بدست می‌آید. مشکل این روش‌ها، هزینه بالای محاسبه و اتکا آنها بر شرایط مرزی تامین شده توسط مدل‌های GCM است (وانگ و همکاران[3]، ۲۰۰۴). در مقابل روش‌های آماری می‌توانند با برقراری یک رابطه همبستگی بین سری زمانی متغیر مورد بررسی در سطح ایستگاه و متغیرهای بزرگ- مقیاس جوی، خروجی مدل‌های گردش عمومی جو را تحت سناریوهای مختلف انتشار شبیه‌سازی کنند. این روش‌ها بسیار ارزان و دقت آن‌ها می‌تواند با روش‌های دینامیکی رقابت کند. تنها نقص آنها دسترسی به سری‌های زمانی تاریخی طولانی مدت است که ممکن است در برخی ایستگاه‌ها وجود نداشته باشد. با این حال امروزه بیشتر از روش‌های آماری استفاده می‌شود (ژو[4]، ۱۹۹۹؛ فولر و ویلبای، ۲۰۰۷). بنابراین می‌توان گفت بارش مهم‌ترین عامل در مطالعات و طراحی تمامی سیلاب‌ها می‌باشد و انجام مطالعات بنیادی بر روی پراکنش زمانی و مکانی بارش لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

پدیده تغییر اقلیم متأثر از تغییر در میزان تبادل و انرژی می‌باشد. به همین دلیل بر سیکل هیدرولوژی تأثیر شدیدی گذاشته است. گرم شدن کره زمین باعث افزایش تبخیر و ازدیاد تراکم بخار آب در اتمسفر می‌شود. در نتیجه میزان و الگوی نزولات آسمانی اعم از باران و برف تغییر می‌کند. مقدار بارندگی در بعد زمان و مکان متغیر است. تغییرات بارندگی در بعد زمان معمولا در قالب منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی و الگوی زمانی بارش مورد بررسی قرار می‌گیرد. سیلابی که از بارش حاصل می‌شود احتمالا شدیدترین خطر هیدرومتئولوژی است که موجب صدمات به جاده‌ها، پل‌ها، مناطق مسکونی و زمین‌های کشاورزی می‌شود. بنابراین طراحی و پشتیبانی از این حوزه‌ها نیازمند محاسبه دبی مورد انتظار از بارش‌هایی با مقادیر متفاوت است که به دلیل مشکل جهانی تغییر اقلیم اتفاق می‌افتند. در هر حال یکی از چالش‌های رایج در هیدرولوژی این است که چگونه پیک جریان با توجه به فراوانی سیل با اطمینان محاسبه شود. از طرف دیگر تغییر در زمان و فراوانی بارش تحت تاثیر تغییر اقلیم یکی دیگر از چالش‌های هیدرولوژیست‌ها است. محاسبه منحنی‌های IDF و معادله آن تحت تاثیر تغییر اقلیم برای حوزه مورد نظر می‌تواند نقش مهمی را در طراحی‌ها ایفا کند. در حال حاضر

[1] Downscaling
[2] Fowler and Wilby
[3] Wang et al.
[4] Xu

جدیدترین اطلاعات منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی بارندگی در ایران، مربوط به ۶۶ ایستگاه سازمان هواشناسی می‌باشد که در سال ۱۳۷۴ منتشر شده است. با توجه به این امر که تا کنون مطالعات لازم در این زمینه در حوضه‌های استان مازندران انجام نگرفته و با در نظر گرفتن اهمیت مساله، مطالعه حاضر برای بررسی تأثیر تغییر اقلیم و گرمایش جهانی زمین و اثرات آن بر منحنی‌های IDF، در ایستگاه بابلسر در استان مازندران که دارای آمار طولانی مدت است، خواهد بود.

۱-۳- اهداف تحقیق

آگاهی از میزان تغییرات ایجاد شده بر منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی بارش در هر منطقه از اهمیت بسزایی در مطالعات هیدرولوژیک، به‌ویژه دفع آبهای سطحی شهرها برخوردار است. هدف اصلی از انجام این تحقیق ارزیابی تاثیر تغییرات اقلیم بر منحنی‌های شدت، مدت و فراونی بارش در آینده است. برای دستیابی به این هدف اصلی، اهداف زیر مد نظر می‌باشد.

۱) محاسبه و استخراج منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی ایستگاه مورد نظر
۲) تولید داده‌های بارندگی آینده با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری مدل گردش عمومی جو تحت سناریوهای مختلف
۳) توسعه منحنی‌های IDF برای ایستگاه مورد نظر در مدت و دوره بازگشت‌های متفاوت تحت سناریوهای انتشار مختلف
۴) ارزیابی تغییرات IDF برای سناریوهای امکان پذیر تغییر اقلیم

۱-۴- نوآوری

با توجه به اینکه تاکنون در اغلب مطالعات انجام شده در زمینه تغییر اقلیم در ایران تأثیر این پدیده بر منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی بارش در اقلیم آینده صورت نگرفته است و با در نظر گرفتن اهمیت منحنی‌های IDF در محاسبه رواناب حاصل از سیلاب‌ها و همچنین در طراحی زهکش‌ها و دیگر سازه‌های شهری، تعیین تأثیر تغییرات حاصل از تغییر اقلیم بر این منحنی‌ها امری ضروری خواهد بود. از آنجایی که تحقیق در این زمینه در منطقه بابلسر صورت نگرفته و با توجه به رژیم بارش در این منطقه، استخراج منحنی‌های IDF تحت تاثیر سناریوهای مختلف گرمایش جهانی از اهمیت بسزایی برخوردار خواهد بود.

۱-۵- شرح روند پایان نامه

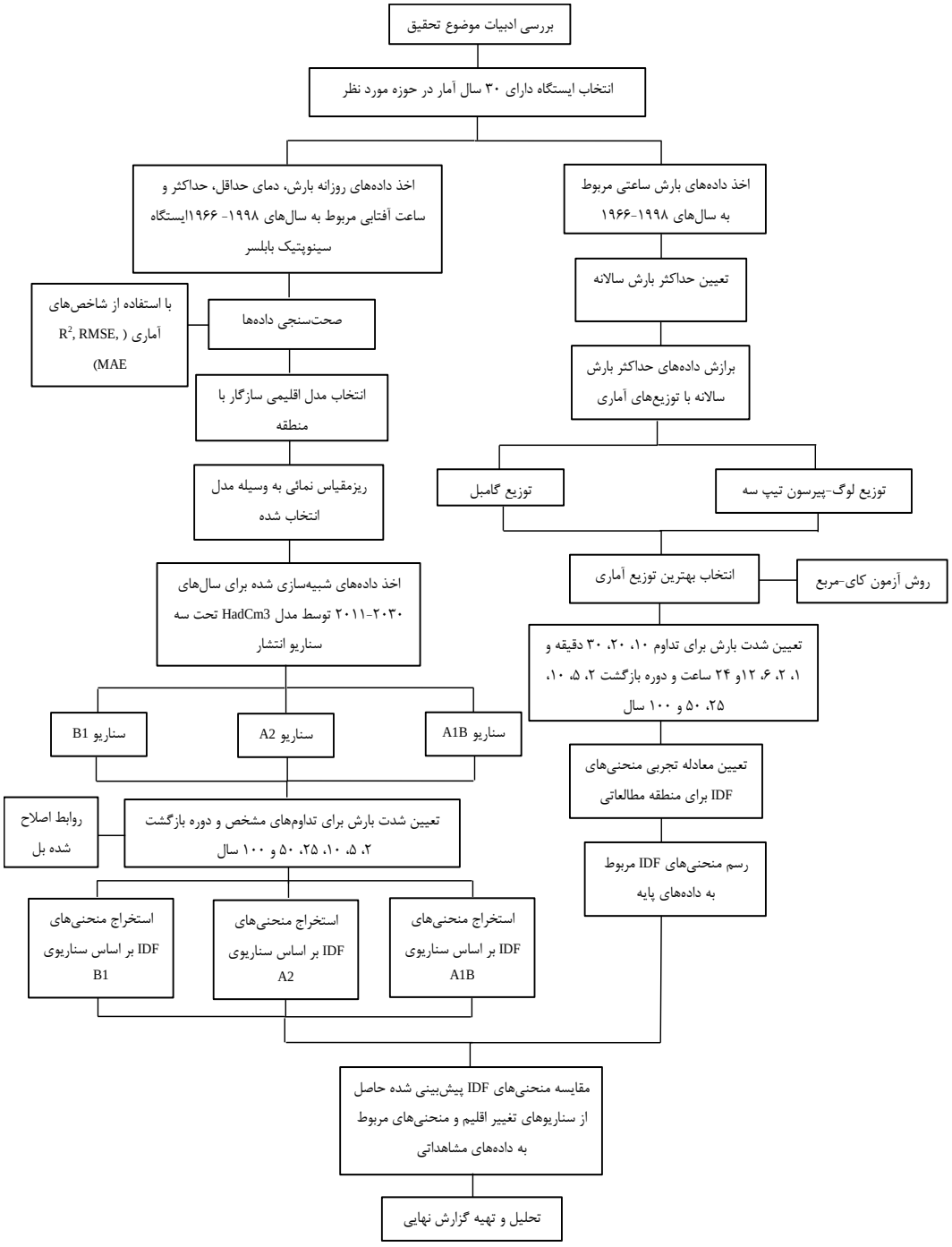
این تحقیق در ۵ فصل به شرح زیر انجام یافته است:

در فصل اول کلیاتی در مورد منحنی‌های شدت، مدت، فراوانی بارش و تغییرات اقلیم،

ضرورت انجام تحقیق و اهداف تحقیق ارائه شده است. در فصل دوم مروری بر تحقیقات انجام‌شده مورد توجه قرار گرفته است. در فصل سوم، به معرفی منطقه مطالعاتی، مفاهیم تغییر اقلیم، معرفی مدل‌های گردش عمومی جو، روش‌ها و ارائه یک شمای کلی از تحقیق انجام‌شده، پرداخته است. فصل چهارم، مربوط به نتایج حاصل از محاسبات مربوط به منحنی‌های شدت، مدت و فراوانی بارش بر اساس داده‌های پایه و شبیه‌سازی شده و ارائه معادلات IDF محاسبه شده به وسیله داده‌های پایه و رسم نمودارهای مربوطه و مقایسه آنها می‌باشد و در فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادها ارائه شده است.

۱-۶- الگوریتم تحقیق

مراحل انجام تحقیق در این پایان نامه در شکل (۱-۱) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، مراحل انجام تحقیق از اخذ داده‌ها تا مرحله تحلیل و پیش‌بینی با ذکر روش‌ها مشخص گردیده است تا ذهنیت لازم را برای محققان فراهم آورد.



شکل ۱-۱ مراحل انجام تحقیق

فصل دوم

مروری بر تحقیقات پیشین

۲-۱- مقدمه

در این فصل، پیشینه مطالعات در پنج بخش بررسی می‌شود. در ابتدا به بررسی سوابق تحقیق در زمینه منحنی‌های IDF در ایران و سایر نقاط جهان پرداخته می‌شود. سپس تحقیقات انجام شده در زمینه تغییر اقلیم در ایران و دیگر نقاط جهان ارائه می‌شود و در آخر پیشینه تحقیق در زمینه تأثیر تغییر اقلیم بر منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی بارش عنوان می‌گردد.

۲-۲- سوابق تحقیق منحنی‌های IDF در ایران

قهرمان و سپاسخواه در سال (۱۳۶۹) رابطه شدت- مدت- تناوب بارندگی در ایران را با استفاده از باران یکساعته با دوره بازگشت ده سال تخمین زدند. نتیجه این بررسی نشان داد که در مدت دوام ثابت، بین مقدار باران با دوره بازگشت‌های مختلف و دوره بازگشت پایه ۱۰ ساله نسبتهای ثابتی وجود دارد. در دوره بازگشت ثابت، بین مقدار باران با مدت دوام‌های مختلف و مدت دوام پایه یکساعته نیز نسبت‌های ثابتی بدست آمد. مقایسه نسبت‌های بدست آمده برای ایران با نسبت‌های حاصله از بررسی قبلی بر روی تعداد کمتری از ایستگاه‌های سازمان هواشناسی از یکطرف و با نسبت‌های حاصله از کشورهای آمریکا، نیوزلند، آفریقای جنوبی، عربستان سعودی، استرالیا و چکسلواکی از طرف دیگر نشان داد که این نسبت‌ها با آنچه که در سایر نقاط دنیا بدست آمده تشابه داشته و میزان این تشابه نسبت به نتایج بدست آمده در بررسی‌های قبلی افزایش یافته است. وزیری (۱۳۷۰) منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی را برای ۱۳۶ ایستگاه باران‌سنجی سازمان هواشناسی و وزارت نیرو برای نقاط مختلف ایران تهیه کرد. قنبرپور و همکاران (۱۳۷۹) مطالعاتی را برای یافتن روابط بارندگی‌های حداکثر در مقیاس روزانه و کوتاه مدت (۱۵ دقیقه الی ۱۲ ساعته) در ایران انجام دادند. در این مطالعه تحلیل روابط عمق – مدت – فراوانی بارندگی در ایران با استفاده از ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی انجام و نسبت بارندگی‌های کوتاه مدت به بارندگی حداکثر روزانه در هر ایستگاه محاسبه شد. روند تغییرات نسبت‌ها و اختلاف منطقه‌ای این مقادیر به کمک رسم خطوط هم‌نسبت بر روی نقشه ایران ترسیم شد. میانه نسبت‌های مذکور برای هر یک از مناطق اقلیمی انتخاب و بر اساس آن رابطه عمق – مدت – فراوانی بارندگی برای هر یک از مناطق اقلیمی ایران با روش رگرسیون بر اساس مدت بارندگی و مقادیر نسبت‌های مذکور که از ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۹۵ برخوردار بودند، ارائه گردید. رضیئی و علیجانی (۱۳۸۱) نیز با استفاده از منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی و بهره‌گیری از روش بلوک‌های متناوب الگوی زمانی بارش را در استان تهران ارائه نمود. قهرمان و آبخضر (۲۰۰۴) ضرایب معادلات IDF را برای نقاط مختلف ایران تصحیح نمودند. روشنی و عبدالهی (۱۳۸۷) با استفاده از آمار رگبارهای رخ داده در سه ایستگاه رشت، خرجگیل و استور در غرب گیلان به مدت ۱۵سال منحنی‌های IDF را توسط توابع