به نام خداوند بخشنده مهربان

مدیریت تحصیلات تکمیلی
دانشکده کشاورزی
گروه آبیاری و زهکشی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی

تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب‌های استان گیلان با استفاده از روش گشتاورهای خطی

اساتید راهنما:
دکتر زمان شامحمدی حیدری
دکتر پرویز حقیقت‌جو

استاد مشاور:
دکتر علیرضا مقدم‌نیا

تهیه و تدوین:
محسن رستمی کامرود
مهرماه ۱۳۹۰

سپاس **خدای** را

که حس بودنش، نیک بودن را در تمام اعماق وجودم زنده نگه می دارد و پلیدی ها را می زداید

و جاودانگی را الهام می بخشد تا غبار حسرت به خاطر نداشته هایم بر سلول های وجودم که سرشار از حرکت و امیدند ننشیند.

تقدیم به قطب عالم امکان آنکه جهانی در انتظار اوست.

تقدیم به کوه صبر و استقامت

پدر زحمتکش و مهربانم که در تمامی لحظات زندگی و تحصیل راهنما و مشوق من بوده و تمامی موفقیت هایی که تا به اکنون کسب کرده ام مدیون زحمات بی شائبه ایشان است

تقدیم به **مادر** مهربانم

آن عاشق بی ریا که با مهر و لطف، پرستار وجودم گشت

بر نگاهم لبخند زد صخره خالی روحم را با مهر و عشق آشنا نمود.

مادر صبورم که شبی آسوده خاطر از فردای فرزندانش نخفت.

تقدیم به **برادران و خواهر بزرگوارم** به خاطر فداکاری ها، صبر و شکیبایی بی دریغ شان

و تقدیم به **فرهاد** که دوستش دارم و یار و یاور من در این پایان نامه بود.

تشکر و قدردانی

سپاس بی نهایت خدای را که دریای بی منتهای بخشش است و بال فضل، بر کائنات گشوده و سایه لطف بر بندگان گسترده و بامنت خود، مرا به زینت ایمان آراسته و در خیمه لطف منزل داده است. چگونه شکر او را گویم که منت را بر من تمام کرده و از سر رحمت خود، مرا در زمره جویندگان علم و دانش قرار داده است. من چگونه نوای لک الحمد سر دهم که این نوای ارادت، خود از بیشمار نعمت های اوست و محتاج لک الحمدی دیگر. تمام مباهات من در طول تحصیل، نه دست یازیدن به درجه ای از دانش، بلکه فراسوی آن تلمذ در نزد استادانی بوده است که خود دریایی از معرفت بودند و سهم من پرتوی از تشعشع معرفت ایشان بر اندیشه بوده است. در این رهگذر، به رسم ادب خود را ملزم می دانم که با تواضع تام و از صمیم قلب تشکر و سپاس خالصانه خود را از اساتید راهنمای گرانقدرم **آقایان دکتر زمان شاهمدی حیدری و دکتر پرویز حقیقت جو** عرضه دارم، همچنین از استاد مشاورم **آقای دکتر علیرضا مقدم نیا** که طی انجام این پژوهش یاری ام دادند و از تجارب ارزنده شان بهره مندم ساختند تشکرم.

و در آخر از دوستان عزیزم آقایان فرهاد فرسادنیا، حسین جعفری ندوشن، روح الله کامیاب کلاتری، مصطفی عابدی تیزکی، مصطفی مردانی نجف آبادی، سید سجاد سیدین بروجنی، محمد رحیمی، احسان تمیزی، ولی منافی و تمامی دوستانی که طی این مدت با شکیبایی تمام از ابراز محبت و همکاری دریغ ننموده اند و به عناوین مختلف یار و یاورم بودند سپاسگزارم.

محسن رستمی کامرود

مهرسال هزار و سیصد و نود

تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب‌های استان گیلان با استفاده از روش گشتاورهای خطی

چکیده

با استفاده از تجزیه و تحلیل فراوانی سیلاب منطقه‌ای، یک رابطه تعمیم یافته برای برآورد بزرگی سیلاب‌های بوقوع پیوسته در حوضه‌های آبریز فاقد ایستگاه یا با داده‌های اندازه‌گیری شده محدود بر قرار می‌گردد. تجزیه و تحلیل فراوانی سیلاب منطقه‌ای معمولا شامل شناسایی نواحی همگن، انتخاب توزیع‌های فراوانی منطقه‌ای مناسب و برآورد چندک‌های سیلاب در حوضه‌های آبریز مورد نظر می‌باشد. از ۷۳ ایستگاه موجود در استان گیلان، ۴۶ ایستگاه با طول دوره آماری مناسب انتخاب گردید. در تحلیل‌های مقدماتی با استفاده از نمودارهای نسبت گشتاورهای خطی و آزمون‌های ناهماهنگی و غیرهمگنی مشخص شد که استان گیلان یک منطقه کاملا ناهمگن از لحاظ هیدرولوژیکی می‌باشد. در این تحقیق از ۵ مشخصه مساحت حوضه آبریز، شیب آبراهه اصلی، میانگین بارندگی سالانه، طول و عرض جغرافیایی برای تحلیل خوشه‌بندی استفاده شد. برای انتخاب بهترین تعداد خوشه از شاخص‌های میانگین عرض سیلوت، دیویس-بولدین و دان استفاده شد و در نهایت تعداد ۲ خوشه مناسب تشخیص داده شد. برای تعدیل همگنی مناطق ایجاد شده از روش تعدیل همگنی منطقه‌ای هاسکینگ و والیس استفاده شد. با استفاده از آزمون نکوئی برازش Z^{DIST} بهترین توزیع منطقه‌ای انتخاب شد. تابع توزیع لجستیک تعمیم یافته برای مناطق ۱ و ۲ به عنوان بهترین توزیع منطقه‌ای شناخته شد. پارامترهای توزیع منتخب، چندک‌ها و در نهایت حداکثر سیلاب سالیانه با دوره‌های بازگشت مختلف بدست آمد. در نهایت با استفاده از حداکثر سیلاب سالانه، مساحت حوضه آبریز و دوره‌های بازگشت مختلف یک رابطه منطقه‌ای برای استان گیلان حاصل گردید.

واژگان کلیدی: تحلیل فراوانی منطقه‌ای، گشتاورهای خطی، خوشه‌بندی، مناطق همگنی، حداکثر سیلاب سالانه، استان گیلان

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۱-۱ اهمیت ۲

۱-۲ ضرورت تحقیق ۲

۱-۳ اهداف تحقیق ۳

۲-۱ مقدمه ۵

۲-۲ تحلیل خوشه‌بندی ۶

۲-۲ تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب ۸

۳-۱ معرفی منطقه مورد مطالعه ۲۲

۳-۱-۱ حوضه‌های آبریز استان گیلان ۲۲

۳-۱-۲ رودخانه‌های سیل‌خیز استان گیلان ۲۲

۳-۱-۳ تقسیم بندی رودخانه‌های استان گیلان بر اساس درجه سیل‌خیزی ۲۴

۳-۱-۳-۱ رودخانه‌های با بیش از پنج رویداد سیلاب به وقوع پیوسته ۲۴

۳-۱-۳-۲ رودخانه‌های با یک تا پنج رویداد سیلاب به وقوع پیوسته ۲۴

۳-۱-۳-۳ رودخانه‌های با یک رویداد سیلاب به وقوع پیوسته ۲۴

۳-۱-۲-۴ رودخانه‌های بدون رویداد سیلاب ثبت شده ۲۴

۳-۲ داده‌های مورد استفاده ۲۵

۳-۳ فرضیات اولیه آمار و احتمالات در تحلیل فراوانی ۲۶

۳-۳-۱ متغیر تصادفی ۲۶

۳-۳-۲ احتمال، ترسیم موقعیت و دوره بازگشت ۲۷

۳-۴ توزیع‌های احتمالاتی ۲۸

۳-۵ تحلیل فراوانی سیلاب ۲۹

۳-۵-۱ انواع سری داده‌ها ۲۹

۳-۵-۱-۱ سری‌های حداکثر سالانه ۲۹

۲-۱-۵-۳ سری مقادیر جزئی یا مدل اوج‌های بالاتر از یک حد آستانه ۲۹
۳-۱-۵-۳ سری مقادیر کامل ۳۰
۲-۵-۳ بازسازی نواقص آماری ۳۰
۱-۲-۵-۳ بازسازی و تطویل آمار با استفاده از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها ۳۱
۶-۳ بهترین تابع توزیع در هر ایستگاه ۳۱
۱-۶-۳ روش‌های تعیین پارامترهای توزیع ۳۱
۱-۱-۶-۳ روش گشتاورها ۳۱
۲-۱-۶-۳ روش حداکثر درستنمایی ۳۱
۳-۱-۶-۳ روش گشتاورهای وزنی احتمال ۳۲
۲-۶-۳ آزمون‌های تعیین بهترین توزیع در هر ایستگاه ۳۲
۱-۲-۶-۳ آزمون مربع کای ۳۲
۲-۲-۶-۳ آزمون کلوموگروف- اسمیرنوف ۳۳
۷-۳ تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب ۳۳
۸-۳ تعیین نواحی همگن ۳۴
۹-۳ مراحل منطقه‌ای کردن با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی ۳۵
۱-۹-۳ انتخاب مشخصه‌ها ۳۶
۲-۹-۳ آماده کردن بردارهای مشخصه ۳۷
۳-۹-۳ شکل‌گیری خوشه‌ها ۳۷
۴-۹-۳ انتخاب تعداد خوشه بهینه ۳۸
۱-۴-۹-۳ شاخص عرض میانگین سیلهوت ۳۸
۲-۴-۹-۳ شاخص دیویس بولدین ۳۹
۳-۴-۹-۳ شاخص دان ۳۹
۵-۹-۳ بررسی همگنی مناطق ایجاد شده ۴۰
۶-۹-۳ تعدیل مناطق ناهمگن ۴۰
۷-۹-۳ تخمین چندک‌های سیلاب ۴۱
۱۰-۳ انتخاب و ارزیابی توزیع‌های اصلی ۴۱
۱-۱۰-۳ گشتاورهای وزنی احتمال و گشتاورهای خطی ۴۱

۳-۱۱ نمودارهای نسبت گشتاورهای خطی ۴۴
۳-۱۲ آزمون‌های مبنی بر گشتاورهای خطی ۴۵
۳-۱۲-۱ آزمون نکویی برازش ۴۵
۳-۱۲-۲ آزمون‌های ناهماهنگی و ناهمگنی منطقه‌ای ۴۶
۳-۱۳ روش‌های تخمین پارامترهای یک توزیع ۴۹
۳-۱۳-۱ روش گشتاورهای وزنی احتمال ۴۹
۳-۱۴ برآورد چندک‌ها ۵۰
۳-۱۵ برآورد سیلاب منطقه‌ای ۵۱
۳-۱۶ بدست آوردن رابطه بین حداکثر سیلاب، مساحت و دوره بازگشت ۵۱
۴-۱ ایستگاه‌های مورد مطالعه ۵۳
۴-۲ داده‌ها و تحلیل مقدماتی ۵۳
۴-۲-۱ بازسازی آمار با استفاده از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها ۵۳
۴-۲-۲ آزمون‌های همگنی مبنی بر گشتاورهای خطی ۵۴
۴-۲-۲-۱ آزمون ناهماهنگی ۵۴
۴-۲-۲-۲ آزمون غیرهمگنی ۵۶
۴-۳ تحلیل خوشه‌بندی ۵۸
۴-۳-۱ تعیین تعداد خوشه بهینه ۵۹
۴-۳-۲ تعیین همگنی خوشه‌های ایجاد شده ۶۲
۴-۳-۳ تعدیل همگنی منطقه‌ای ۶۲
۴-۴ انتخاب بهترین تابع توزیع ۶۶
۴-۴-۱ انتخاب بهترین تابع توزیع در هر ایستگاه ۶۶
۴-۴-۲ انتخاب بهترین تابع توزیع منطقه‌ای ۷۱
۴-۵ تخمین چندک‌های سیلاب ۷۲
۴-۶ برآورد سیلاب منطقه‌ای ۷۲
۴-۷ بررسی رابطه منطقه‌ای بین حداکثر سیلاب، مساحت و دوره بازگشت ۷۴

۵-۱ مقدمه ۷۹
۵-۲ نتیجه‌گیری ۷۹
۵-۳ پیشنهادات ۸۰

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل ۱-۳موقعیت منطقه مورد مطالعه ۲۳
شکل ۲-۳ نمای شماتیک از مراحل منطقه‌ای کردن با استفاده از روش گشتاورهای خطی ۳۶
نمودار ۱-۴ نمودارهای نسبت گشتاورهای خطی ۵۷
نمودار ۲-۴ تعیین تعداد خوشه بهینه بر اساس شاخص‌های مورد نظر ۶۰
نمودار ۳-۴ نمودارهای نسبت گشتاورهای خطی در منطقه ۱ ..... ۶۴
نمودار ۴-۴ نمودارهای نسبت گشتاورهای خطی در منطقه ۲ ..... ۶۵
شکل۳-۴ مناطق شکل گرفته بعد از خوشه‌بندی ۶۶

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۱-۳ مشخصات ایستگاه‌های آب‌سنجی و حوضه‌های بالادست آن‌ها ۲۵

جدول ۱-۴ روابط رگرسیونی بین ایستگاه‌ها ۵۴

جدول ۲-۴ تعیین ایستگاه‌های ناهمگن ۵۵

جدول ۳-۴ بررسی همگنی استان گیلان ۵۷

جدول ۴-۴ شاخص‌های ارزیابی خوشه‌بندی ۶۱

جدول ۵-۴ بررسی همگنی مناطق ایجاد شده ۶۲

جدول ۶-۴ تعدیل همگنی منطقه‌ای ۶۳

جدول ۷-۴ تعیین پارامترهای توزیع‌های منتخب با روش حداکثر درستنمایی، گشتاورها و گشتاورهای خطی ۶۷

جدول ۸-۴ انتخاب بهترین توزیع آماری ۷۱

جدول ۹-۴ پارامترهای توزیع لجستیک تعمیم یافته برای مناطق ایجاد شده ۷۲

جدول ۱۰-۴ چندک‌های احتمال برای مناطق ایجاد شده ۷۲

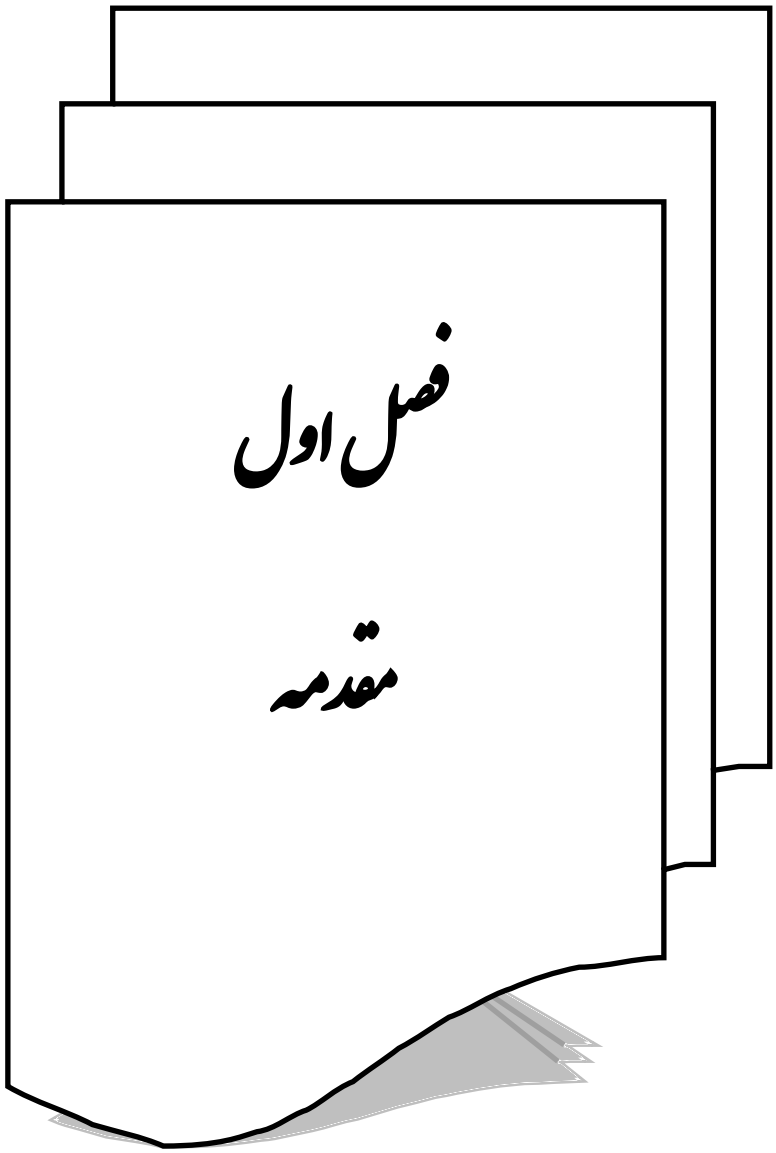
جدول ۱۱-۴ مقادیر سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف در منطقه ۱ ۷۲

جدول ۱۲-۴ مقادیر سیلاب با دورههای بازگشت مختلف در منطقه ۲ ۷۳

جدول ۱۳-۴ مقادیر سیلاب با دوره‌های بازگشت مختلف ۷۴

جدول۱۴-۴ مقادیر ضرایب A و B روابط خطی بین حداکثر سیلاب و مساحت حوضه ۷۶

جدول ۱۵-۴ مدل‌های مورفولوژیکی برآورد حداکثر سیلاب سالانه با دوره‌های بازگشت مختلف ۷۷


فصل اول
مقدمه

۱-۱ اهمیت

سیل در میان انواع خطرهای طبیعی است که خسارات زیادی را به جوامع انسانی، تاسیسات، مراکز صنعتی و اراضی کشاورزی وارد می‌کند. سالانه سیل در دنیا به طور میانگین جان ۲۶۰۰۰ نفر انسان را می‌گیرد و بر زندگی ۷۵ میلیون دیگر تاثیر اقتصادی بسیار بدی می‌گذارد (Quarda *et al*., 1993). خسارات ناشی از سیل در چند دهه اخیر به گونه فزاینده افزایش یافته است که این نشان دهنده افزایش فراوانی و شدت سیل می‌باشد (Smith, 2001). برآورد دقیق مقدار و دوره برگشت سیلاب در طراحی سازه‌هایی مانند سدها، سرریزها، جاده‌ها، پل‌های راه آهن، آبگذرها، سیستم‌های زهکشی سطحی، پهنه‌بندی دشت‌های سیلابی، ارزیابی اقتصادی طرح‌های کنترل سیلاب و غیره کاربرد دارد. برآوردهای کم زیان‌های مالی و جانی و برآوردهای بیش از اندازه افزایش هزینه‌ها را به دنبال دارد (Kumar *et al*., 2003).

۱-۲ ضرورت تحقیق

با توجه به تغییرات مکانی و زمانی بارش و همچنین پتانسیل سیل‌خیزی در استان گیلان، اطلاع از احتمال وقوع و یا دوره بازگشت سیلاب‌ها و اطلاع از محدوده گسترش سیل‌ها می‌تواند برنامه‌ریزان و متخصصان کشور را در زمینه راهکارهای کنترل این پدیده مخرب یاری نماید. علاوه بر این احداث سازه‌های مختلف و توسعه شهرها و روستاها بر اساس پیش‌بینی سیل و اطلاع از بزرگی و محدوده گسترش آن، تا حدود زیادی می‌تواند خطر سیل را کاهش دهد (Rao and Hamed, 1997).

با توجه به کمبود ایستگاه‌های آب سنجی و بعضاً کوتاه بودن دوره آماری، همیشه نمی‌توان از تحلیل فراوانی سیلاب برای رسیدن به چندک‌های سیل استفاده کرد. هیدرولوژیست‌ها برای رفع این مشکل به جای استفاده از آمار یک ایستگاه، از آمار و ویژگی‌های مجموعه‌ای از ایستگاه‌های مشابه استفاده می‌کنند. یک گروه از ایستگاه-های مشابه با واکنش‌های سیل، مشابه یک منطقه همگن هیدرولوژیکی را تشکیل می‌دهد. تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب در طراحی و اجرای سازه‌های کنترل آب از قبیل کالورت، پل‌ها ، نقشه کاربری اراضی، بیمه سیل، حفاظت از مناطق مسکونی، ارزیابی اقتصادی پروژه‌های منابع آب استفاده می‌شود (Rao and Srinivas, 2005). در تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب با استفاده از داده‌های چند ایستگاه، می‌توان چندک‌های سیلاب را در ایستگاه‌هایی با طول دوره آماری کمتر از $5T$ تخمین زد، که T دوره بازگشت است (Reed *et al*., 1999).

۱-۳ اهداف تحقیق

اهداف مطالعه حاضر عبارتند از:

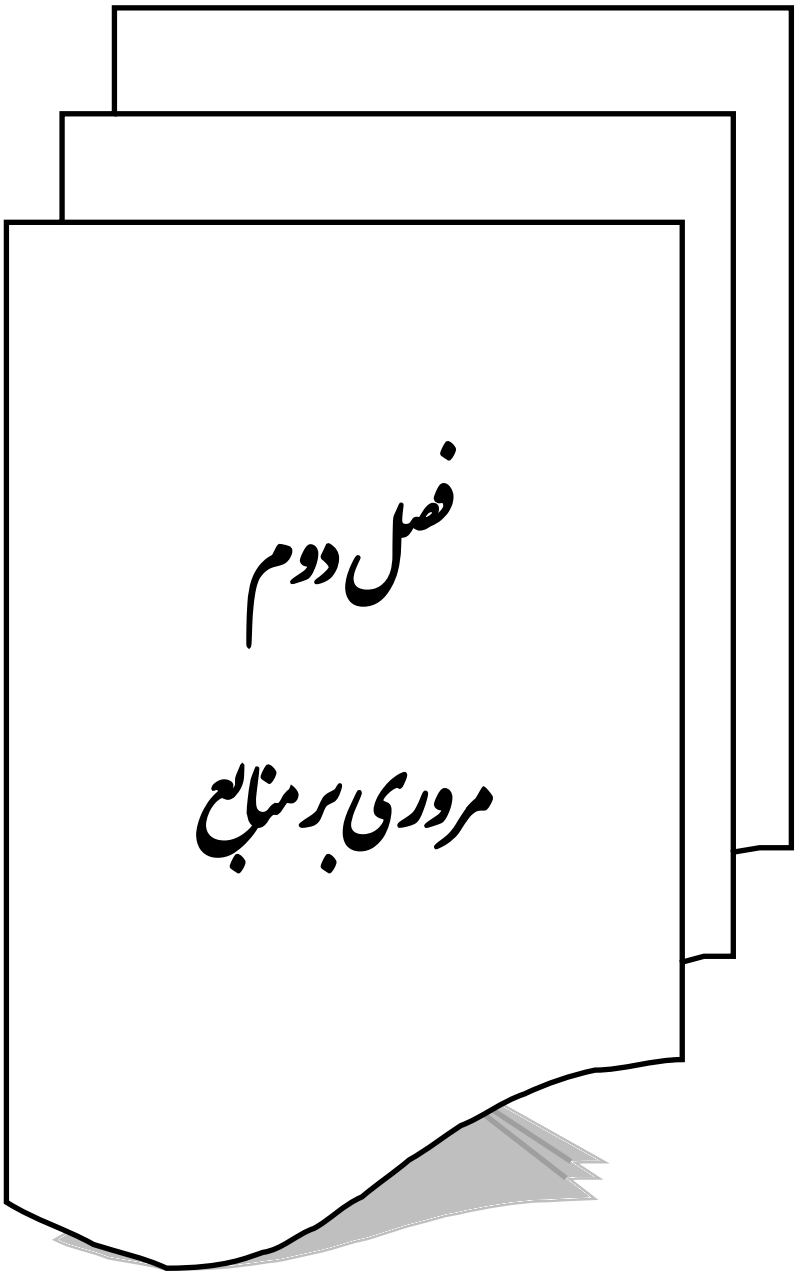
۱- تعیین بهترین شاخص خوشه بندی.

۲- انتخاب توزیع آماری مناسب برای مناطق همگن شده و برآورد پارامترهای توزیع.

۳- تعیین رابطه منطقه‌ای بین حداکثر دبی محاسبه شده به عنوان تابعی از مساحت حوضه و دوره بازگشت.

۱-۴ ساختار پایان‌نامه

مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه تحلیل خوشه‌بندی و تحلیل فراوانی منطقه‌ای در فصل دوم آورده شده است. در فصل سوم، مواد و روش‌ها، فصل چهارم نتایج و بحث، فصل پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات حاصل و نهایتا منابع استفاده شده در تحقیق، ذکر شده است.


فصل دوم
مروری بر منابع

۲-۱ مقدمه

هدف اولیه تحلیل فراوانی، برقراری رابطه بین بزرگی حوادث حدی و فراوانی وقوع آن‌ها از طریق استفاده از توزیع‌های آماری می‌باشد (Chow *et al*., 1988). داده‌های مشاهده شده از یک دوره زمانی طولانی مربوط به یک سیستم رودخانه در تحلیل فراوانی تجزیه و تحلیل می‌شوند. در دسترس بودن داده‌ها یکی از جنبه‌های مهم تحلیل فراوانی است. برآورد احتمال وقوع سیلاب‌های حدی، در واقع یک برون‌یابی بر اساس داده‌های محدود می‌باشد. بنابراین هر چه داده‌های پایه بیشتر باشند، صحت برآورد از این طریق بیشتر خواهد شد. از نظر آماری برآورد حاصل از نمونه‌های کوچک می‌تواند منجر به پارامترهای نامعقول و غیر واقعی گردد (Rao and Hamed, 1997). تحلیل ناحیه‌ای بر اساس مفهوم همگنی ناحیه‌ای است که فرض می‌کند جامعه‌های جریان حداکثر سالانه در چند مکان در یک ناحیه، از نظر خواص آماری مشابه بوده و به اندازه حوضه بستگی ندارند (Cunnane, 1989). ناحیه‌ای کردن دو هدف عمده را برآورد می‌سازد. ۱) برای مکان‌هایی که داده‌های آن‌ها در دسترس نیست، تحلیل بر اساس داده‌های ناحیه‌ای صورت می‌گیرد. ۲) برای مکان‌هایی که داده‌های آن‌ها در دسترس می‌باشد، ولی استفاده از داده‌های چند ایستگاه در آن ناحیه، اطلاعات کامل‌تری را در اختیار قرار می‌دهد. وقتی داده‌های نقاط مختلف یک ناحیه برای جبران کوتاهی دوره آماری یک مکان منفرد، مورد استفاده قرار می‌گیرد، از این تحلیل استفاده می‌شود (National Research Council 1988 ; Stedinger *et al*., 1993). در ادامه این فصل مطالعات تحلیل خوشه‌بندی و تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۲ تحلیل خوشه‌بندی

در هیدرولوژی تکنیک‌های مختلفی برای منطقه‌ای کردن وجود دارد، که شامل روش باقی مانده‌ها (Thomas and benson, 1970; Wandle, 1977; Glatfelter, 1984; Choquette, 1988)، روش آنالیز همبستگی چند متغیری (Cavadias, 1990; Cavadias *et al* 2001)، روش سسلسله مراتبی (Gabriele and Arnell, 1991; Zrinji and Burn, 1996) و تحلیل خوشه‌بندی می‌باشد.

Modarres (۲۰۰۶)، با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی به تعیین مناطق همگن بارندگی در ایران پرداخت. وی از الگوریتم خوشه‌بندی سلسله مراتبی شامل الگوریتم Ward استفاده کرد. او نشان داد که ۸ منطقه همگن بارندگی منطبق با خصوصیات متفاوت اقلیمی و جغرافیایی، وجود دارد. در نهایت با استفاده از آزمون نکوئی برازش Z^{DIST} توزیع‌های لجستیک تعمیم یافته، مقادیر حدی تعمیم یافته و لوگ نرمال ۳ پارامتری به عنوان بهترین توزیع‌های منطقه‌ای شناخته شدند.

Rao and Srinivas (۲۰۰۵)، با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی هیبرید به منطقه‌ای کردن حوضه‌های آبریز ایندیانا پرداختند. آن‌ها در این تحقیق از الگوریتم خوشه‌بندی سلسله مراتبی شامل پیوند منفرد، پیوند ترکیبی و الگوریتم Ward و خوشه‌بندی تفکیکی شامل K-means استفاده کردند. آن‌ها برای تعیین تعداد خوشه بهینه از شاخص‌های کوفنتیک، عرض میانگین سیلهوت، دیویس بولدین و دان استفاده کردند. آن‌ها منطقه مورد مطالعه را به ۷ خوشه تقسیم کردند. نتایج نشان دهنده ناکارآمدی شاخص کوفنتیک و موثر بودن شاخص عرض میانگین سیلهوت در تعیین تعداد خوشه بهینه می‌باشد. در نهایت با استفاده از آزمون غیر همگنی بر مبنای گشتاورهای خطی همگنی مناطق ایجاد شده بررسی گردید و یک منطقه در بین ۷ منطقه ناهمگن تشخیص داده شد.

Burn and Goel (۲۰۰۰)، با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی تفکیکی به منطقه‌ای کردن حوضه‌های آبریز در هند پرداختند. آن‌ها از مساحت حوضه‌آبریز، طول و شیب آبراهه برای خوشه‌بندی استفاده کردند. منطقه مورد مطالعه به ۷ ناحیه تقسیم شد. بررسی همگنی مناطق ایجاد شده با استفاده از آزمون غیرهمگنی بر مبنای گشتاورهای خطی صورت گرفت و نتایج همگنی مناطق ایجاد شده را نشان داد.

Hosking and Wallis (۱۹۹۷) از الگوریتم خوشه‌بندی K-means و Ward برای منطقه‌ای کردن حوضه-های آبریز ایالات ویرجینیا و مریلند استفاده کردند. آن‌ها در ابتدا به وسیله نمودار نسبت گشتاورهای خطی به بررسی ایستگاه‌ها پرداخته و ایستگاه‌های ناهماهنگ را حذف نمودند. سپس برای خوشه‌بندی از مساحت حوضه آبریز، ارتفاع ایستگاه‌ها و طول و عرض جغرافیایی استفاده کردند. آن‌ها منطقه مورد مطالعه را به ۷ ناحیه تقسیم نمودند و برای بررسی همگنی مناطق ایجاد شده از آزمون غیر همگنی بر مبنای گشتاورهای خطی استفاده کردند. نتایج نشان داد که ۲ منطقه نسبتا ناهمگن و ۵ منطقه همگن می‌باشد.

Wiltshire (۱۹۹۶)، از الگوریتم خوشه‌بندی K-means برای منطقه‌ای کردن حوضه‌های آبریز در بریتانیا استفاده کرد. وی منطقه مورد مطالعه را به ۱۰ خوشه تقسیم کرد و از آماره‌های سیلاب و خصوصیات حوضه آبریز مانند مساحت حوضه آبریز، میانگین بارندگی سالانه، بارندگی موثر یک روزه، میانگین سالانه کمبود رطوبت خاک و شیب آبراهه برای تعیین خوشه‌ها استفاده کرد. نتایج، همگنی بالای خوشه‌های ایجاد شده را نشان می-دهد.

Bhaskar and O'Connor (۱۹۸۹)، روش خوشه‌بندی و روش باقی مانده‌ها را برای منطقه‌ای کردن حوضه‌های آبریز ایالت کنتاکی در امریکا مقایسه کردند. طبق تقسیم‌بندی که بر اساس روش باقی مانده‌ها صورت گرفت منطقه مورد مطالعه به ۷ ناحیه همگن و با استفاده از روش خوشه‌بندی منطقه مورد مطالعه به ۵ ناحیه همگن تقسیم شد. در روش خوشه‌بندی گروه‌ها عموما کوچک، متوسط و بزرگ هستند در مقابل در روش

باقی مانده‌ها گروه‌های مشابه‌ای بدست می‌آید. نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد که پراکندگی‌ها در روش باقی مانده‌ها ۱۶/۴٪ می‌باشد در حالی که در روش خوشه‌بندی ۶۴/۸٪ است.

Burn (۱۹۸۹)، از الگوریتم خوشه‌بندی K-means برای تعیین گروه‌های مناسب در حوضه‌های آبریز جنوب مانیتوبا در کانادا استفاده کرد. وی از آمار سیلاب و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها برای خوشه‌بندی و منطقه‌ای کردن حوضه آبریز مورد مطالعه استفاده کرد. وی منطقه مورد مطالعه را به ۴ زیر ناحیه تقسیم کرد. همگنی مناطق تعیین شده با استفاده از آماره همگنی تائید شد.

Mosley (۱۹۸۱)، به تعیین مناطق هیدرولوژیکی در حوضه‌های آبریز نیوزلند پرداخت. وی از خوشه‌بندی سلسله مراتبی متراکم برای تعیین حوضه‌های مشابه از لحاظ هیدرولوژیکی استفاده کرد. قسمت جنوبی جزیره به علت تفاوت در مشخصات توپوگرافی و اقلیمی به ۴ ناحیه همگن تقسیم شد.

۲-۲ تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب

در تحلیل فراوانی سیلاب، باید رابطه واحدی بین بزرگی و دوره بازگشت مربوط به آن پیدا کرد. در واقع کار ما این است که اطلاعات را از دوره آماری به برآورد رابطه بین Q و T بسط دهیم (Cunnane, 1989). روش‌های متفاوتی از جمله روش گشتاورها، حداکثر درستنمایی، روش گشتاورهای وزنی احتمال، روش حداقل مربعات، روش آنتروپی حداکثر، روش گشتاورهای مخلوط، روش تعمیم یافته گشتاور و روش میانگین‌های ناتمام برای برآورد پارامتر توزیع‌های مختلف در زمینه هیدرولوژی توسعه یافته است (Rao and Hamed, 1997). گشتاورهای وزنی احتمال توسط Greenwood *et al*, (۱۹۷۹) ارائه شد. Hosking (۱۹۹۰)، گشتاورهای خطی را معرفی کرد که توابعی از گشتاورهای وزنی احتمال هستند. خطی بودن و عدم حساسیت گشتاورهای خطی به داده‌های پرت در مقایسه با سایر روش‌های متداول و توانایی جمع‌بندی و تبیین خصوصیات اصلی توزیع‌های احتمال مانند ضریب تغییرات، ضریب چولگی و ضریب کشیدگی، از مزایای این روش می‌باشد. در تحلیل فراوانی

منطقه‌ای از داده‌های چند ایستگاه برای تخمین حداکثر سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف استفاده می‌شود، این تحلیل شامل شناسایی منطقه و ایستگاه‌های وابسته به آن، آزمون همگنی منطقه و انتخاب بهترین توزیع فراوانی منطقه‌ای می‌باشد (Sveinsson *et al*., 2002; Durrans and Kirby, 2004).

رستمی و همکاران (۱۳۸۸)، با استفاده از آمار ۲۶ ایستگاه آب‌سنجی حوضه دز اقدام به تحلیل ایستگاهی و منطقه‌ای سیلاب با روش گشتاورهای خطی کردند. برای تشخیص مناطق همگن از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی شامل الگوریتم Ward و آزمون‌های گشتاورهای خطی استفاده شد. برای انتخاب بهترین توزیع آماری و رابطه احتمال تجربی در تحلیل ایستگاهی از روش Z^{DIST} و در تحلیل منطقه‌ای از روش Z^{DIST} و نمودار نسبت گشتاورهای خطی استفاده شد. در تحلیل منطقه‌ای توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته برای مناطق ۱ و ۳ و توزیع لجستیک تعمیم یافته برای منطقه ۲ مناسب‌ترین توزیع آماری شناخته شد. در نهایت با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره معادله‌ای منطقه‌ای جهت استفاده در مناطق فاقد آمار بدست آمد.

کوهستانی و سلیمانی ساردو (۱۳۸۸)، با استفاده از گشتاورهای خطی به بررسی فراوانی سری‌های حداکثر سالانه دبی در حوضه لوت پرداختند. نتایج نشان داد که منطقه مورد مطالعه با استفاده از آزمون غیرهمگنی مبنی بر گشتاورهای خطی همگن تشخیص داده شد. جهت انتخاب بهترین توزیع در هر ایستگاه، از مجذور میانگین مربعات خطا، و همچنین جهت برآورد چندک‌های توزیع از روش حداکثر درستنمایی و با استفاده از آزمون نکوئی برازش Z^{DIST} توزیع پیرسون نوع ۳ به عنوان بهترین توزیع منطقه‌ای شناخته شد. برای برآورد دبی با دوره بازگشت ها مختلف خصوصیات فیزیکی و اقلیمی حوضه بکار برده شد که در نهایت مساحت حوضه بعنوان اصلی‌ترین پارامتر وارد مدل گردید. در ادامه معادلات رگرسیون خطی، لگاریتمی، توانی و نمایی مدل منطقه‌ای با استفاده از معیارهای معیار ضریب همبستگی، خطای نسبی و خطای برآورد استاندارد (SEE) مقایسه شد و رگرسیون توانی SE بهترین دقت را دارا بود به طوری که می‌توان با داشتن مساحت حوضه، دبی در دوره‌های برگشت مختلف را برآورد نمود.

سرحدی و همکاران (۱۳۸۷)، برای تحلیل فراوانی منطقه‌ای جریان‌های کم در حوضه هلیل رود جیرفت از روش گشتاورهای خطی استفاده کردند. با استفاده از دو آماره ناهماهنگی و غیرهمگنی هاسکینگ و والیس مشخص شد که در منطقه ایستگاه ناهماهنگ وجود ندارد و منطقه کاملا همگن است. با استفاده از آزمون نکوئی برازش Z^{DIST} توزیع پیرسون نوع ۳ به عنوان بهترین توزیع منطقه‌ای شناخته شد و در نهایت با استفاده از رگرسیون چند متغیره مساحت حوضه به عنوان پارامتر اصلی برای برآورد جریان کم با دوره‌های بازگشت مختلف در ایستگاه‌های فاقد آمار مشخص شد.

شامکوئیان و همکاران (۱۳۸۷)، از گشتاورهای خطی و سیلاب نمایه در تحلیل فراوانی سیلاب در حوضه-های آبریز استان خراسان استفاده کردند. آن‌ها از آمار دبی سیلاب اوج لحظه‌ای سالانه ۶۸ ایستگاه آب‌سنجی با حداقل و حداکثر طول دوره آماری ۶ و ۳۹ سال و ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز آن‌ها استفاده نمودند. با استفاده از روش خوشه‌بندی منطقه مورد مطالعه به ۷ ناحیه همگن تقسیم شد. آزمون‌های ناهماهنگی و غیر همگنی مبنی بر گشتاورهای خطی انجام شد و یک ایستگاه به عنوان ایستگاه ناهماهنگ شناخته شد و همچنین منطقه مورد مطالعه همگن تشخیص داده شد. توابع توزیع لوگ نرمال ۳ پارامتری، مقادیر حدی تعمیم یافته، پارتو تعمیم یافته، لجستیک تعمیم یافته و پیرسون نوع ۳ با استفاده از آزمون‌های نکوئی برازش Z^{DIST} و کلوموگروف-اسمیرنوف انتخاب شدند. در نهایت مدل لگاریتمی و چهار متغیره به منظور برآورد سیلاب نمایه در هر نقطه از نواحی همگن، و مقیاس‌دار کردن مقادیر سیلاب بی بعد ناحیه‌ای با استفاده از ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه استخراج شد.

عبدی کردانی و فاخری‌فر (۱۳۸۷)، با استفاده از روش گشتاورهای خطی به تحلیل فراوانی جریان‌های حداکثر رودخانه‌ای در استان آذربایجان شرقی پرداختند. آن‌ها از دبی حداکثر ۳۸ رودخانه با دوره آماری مشترک ۳۴ ساله استفاده کردند. با استفاده از روش مجذور کمترین مربعات خطا توزیع ویکبی ۵ پارامتری به