بسم الله الرحمن الرحیم

مدیریت تحصیلات تکمیلی
دانشکده آب و خاک
گروه مهندسی آب

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته منابع آب

تحلیل فراوانی حداکثر شدت بارندگی روزانه در استان سیستان و بلوچستان

استاد راهنما:
دکتر پرویز حقیقت‌جو

استاد مشاور:
مهندس ابوالفضل بامری

تهیه و تدوین:
امان اله بارانی

دی ماه ۱۳۹۳

بسمه تعالی

<<تشکر و قدردانی>>

از تمام عزیزانی که بنده را در مراحل تحلیل فراوانی حداکثر شدت بارندگی روزانه در استان سیستان و بلوچستان که به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد بنده و به عنوان پیشکشی به تحقیقات هیدرولوژی و هواشناسی کاربردی در علوم مهندسی آب در استان سیستان و بلوچستان و شرق کشور یاری نمودند خصوصا استاد راهنمای عزیز دکتر پرویز حقیقت جو، استاد مشاور گرامی مهندس ابوالفضل بامری، استادگران قدر دکتر سید محمود طباطبایی و دوست عزیز مهندس عباس شیبانیان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

<<من الله توفیق>>

امان اله بارانی

آذر ۱۳۹۳

چکیده

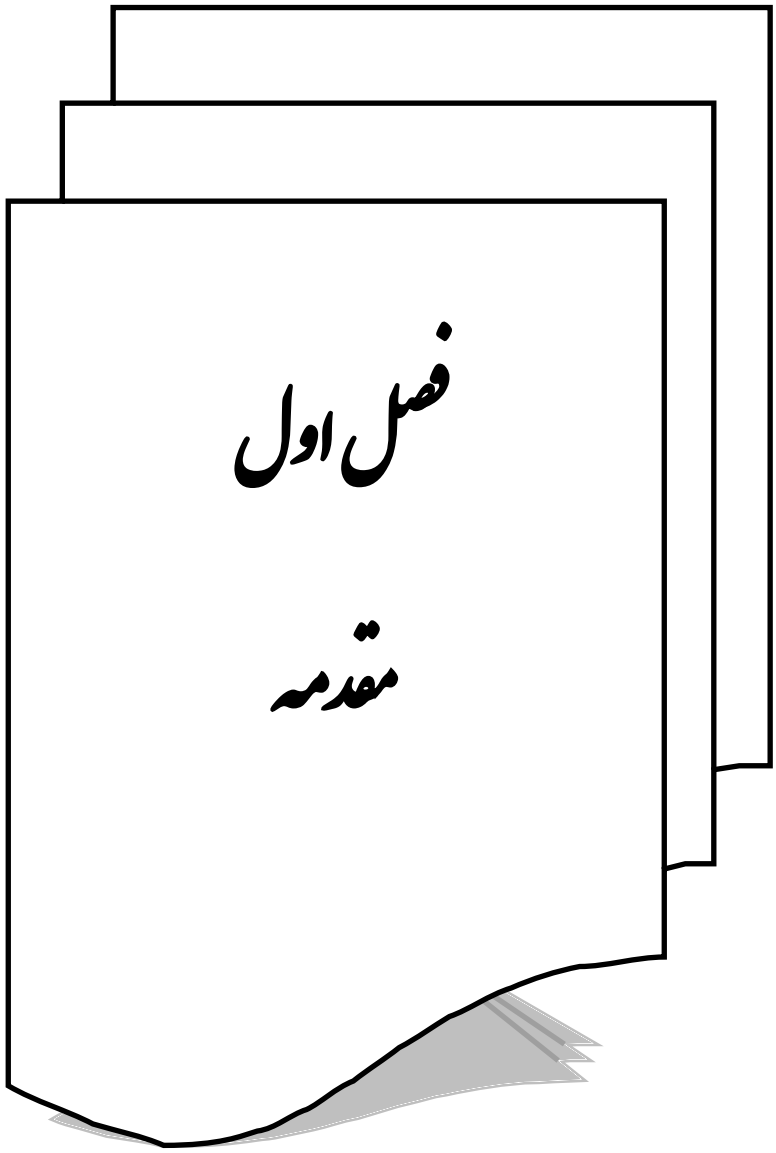
نسبت بارش یک روزه به بارش سالانه، معیاری برای شناسایی شدت بارش های روزانه است. در این پژوهش حداکثر داده‌های شدت بارش ۲۴ ساعته از هشت ایستگاه زابل، زهک، زاهدان، خاش، سراوان، ایرانشهر، کنارک و چابهار در استان سیستان و بلوچستان مورد بررسی قرار گرفت. این داده ها از ایستگاه‌های سینوپتیک استان تهیه و مورد ارزیابی قرار گرفتند. ابتدا داده‌ها به نرم افزار HYFA و Best fit وارد و به کمک توابع چگالی احتمال مختلف تحلیل فراوانی بارش روزانه انجام گردید. در این تحقیق برآورد پارامترها با استفاده از سه روش حداکثر درستنمایی، گشتاورها و گشتاورهای خطی مورد ارزیابی قرار گرفت و بهترین تابع توزیع برای هر ایستگاه با استفاده از آزمون‌های مربع کای و کلوموگروف- اسمیرنوف تعیین گردید. در این روش‌ها توزیع‌های مقادیر حدی تعمیم یافته، پیرسون نوع ۳، لوگ پیرسون نوع ۳، لجستیک تعمیم یافته، پارتو تعمیم یافته، لوگ نرمال ۳ پارامتری و ویکبی ۵ پارامتری مقایسه گردیدند. با توجه به اینکه در برخی ایستگاه‌ها چند توزیع به عنوان توزیع برتر با استفاده از آزمون‌های مربع کای و کلوموگروف- اسمیرنوف شناخته شد، انتخاب بهترین توزیع برای تحلیل فراوانی حداکثر شدت بارندگی روزانه در هرکدام از هشت ایستگاه سینوپتیک استان با استفاده از کمترین میانگین مربعات مجذور خطا صورت گرفت. در این پژوهش با استفاده از آزمون نکوئی برازش Z^{DIST} بهترین توزیع منطقه‌ای انتخاب گردید. بنابر این در نیمه شمالی استان توزیع‌های لجستیک تعمیم یافته و مقادیر حدی تعمیم یافته به عنوان توزیع‌های منتخب شناخته شدند. نظر به اینکه مقدار آماره Z^{DIST} برای توزیع لجستیک تعمیم یافته کمتر است، این توزیع به عنوان توزیع منتخب در نیمه شمالی استان انتخاب گردید. در نیمه جنوبی استان نیز توزیع لجستیک تعمیم یافته به عنوان توزیع منتخب شناخته شد. تابع توزیع لجستیک تعمیم یافته برای هر دو نیمه شمالی و نیمه جنوبی استان به عنوان بهترین توزیع منطقه‌ای شناخته شد و پارامترهای توزیع منتخب، چندک‌ها و در نهایت حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره‌های بازگشت برای هر ایستگاه بدست آمدند.

کلیدواژگان: حداکثر بارش روزانه ، توزیع‌های آماری ، سیستان و بلوچستان ، آزمون نکویی برازش، تابع توزیع لجستیک تعمیم یافته.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱- مقدمه و کلیات تحقیق	۱
۱-۱- ضرورت تحقیق	۲
۱-۲- تعریف مساله و بیان سؤال‌های اصلی تحقیق	۴
فصل ۲- مروری بر تحقیقات انجام شده	۷
۲-۱- مروری بر تحقیقات داخلی انجام شده در مورد تحلیل فراوانی حداکثر شدت بارش و سیلاب	۸
۲-۲- مروری بر تحقیقات خارجی انجام شده در مورد تحلیل فراوانی حداکثر شدت بارش و سیلاب	۱۵
فصل ۳- مواد و روش‌ها	۲۳
۳-۱- روش انجام تحقیق و تجزیه و تحلیل اطلاعات	۲۴
۳-۲- معرفی منطقه مورد مطالعه	۲۵
۳-۳- فرضیات اولیه آمار و احتمالات در تحلیل فراوانی	۲۸
۳-۳-۱- متغیر تصادفی	۲۸
۳-۳-۲- احتمال، ترسیم موقعیت و دوره بازگشت	۳۰
۳-۴- توزیع‌های احتمالاتی	۳۲
۳-۵- تحلیل فراوانی حداکثر بارش ۲۴ ساعته	۳۳
۳-۶- بازسازی نواقص آماری	۳۵
۳-۶-۱- بازسازی و تطویل آمار با استفاده از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها	۳۵
۳-۷- تعیین بهترین تابع توزیع در هر ایستگاه	۳۵
۳-۷-۱- روش گشتاورها	۳۹
۳-۷-۲- روش حداکثر درستنمایی	۳۹
۳-۷-۳- روش گشتاورهای وزنی احتمال	۴۰
۳-۸- آزمون‌های تعیین بهترین توزیع در هر ایستگاه	۴۱
۳-۸-۱- آزمون مربع کای	۴۱
۳-۸-۲- آزمون کلوموگروف- اسمیرنوف	۴۱
۳-۹- تحلیل فراوانی منطقه‌ای حداکثر بارش های ۲۴ ساعته	۴۲
۳-۱۰- انتخاب و ارزیابی توزیع‌های اصلی	۴۳
۳-۱۰-۱- گشتاورهای وزنی احتمال و گشتاورهای خطی	۴۳
۳-۱۰-۲- نمودارهای نسبت گشتاورهای خطی	۴۶
۳-۱۱- آزمون‌های مبنی بر گشتاورهای خطی	۴۷
۳-۱۱-۱- آزمون نکویی برازش	۴۷
۳-۱۲- روش‌های تخمین پارامترهای یک توزیع	۴۸

۳-۱۲-۱- روش گشتاورهای وزنی احتمال	۴۸
۳-۱۳- برآورد چندک‌ها	۴۹
فصل ۴- نتایج و بحث	۵۰
۴-۱- معرفی ایستگاه های مورد بررسی در سطح استان سیستان و بلوچستان	۵۱
۴-۲- انتخاب بهترین تابع توزیع در هر ایستگاه	۵۴
۴-۳- انتخاب بهترین تابع توزیع ناحیه ای	۷۴
۴-۴- تخمین چندک‌های حداکثر بارش های ۲۴ ساعته	۷۹
۴-۵- بررسی رابطه ناحیه ای بین حداکثر بارش ۲۴ ساعته و دوره بازگشت	۸۰
۴-۶- نتیجه‌گیری	۸۱
۴-۷- پیشنهادات	۸۲
منابع و مآخذ	۸۴


فصل اول
مقدمه

۱-۱- ضرورت تحقیق

سیل در میان انواع مخاطرات طبیعی، 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 بازگشت 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).

با توجه به تغییرات مکانی و زمانی بارش و همچنین پتانسیل سیل‌خیزی در استان سیستان و بلوچستان، 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).

تحلیل فراوانی منطقه‌ای حداکثر بارش های روزانه 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).

نسبت بارش یک روزه به بارش سالانه، معیاری برای شناسایی شدت بارش های روزانه است. بالا بودن این نسبت بیانگر آن است که احتمال دارد تمام و یا بیشتر بارش سالانه در مدت فقط چند روز اتفاق افتد. به عبارت دیگر، بالا بودن این نسبت، نشان می دهد که بیشتر بارندگی ها اکثراً شدید و رگباری هستند و بر عکس پایین بودن این نسبت حاکی از وقوع بارندگی های ملایم و فراوانی بیشتر روزهای بارانی است (جهانبخش و ذوالفقاری،۱۳۷۹).

یکی از مهمترین مطالعات پروژه‌های منابع آب از قبیل طرح‌های توسعه منابع آب، کنترل سیلاب، ساماندهی رودخانه، آبخیزداری، حفاظت خاک و به ویژه طرح‌های سدسازی برآورد سیلاب طراحی است. تبدیل بارندگی به رواناب در خروجی حوضه اثر ترکیبی خیلی از فرایندهای هیدرولوژی است که در یک محدوده وسیعی از مقیاس‌های زمانی و مکانی اتفاق می‌افتد. در کاربرد مدل‌های بارندگی- رواناب به منظور پیش‌بینی ابعاد سیلاب طراحی و برای کاربرد در مسائل مختلف مهندسی، هایتوگراف بارندگی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. گام نخست در برآورد سیلاب طراحی، انتخاب باران طرح است (Viessman, 1996).

داده‌های بارندگی، ورودی اصلی حوضه در سیکل هیدرولوژی هستند و باران پدیده‌ای است که طبیعتی ناپیوسته در زمان و مکان دارد. باران طرح که مولد سیلاب طرح است باید حائز ویژگی هایی از قبیل تداوم کل، مقدار کل، توزیع مکانی و توزیع زمانی باران باشد. مقدار کل باران طراحی بر اساس درجه ایمنی مورد نیاز پروژه تعیین می‌شود و معمولاً از طریق منحنی‌های شدت- مدت - فراوانی برای یک دوره بازگشت خاص و طول بارش معین برآورد می شود (وزیری، ۱۳۷۶).

تداوم کل بارش به ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه به ویژه زمان واکنش سیستم به بارندگی بستگی دارد. به فاصله بین شروع و پایان بارندگی تدوام بارندگی گفته می‌شود. باتوجه به اینکه این دوام کمتر از ۶ ساعت، بین ۶ تا ۲۴ ساعت و بیشتر از ۲۴ ساعت باشد آن بارندگی را به ترتیب کوتاه مدت، میان مدت و دراز مدت می‌نامند. برای حوضه‌های شهری و کوچک بارندگی با تدوام کوتاه مدت مناسب است درحالی که در حوضه‌های بزرگ و کوهستانی بارندگی با تدوام بیشتر مناسب است (علیزاده، ۱۳۸۲).

یکی از ویژگی‌های باران طرح نحوه توزیع مقدار باران در طول مدت بارندگی است که به آن توزیع زمانی یا الگوی زمانی باران طراحی گفته می‌شود. تغییرات شدت بارندگی در طول یک واقعه بارندگی بخصوص در حوضه‌های بزرگ نقش موثری بر روی هیدروگراف سیل داشته و تاثیر مستقیمی بر حجم و دبی اوج سیلاب می‌گذارد (مرید و همکاران، ۱۳۷۶).

این موضوع به دلیل کمبود اطلاعات از توزیع زمانی و مکانی بارندگی کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد و بر این اساس در شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب خطای قابل توجهی حاصل می‌شود.

۱-۲- تعریف مساله و بیان سؤال‌های اصلی تحقیق

ایران کشوری وسیع و پهناور با تنوع اقلیمی زیاد است و به علت اختلاف عرض جغرافیایی نسبتاً زیاد بین شمال تا جنوب کشور، توپوگرافی متعارض و ناهمگون و همچنین سیستم های جوی متعددی که بر آب و هوای ایران تأثیر می گذارند، نسبت حداکثر بارش‌های روزانه به بارش سالانه در گسترهٔ ایران متفاوت است. با مقایسه این نسبت می‌توان توزیع زمانی و مکانی بارندگی را در مناطق مختلف کشور مشخص و رژیم‌های حاکم بر نواحی مختلف را تعیین نمود.

متوسط بارندگی سالانه ایران ۲۵۰ میلیمتر محاسبه شده است که کمتر از یک سوم متوسط بارش جهانی است. بر اساس نتایج بسیاری از طبقه بندی‌های آب و هوایی، این سرزمین دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک است. پایین بودن میزان ریزش‌های جوی، تغییر پذیری بالا، نوسانات شدید بارندگی از سالی به سال

دیگر، از ویژگی‌های بارز آب وهوایی ایران به شمار می‌رود. علاوه بر ویژگی‌های فوق، توزیع فضایی بارش در این سرزمین نیز همگون نبوده و از غرب به شرق و از شمال به جنوب از میزان آن کاسته می‌شود (ذوالفقاری، ۱۳۷۹). ویژگی عمده بارندگی در ایران آن است که بارش سالیانه در سطح کشور هم از نظر مکانی و هم از نظر زمانی اختلاف فاحشی را نشان می‌دهد. در حالی که میزان بارش در سواحل خزر، زاگرس و البرز به ترتیب حدود ۱۵۶۰ میلی‌متر، ۹۳۰ میلی‌متر، ۵۳۰ میلی‌متر است، در مناطق مرکزی به ۶۲ میلی متر می‌رسد که علاوه بر توزیع ناهمگن مکانی، نوسانات شدید زمانی نیز در آن به چشم می‌خورد. به گونه ای که ضریب تغییرات بارندگی درتعداد زیادی از ایستگاه ها به بیش از ۴۰ درصد می‌رسد. این توزیع زمانی و مکانی بارش در ایران متأثر از توزیع سیستم های گردش جهانی است که کمترین تغییر در الگوی آن، ناهنجاری‌های شدید آب و هوایی را به دنبال می آورد. بنابراین، ناهنجاری‌های مکانی و زمانی بارش و تغییرات شدید در شدت بارش و تفاوت در نوع بارش، از عمده‌ترین ویژگی های بارش های ایران می باشد (بابایی و فرج زاده، ۱۳۸۰).

شدت بارندگی معمولا در فواصل زمانی ۶، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ساعته بررسی می‌شود که در این پژوهش به دلیل در دسترس بودن داده‌های مربوط به شدت بارندگی ۲۴ ساعته (روزانه) از این داده‌ها استفاده شده است. یکی از ویژگی‌های باران طرح نحوه توزیع مقدار باران در طول مدت بارندگی است که به آن توزیع زمانی یا الگوی زمانی باران طراحی گفته می‌شود. تغییرات شدت بارندگی در طول یک واقعه بارندگی بخصوص در حوضه‌های بزرگ نقش موثری بر روی هیدروگراف سیل داشته و تاثیر مستقیمی بر حجم و دبی اوج سیلاب می‌گذارد (مرید و همکاران، ۱۳۷۶). این موضوع به دلیل کمبود اطلاعات از توزیع زمانی و مکانی بارندگی کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد و بر این اساس در شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب خطای قابل توجهی حاصل می‌شود. هدف اولیه تحلیل فراوانی، برقراری رابطه بین بزرگی 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). در تحلیل فراوانی حداکثر شدت روزانه و سیلاب، باید رابطه واحدی بین بزرگی و دوره بازگشت مربوط به آن پیدا کرد. (Cunnane, 1989).

سوالات اصلی این تحقیق به ترتیب زیر بیان می‌شوند:

۱- کدامیک از توزیع‌های آماری را می‌توان به حداکثر شدت بارش روزانه برمبنای آزمون‌های نکویی برازش در استان سیستان و بلوچستان برازش داد؟

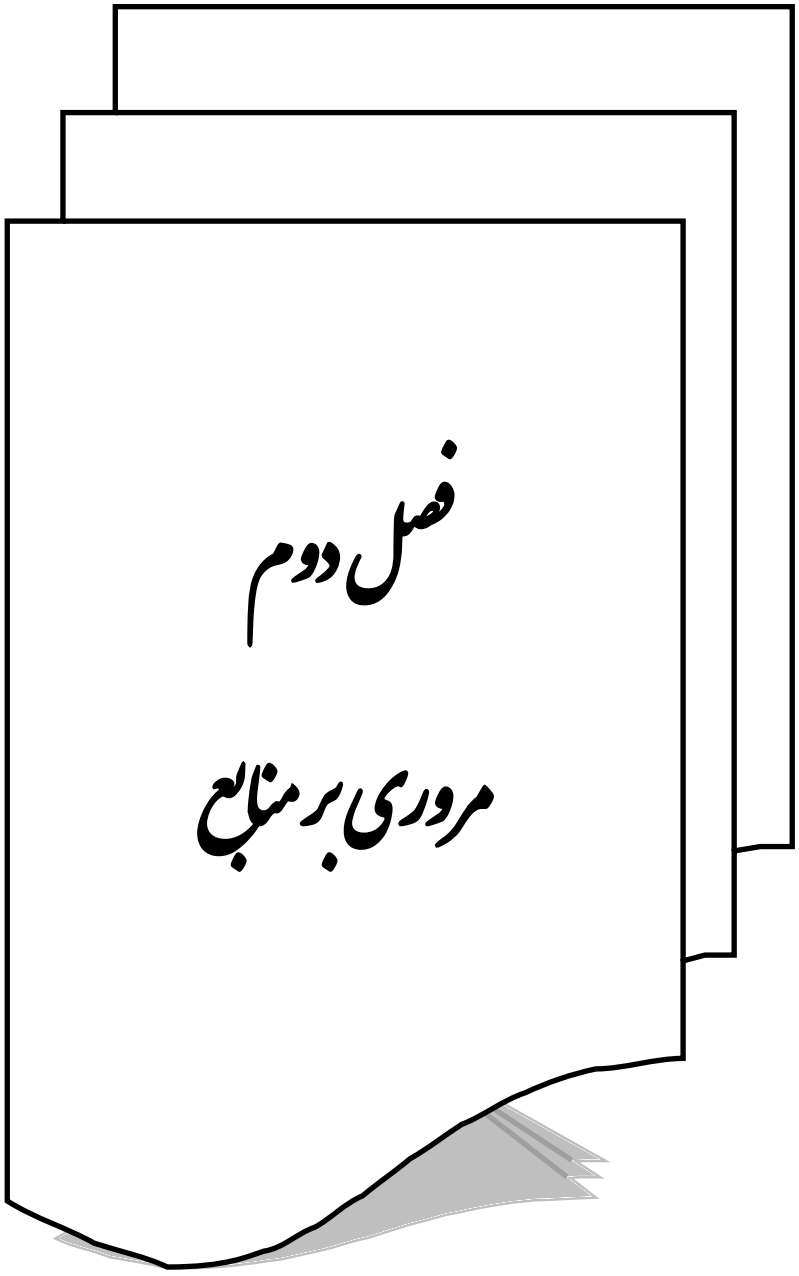
۲- براساس آزمون‌های نکویی برازش کدامیک از روش‌های گشتاورها و حداکثر درست‌نمایی برای برآورد پارامترها بهتر است؟

در کل اهداف این پایان نامه نیز به شرح زیر می باشد:

۱- تعیین توزیع آماری مناسب برای حداکثر شدت بارش روزانه در ایستگاه های مختلف سیستان و بلوچستان

۲- منطقه بندی استان سیستان و بلوچستان براساس توزیع آماری حداکثر شدت بارش روزانه

کاربردهای این پایان نامه نیز شامل بررسی و مطالعه خصوصیات مهم بارندگی مانند شدت بارش در جنوب شرق کشور و بررسی توزیع آماری مناسب برای برازش داده های حداکثر شدت بارش روزانه در سطح استان سیستان و بلوچستان می باشد. همچنین جنبه جدید بودن و نوآوری طرح این پایان نامه در این است که در مورد توزیع های آماری حداکثر شدت بارندگی های ۲۴ ساعته در استان سیستان و بلوچستان تاکنون تحقیق جامع و کاملی صورت نگرفته است.


فصل دوم
مروری بر منابع

۲-۱- مروری بر تحقیقات داخلی انجام شده در مورد تحلیل فراوانی حداکثر شدت بارش و سیلاب

استفاده از داده های بارش روزانه با هدف مطالعه ویژگی های بارش در نواحی مختلف در حال گسترش روزافزون است. تحقیقات متعددی از زوایای گوناگون در داخل و خارج از کشور پیرامون بارش‌های روزانه و نسبت بارش های روزانه به بارش های بلند مدت انجام شده است که در زیر به تعدادی از این پژوهش‌ها اشاره می‌گردد:

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 نیمه جنوبی استان 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.

در تحقیق ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸۸) داده‌های بالاترین بارش روزانه ۴۶ ایستگاه سینوپتیک ایران طی سال های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵، با هدف بررسی نسبت حداکثر بارش های روزانه به بارش های سالانه از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. ابتدا از روش های آماری شامل آزمون های همبستگی، رگرسیون دومتغیره و چندگانه، آنالیز واریانس و آزمون ناپارامتری فریدمن استفاده شد تا تاثیر عوامل مستقل ارتفاع، عرض و طول جغرافیایی بر این نسبت و همچنین داری تغییرات نسبت حداکثر بارش های روزانه به بارش های سالانه درطول دوره آماری بررسی شود. سپس برای بررسی مشاهداتی از نمودارها و نقشه ها استفاده شد. در نهایت با روش خوشه بندی وارد، پهنه بندی اقلیمی ایستگاه های مورد مطالعه از نظر نسبت بارش ارایه شد. در بررسی تاثیر عرض جغرافیایی بر نسبت حداکثر بارش های روزانه به بارش های سالانه ایران، نتایج نشان داد که با کاهش عرض جغرافیایی از شمال به جنوب کشور میزان این نسبت افزایش می‌یابد. بررسی تغییرات نسبت حداکثر بارش های روزانه به بارش های سالانه در طول دوره آماری در هر یک از ایستگاه ها نشان داد که این تغییرات تنها در ایستگاه سنندج معنی دار است. تغییرات این نسبت در گستره ایران نشان داد که دهه اول با دهه دوم تفاوت معنی‌داری ندارد. اما تغییرات دهه سوم نسبت به دهه اول به صورت معنی دار افزایش پیدا کرده است. همچنین نتایج نشان داد بین حداکثر بارش روزانه ایستگاه ها و بارش سالانه آنها رابطه معنی داری وجود دارد. یعنی با افزایش بارش سالانه میزان حداکثر بارش روزانه ایستگاه ها افزایش می یابد. در نهایت، پهنه بندی

اقلیمی ایستگاه ها وجود پنج طبقه اقلیمی را از نظر نسبت حداکثر بارش های روزانه به بارش های سالانه در کشور نشان می دهد.

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 عنوان بهترین توزیع آماری شناخته شد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که توزیع ویکبی به عنوان یک توزیع برتر برای تحلیل فراوانی سیل مطرح می‌باشد.

نیک‌روح و همکاران (۱۳۸۷) به مقایسه فراوانی حداکثر دبی سیلاب در حوضه‌های دز و کرخه با استفاده از روش‌های گشتاور معمولی و گشتاور خطی پرداختند. در این تحقیق نشان داده شد که ایستگاه‌های مبنا در منطقه طرح در روش گشتاورهای معمولی با دو توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ و لوگ نرمال ۳ پارامتری و در روش گشتاورهای خطی با دو توزیع نرمال تعمیم یافته و مقادیر حدی تعمیم یافته تطبیق دارند. اگرچه در هر روش توابع توزیع متفاوتی برای رفتار دبی برازش داده شده‌اند ولی اعداد بدست آمده برای دبی سیلاب به ازای دوره بازگشت‌های مختلف در ایستگاه‌های حوضه، نزدیک بهم شدند.

ایران نژاد و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهشی با عنوان سهم تغییرات فراوانی وشدت بارش روزانه در روند بارش در ایران، طی دورهٔ ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱ برای ۳۸ ایستگاه منتخب به این نتایج رسیده‌اند که روند بارش کل سالانه در ۱۰ ایستگاه و تعداد روزهای بارانی در ۲۱ ایستگاه، معنی‌دارحداقل در سطح اعتماد است. بنا بر پژوهش آن ها اغلب ایستگاه های واقع در منطقه غرب و شمال غرب دارای روند بارش سالانه کاهشی و بیشتر ایستگاه های واقع در نواحی جنوبی و مرکزی ایران دارای روند افزایشی هستند. روند بارش فصل زمستان شبیه به روند بارش سالانه است. روند بارش فصل بهار در اغلب ایستگاه ها کاهشی و فصل پاییز افزایشی است .در پاره ای از ایستگاه ها سیر صعودی از روند کاهشی در بارش های خفیف به سمت روند افزایشی بارش های سنگین ملاحظه می شود که با روند افزایشی قوی و اغلب معنی‌دار بارش کل سالانه یا فصلی مطابقت دارد. در بعضی ایستگاه‌ها نیز

سیر نزولی از روند افزایشی در بارش های خفیف به سمت روند کاهشی در بارش های سنگین دیده می شود که با روند کاهشی قوی و غالبا معنی دار بارش کل سالانه یا فصلی هماهنگ است.

رادمنش (۱۳۸۵) در مطالعات خود بر روی اثرات مقیاس زمانی بارش در شبیه‌سازی هیدروگراف سیل و سیلاب طرح اظهار می‌دارد که الگوی توزیع زمانی واقعی بارش نسبت به الگوی ساختگی بارش برازش بهتری بین هیدروگراف شبیه‌سازی شده و هیدروگراف مشاهده‌ای بدست می‌دهد. همچنین وی پیشنهاد می‌کند در حوضه‌های متوسط به جای استفاده از بارندگی روزانه، بارندگی با تداوم کوتاه مدت به کار برده شود. اما در حوضه‌های بزرگ استفاده از تداوم روزانه بارندگی مناسب‌تر است.

مهدوی و همکاران (۱۳۸۵) برازش توزیع‌های احتمالی مناسب را برای سری جریان‌های سالانه و با استفاده از روش گشتاورهای خطی در مناطق خشک و نیمه خشک بررسی کردند. آن‌ها از ۲۰ ایستگاه آب‌سنجی برای دبی‌های حداقل، میانگین و حداکثر سالانه و ۱۷ ایستگاه آب‌سنجی را برای دبی‌های حداکثر لحظه‌ای استفاده کردند. بر اساس نتایج به دست آمده در منطقه مطالعاتی حوضه آبریز فلات مرکزی برای دبی‌های حداقل، توزیع پیرسون نوع ۳ و روش گشتاور خطی، برای دبی‌های میانگین سالانه توزیع پیرسون نوع ۳ و لوگ پیرسون نوع ۳ و روش گشتاور خطی، برای دبی‌های حداکثر سالانه توزیع پیرسون نوع ۳ و روش گشتاورهای خطی و همچنین توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ و لوگ نرمال ۲ پارامتری و روش گشتاور معمولی و برای دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سالانه توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ و روش گشتاور معمولی و توزیع پیرسون نوع ۳، لوگ نرمال ۳ پارامتری و دو پارامتری بیشترین برازش را نشان دادند.

فیضی و اسلامیان (۱۳۸۴) به مقایسه روش‌های ایستگاهی و منطقه‌ای گشتاورهای خطی در برآورد بارندگی حداکثر ماهانه ۱۸ ایستگاه باران‌سنجی در حوضه زاینده‌رود پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که یک روند افزایشی تفاوت‌ها، در تناسب با افزایش طول دوره بازگشت در ایستگاه‌های مختلف دیده می‌شود و همچنین در ایستگاه‌هایی با اندازه نمونه بالا، برآورد ایستگاهی و منطقه‌ای در این ایستگاه‌ها دارای تفاوت کمتر از ۵ درصد در

دوره بازگشت ۲۰۰ سال می‌باشد. در نهایت توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته با استفاده از آزمون نکوئی برازش Z^{DIST} به عنوان مناسب‌ترین توزیع منطقه‌ای شناخته شد.

مسعودیان (۱۳۸۴) در تحقیقی به بررسی تغییرات توزیع فراوانی بارش های روزانه حوضه کارون از دیدگاه آب شناسی پرداخته و به این نتیجه رسیده است که طی چند دهه گذشته در ۷۵ درصد مساحت حوضه کارون تغییر معناداری در توزیع فراوانی بارش های روزانه، دیده نشده است، در حالی که دبی های حداکثر لحظه ای در این حوضه روند افزایشی داشته است.

علیجانی (۱۳۸۳) در بررسی بالاترین بارش روزانه طی دوره آماری (۱۹۸۵-۱۹۶۱) درایران به این نتیجه رسیده است که توزیع زمانی بارندگی در شمال یکنواخت تر از جنوب است و وضعیت جنوب به یک رژیم نامنظم بیابانی شباهت دارد. در بین همه نقاط ایران، بارش های روزانه نوار انارک تا قائن از همه کمتر است و نشان می دهدکه دوری از منابع رطوبتی سبب این وضعیت شده است.

اسلامیان و چاووشی بروجنی (۱۳۸۲) از گشتاورهای خطی در تحلیل فراوانی سیلاب در حوضه‌های آبریز مرکزی ایران استفاده کردند. آن‌ها ۲۷ ایستگاه آب‌سنجی را بررسی کردند. با استفاده از نمودار نسبت گشتاورهای خطی مناسب‌ترین توزیع قابل برازش برای هر یک از ایستگاه‌های مطالعاتی تعیین شد. با استفاده از آزمون ناهماهنگی مبنی بر گشتاورهای خطی، ایستگاه‌های ناهماهنگ شناخته شد. با استفاده از آزمون نکوئی برازش Z^{DIST} توزیع‌های لجستیک تعمیم یافته، مقادیر حدی تعمیم یافته، نرمال تعمیم یافته، پیرسون نوع ۳ و پارتو تعمیم یافته به عنوان مناسب‌ترین توزیع‌ها برای منطقه شناخته شد. در نهایت مقادیر تخمین دبی با تناوب‌های مختلف در منطقه تعیین و پارامترهای منطقه‌ای توزیع‌های منتخب ارائه گردید.

کریمی و امیدوار (۱۳۷۹) در بررسی حداکثر بارش های روزانه از شمال غرب تا جنوب غرب ایران طی یک دوره آماری ۱۰ ساله این نتیجه رسیده‌اندکه توزیع فضایی نسبت بارش یکروزه به سالانه همگون نیست و بین

بارش های سالانه و بارش یک روزه نسبت مستقیمی وجود دارد .هر جا که مقدار بارندگی زیاد است، میزان بارش یک روزه نیز بالاست. ناحیه بندی حداکثر بارش های روزانه براساس روش وارد نیز بیانگر وجود نواحی بارش متعدد در منطقه مورد مطالعه است.

جهانبخش و ذوالفقاری (۱۳۷۹) در پژوهشی دیگر الگوهای سینوپتیک بارش های روزانه در غرب ایران طی یک دوره آماری ۲۰ ساله را بررسی نموده اند و پنج ناحیه بارش روزانه به نام های مرکزی، شمال غربی، جنوب غربی، خزری شمال شرقی و ناحیه شرقی مشخص کرده‌اند. نتایج این بررسی حاکی از وجود اختلافات معنی دار در الگوی مراکز کم ارتفاع، فرود موج کوتاه، محور فرود و مراکز کم فشار شدت فعالیت، فراوانی وقوع و مسیر حرکت آنها (سطح زمین) در بین نواحی بارشی است.

فرزان (۱۳۷۷) در مقاله‌ای با عنوان بررسی الگوی بارندگی روزانه در اقالیم مختلف فلات ایران به بررسی پراکندگی بارش‌های ۲۴ ساعته در شش ایستگاه نمونه پرداخته است.

لشگری (۱۳۷۵) با استفاده از بارش های روزانه ۲۷ ایستگاه هواشناسی طی یک دوره هفده ساله بارش های شدید را شناسایی و سپس الگو های حاکم بر آن‌ها را تحلیل نموده است. بر اساس نتایج تحقیق وقوع بارش های سنگین و سیل آسا در جنوب غرب ایران، نتیجهٔ تقویت و تشدید فعالیت مرکز کم فشار سودانی و منطقه همگرایی دریای سرخ و تبدیل آن به سیستم دینامیکی و ترمودینامیکی است.

رادمنش و همکاران (۱۳۷۵) با هدف تعیین نسبت بین بارندگی‌های فراتر از ۲۴ ساعته به بارندگی های روزانه در مقاله ای به بررسی این نسبت ها برای احتمال های مختلف از ۱۰ تا ۹۰ درصد پرداخته‌اند. قنبرپور و تلوری در سال ۱۳۸۲ در پژوهشی با عنوان الگوی توزیع زمانی بارش‌های رگباری در ایستگاه‌های سینوپتیک شمال ایران به مطالعه و مقایسه توزیع زمانی بارش های ۲۴ ساعته و الگوهای تیپ توزیع زمانی پرداخته است که نتیجه آن عدم همخوانی بین آن‌ها است.