بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی محیطی

گروه جغرافیای طبیعی

پایان‌نامه‌ی دکتری رشته‌ی جغرافیای طبیعی گرایش اقلیم‌شناسی

واکاوی تغییرات توزیع فراوانی بارش‌های روزانه‌ی ایران

استاد راهنما:

دکتر سیّد ابوالفضل مسعودیان

استاد مشاور:

دکتر حسین عساکره

پژوهش‌گر:

اسماعیل نصرآبادی

بهمن ماه ۱۳۹۱

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه اصفهان است.

امضا

سپاسگزاری:

این مجموعه حاصل زحمات همه اساتید بزرگواری است که در مقاطع مختلف تحصیل و به خصوص دوره تحصیل در دانشگاه اصفهان حق استادی بر بنده دارند. جا دارد از اساتید محترم آقایان دکتر خوشحال، دکتر موحدی، دکتر رحیمی و دکتر سیف تشکر و قدردانی نمایم.

و از میان آن اساتید بر خود فرض می دانم سپاسی بی پایان از استاد راهنمای بزرگوارم **جناب آقای پروفسور سید ابوالفضل مسعودیان** داشته باشم که نه تنها از جهت علمی در دوره تحصیل و انجام تز راهنمایی ها، پیشنهادات، نظرات و اصلاحات مؤثر و نافذ بسیاری داشته اند بلکه نگرش و نگاه جدیدی در اهمیت صداقت، راستی و جستن حقیقت برای بنده گشودند. باشد تا در ادامه زندگی بتوانم این نگاه باارزش به جهان و هستی را حفظ نمایم. و از استاد مشاور محترم **جناب آقای دکتر حسین عساکره** که با تواضع و فروتنی مثال زدنی پاسخ گوی سؤالات و اشکالات علمی بنده بودند و در جهت غنای علمی این اثر پیشنهادات ارزشمندی ارائه کردند کمال تشکر و سپاس را دارم.

با عرض ارادت و آرزوی موفقیت و سربلندی برای این دو استاد علم و اخلاق؛ یکتای بی همتا را سپاسگزارم که شاگردی این دو بزرگوار را نصیب بنده نمود و بر این شاگردی بر خود می بالم.

در نهایت تلاش و همراهی همسر بزرگوار و دختر عزیز و مهربانم در طول دوره تحصیل را ارج نهاده و مراتب سپاس قلبی خود را نسبت به آن ها ابراز می دارم.

به یاد شادروان «خواهرم» به واسطه صبر، تلاش و نگاه ساده و بی پیرایه اش به دنیا

و تقدیم به

پدر و مادر مهربان و زحمت کشم

و دخترم «ستایش» به واسطه ی همه کوتاهی هایم در

همراهی با شیرین کاری های کودکانه اش

چکیده

دسترسی به منابع آب شیرین و قابل بهره‌برداری یکی از نیازهای اساسی و مهم انسان از گذشته به شمار می‌آمده نیاز و اهمیتی که با وجود پیشرفت‌های شگرف انسان در عرصه‌های مختلف نه تنها حفظ شده بلکه با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و وابستگی بشر به آب حتّی بیش‌تر از گذشته هم شده است. به همین جهت، آشنایی با ویژگی‌های زمانی، مکانی، عوامل، عناصر و نیروهای طبیعی مؤثر بر بارش یکی از پیش نیازهای اصلی برنامه‌ریزی و مدیریت منابع محدود آب به شمار می‌آید.

هدف این پژوهش، برازش توزیع‌های فراوانی خانواده بهنجار و گاما بر بارش روزانه، محاسبه فراسنج‌های توزیع برازش یافته، پهنه‌بندی ایران بر اساس برازنده‌ترین توزیع تک‌تک یاخته‌ها و بررسی تغییرات فراسنج‌ها و برازنده‌ترین توزیع در طول زمان بوده است. با توجه به اهمیت داده‌های مورد استفاده در نتایج حاصل از این‌گونه مطالعات، برای انجام این پژوهش از داده‌های دو پایگاه داده‌ی بارش روزانه استفاده شده است.

نخست داده‌های بارش روزانه ۱۴۳۷ پیمونگاه همدید، اقلیمی و باران‌سنجی ایران که به روش کریگینگ در یاخته-هایی به ابعاد ۱۵× ۱۵کیلومتر میان‌یابی شده از پایگاه داده « اسفزاری » برای بازه زمانی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۲/۱۲/۲۹(برابر با ۱۵۷۰۵ روز) برداشت شد و درآرایه‌ای با ابعاد ۷۱۸۷ × ۱۵۷۰۵ (بر روی سطرها ۱۵۷۰۵ روز و بر روی ستون‌ها تعداد ۷۱۸۷ یاخته) قرار داده شد.

علاوه بر این داده‌ها، داده‌های بارش روزانه شبکه‌بندی شده ۰/۲۵ × ۰/۲۵ درجه طول/ عرض جغرافیایی در بازه زمانی ۱۳۳۰/۱/۱ تا ۱۳۸۵/۱۲/۲۹ (معادل۲۰۴۵۳ روز) خورشیدی از نسخه V1003R1 پایگاه داده بارش «آفرودیت» خاورمیانه برای محدوده ایران استخراج و در آرایه‌ای به ابعاد ۲۴۹۱× ۲۰۴۵۳ (بر روی سطرها ۲۰۴۵۳ روز و بر روی ستون‌ها تعداد ۲۴۹۱ یاخته) قرار داده شد. مراحل کار واکاوی توزیع فراوانی بر یاخته‌های با بارش بیش از ۰/۵ میلی‌متر هر دو پایگاه داده به عنوان روز بارشی صورت گرفت. آماره‌های تمرکز و پراکندگی برای روزهای بارشی هر دو پایگاه داده محاسبه و تفسیر شد؛ تا قبل از بررسی توزیع فراوانی یک دید و نگرش کلی نسبت به داده‌ها به دست آید. برای برازش توزیع فراوانی خانواده گاما(گامای دو فراسنجی و نمایی) و خانواده بهنجار(بهنجار استاندارد و لوگ بهنجار) از آزمون کلموگروف- اسمیرنف استفاده شد؛ آماره‌های این آزمون نشان می‌دهد که به ترتیب توزیع گاما، توزیع نمایی، توزیع لوگ بهنجار و توزیع بهنجار استاندارد رتبه‌های نخست تا آخر برازش بر داده‌ها را به خود اختصاص داده‌اند، اما از جهت آماری فقط دو توزیع گاما و نمایی توانسته‌اند شرایط لازم آزمون، به عنوان برازنده‌ترین توزیع را احراز نمایند. با توجه به نگاشت مدل برازش یافته بر تک‌تک یاخته‌ها دو توزیع گامای دو فراسنجی و توزیع نمایی به عنوان برازنده‌ترین توزیع‌ها شناخته شدند. توزیع تجربی بارش روزانه روزهای بارشی حدود ۴/۵ درصد از مساحت ایران از تابع توزیع نظری نمایی و در مقابل توزیع تجربی ۹۵/۵ درصد دیگر مساحت کشور از توزیع گامای دو فراسنجی تبعیت می‌کند. فراسنج‌های میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، شکل و مقیاس برازنده‌ترین توزیع هر یاخته محاسبه و نگاشت آن‌ها رسم گردید. در ۹۵ درصد از مساحت کشور میانگین بارش روزانه درازمدت مورد انتظار زیر ۱۰ میلی‌متر است و در ۵ درصد دیگر از مساحت کشور در جنوب‌شرق، سواحل شمال ، نقاط مرتفع زاگرس و دامنه‌های آن انتظار بارش روزانه به بیش از ۱۰ میلی‌متر می‌رسد. با وجود کم بودن میانگین بارش مورد انتظار، متوسط انحراف از میانگین بارش بالا بوده و این یعنی اطمینان به بارش در ایران کم است. در ۷۳ درصد مساحت کشور که بیش‌تر قلمروهای کم بارش ایران مرکزی، شمال-

شرق و شمال‌غرب را در بر می‌گیرد متوسط انحراف از میانگین کم‌تر از ۳۰ میلی‌متر است. در ۲۷ درصد دیگر از مساحت کشور شامل نقاط مرتفع زاگرس، سواحل دریای مازندران، سواحل شمال تنگه هرمز و سواحل اطراف بندر لنگه و بوشهر، ارتفاعات کرمان و جنوب شرق، نوسان بارش به بیشینه خود رسیده و عدم اطمینان به بارش کشور بیشینه می‌شود. هسته بیشینه فراسنج شکلِ توزیع، در منطقه بین میناب، بندرعباس و بندر خمیر در استان هرمزگان وجود دارد. از دیگر ویژگی-های بارش، عدم وجود مناطق با میزان فراسنج شکل بالا می‌باشد که حکایت از فاصله زیاد احتمال وقوع بارش با شرایط بهنجار دارد. در چندین هسته‌ی بیشینه فراسنج مقیاس تابع توزیع گاما در ارتفاعات اطراف یاسوج، اطراف مهران ، مریوان و بین رشت تا بندر انزلی فراسنج مقیاس به بیش از ۷۰ میلی‌متر می‌رسد.

جهت بررسی تغییرات توزیع فراوانی بارش روزانه در طول زمان، داده‌های بارش به دو دوره تقسیم شده و فراسنج-های هر دوره محاسبه و نگاشت آن ترسیم و تفسیر شد. آماره‌های کمینه، بیشینه، میانگین و مجموع آزمون نیکویی برازش کلموگروف اسمیرنف در طول دوره مطالعه تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشته است. در بخش وسیعی از کشور که بیش‌تر مناطق شمال، شمال‌شرق، شمال‌غرب و ایران مرکزی را در بر می‌گیرد برازنده‌ترین توزیع دوره دوم نسبت به دوره نخست تغییر نکرده است اما در ارتفاعات زاگرس، جنوب شرق و بخشی از سواحل دریای عمان و خلیج فارس شاهد تغییر توزیع فراوانی از توزیع گاما به توزیع نمایی و یا برعکس هستیم.

در مجموع فراسنج‌های میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، شکل و مقیاس برازنده‌ترین توزیع فراوانی داده-های بارش روزانه دوره دوم نسبت به دوره نخست تغییرات زیاد و گسترده‌ای نداشته است اما تغییرات جزئی در فراسنج‌ها تأیید می‌شود. این تغییرات از لحاظ مکانی بیش‌تر در جنوب‌شرق، سواحل جنوبی، برخی مناطق سواحل شمال کشور و ارتفاعات زاگرس دیده می‌شود؛ موضوعی که در مورد برازنده‌ترین توزیع فراوانی هر یاخته هم صدق می‌کند.

واژگان کلیدی: فراسنج‌های توزیع، توزیع فراوانی، اقلیم‌شناسی، ایران.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: طرح موضوع و پیشینه‌ی پژوهش

۱-۱- مقدمه..... ۱

۱-۲- شرح و بیان مسئله..... ۲

۱-۳- اهمیت و ارزش تحقیق..... ۳

۱-۴- اهداف..... ۵

۱-۵- پرسش‌ها..... ۵

۱-۶- فرضیه‌ها..... ۶

۱-۷- روش تحقیق و مراحل آن..... ۶

۱-۸- روش و ابزار گردآوری اطلاعات..... ۷

۱-۹- جامعه آماری و نمونه‌ها..... ۸

۱-۱۰- مراکز تهیه داده‌های بارش در جهان..... ۸

۱-۱۰-۱- پایگاه داده‌ی پرشین ۹

۱-۱۰-۲- طرح منابع آب آفرودیت..... ۱۰

۱-۱۱- پیشینه‌ی پژوهش..... ۱۲

۱-۱۲- خلاصه فصل..... ۱۹

فصل دوم: داده‌ها و روش‌شناسی

۲-۱- داده‌ها..... ۲۱

۲-۱-۱- داده‌های بارش روزانه..... ۲۲

۲-۲- روش‌شناسی..... ۲۶

۲-۳- توابع چگالی احتمال و توابع تجمعی احتمال..... ۲۹

۲-۴- خانواده‌ی توزیع فراوانی..... ۲۹

۲-۴- ۱- خانواده توزیع بهنجار..... ۳۰

۲-۴- ۱- ۱ - توزیع بهنجار استاندارد..... ۳۰

۲-۴- ۱-۲- توزیع لوگ بهنجار..... ۳۱

۲-۴- ۲- خانواده‌ی توزیع گاما..... ۳۲

۲-۴- ۲-۱- تابع توزیع گامای دو فراسنجی..... ۳۲

۲-۴- ۲ – ۲- تابع توزیع نمایی..... ۳۴

عنوان **صفحه**

۲-۵- آزمون نیکویی برازش..... ۳۴
۲-۵- ۱- آزمون کلموگروف- اسمیرنف..... ۳۵
۲-۵- ۲- آزمون خی‌دو..... ۳۶
۲-۶- فراسنج‌های توزیع و برآورد آن‌ها ۳۷
۲-۶- ۱- روش بیشینه‌ی درست‌نمایی..... ۳۸
۲-۶ - ۲- روش گشتاورها..... ۴۰
۲-۷ - خلاصه فصل ۴۴

فصل سوّم: تجزیه و تحلیل داده ها

۳-۱- مقدمه..... ۴۵
۳-۲- بررسی مکانی و زمانی آماره‌های تمرکز و پراکندگی روزهای بارشی پایگاه اسفزا..... ۴۶
۳-۲-۱- بررسی مکانی آماره میانگین..... ۴۶
۳-۲-۲- بررسی زمانی آماره‌ی میانگین..... ۴۷
۳-۲-۳- بررسی تغییرات مکانی آماره‌ی میانگین ۴۹
۳-۲-۴- بررسی تغییرات مکانی آماره‌ی انحراف معیار..... ۵۱
۳-۲-۵- بررسی آماره‌ی چولگی..... ۵۴
۳-۳- بررسی مکانی آماره‌های تمرکز و پراکندگی روزهای بارشی پایگاه آفرودیت..... ۵۵
۳-۳-۱- بررسی مکانی آماره میانگین ۵۵
۳-۳-۲- بررسی آماره‌ی انحراف معیار..... ۵۷
۳-۳-۳- بررسی آماره‌ی چولگی ۵۸
۳-۴- توزیع فراوانی روزهای بارشی پایگاه اسفزاری..... ۶۰
۳-۴-۱- محاسبه آماره آزمون کلموگروف- اسمیرنف..... ۶۰
۳-۴-۲- توزیع مکانی توزیع‌های آماری برازنده‌ی یاخته‌ها..... ۶۵
۳-۴-۳- برآورد فراسنج‌های برازنده‌ترین مدل هر یاخته..... ۶۷
۳-۵- توزیع فراوانی روزهای بارشی پایگاه آفرودیت ۷۶
۳-۵-۱- محاسبه آماره آزمون کلموگروف - اسمیرنف..... ۷۶
۳-۵-۲- توزیع مکانی توزیع های آماری برازنده‌ی یاخته‌ها..... ۷۷
۳-۵-۳- برآورد فراسنج های برازنده‌ترین مدل هر یاخته..... ۷۸
۳-۶- بررسی تغییرات توزیع فراوانی داده‌های بارش دوره نخست با دوره دوم پایگاه اسفزاری..... ۸۶
۳-۶-۱- مقایسه آماره‌های آزمون کلموگروف - اسمیرنف ۸۷

عنوان **صفحه**

۳-۶-۲- تغییرات برازنده‌ترین توزیع در هر یاخته..... ۸۹
۳-۶-۳- مقایسه فراسنج‌های توزیع برازنده بر داده‌های بارش در هر دوره ۹۳
۳- ۷- بررسی تغییرات توزیع فراوانی داده‌های بارش دوره نخست با دوره دوم در پایگاه آفرودیت.....۱۰۳
۳- ۷-۱- مقایسه آماره‌های آزمون کلموگروف - اسمیرنف ۱۰۴
۳- ۷-۲- بررسی تغییرات برازنده‌ترین توزیع در هر یاخته ۱۰۴
۳- ۷-۳- مقایسه فراسنج‌های توزیع برازنده بر داده‌های بارش ۱۰۸
فصل چهارم: جمع بندی و نتیجه‌گیری
۴-۱- نتیجه‌گیری ۱۱۸
۴-۲- آزمون فرضیه‌ها.....۱۲۰
منابع و مآخذ.....۱۲۶

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱- موقعیت پیمونگاه‌های همدید، اقلیمی و باران‌سنجی روی ایران.....۸
شکل ۱-۲ - نمونه فایل داده‌های ۶ ساعته پایگاه داده پرشین.....۱۰
شکل ۱-۳- نگاشت قلمرو داده‌های پایگاه آفرودیت نسخه. ۱۱
شکل۲-۱- شبکه‌بندی منظم ۷۱۸۷ یاخته پایگاه اسفزاری روی ایران.....۱۳
شکل ۲-۲ – شبکه‌بندی منظم یاخته‌های پایگاه داده بارش آفرودیت روی ایران ۲۵
شکل ۳-۱- میانگین بلند مدت بارش در هر روز بارشی (میلی‌متر) پایگاه اسفزاری ۴۷
شکل ۳-۲- سری زمانی میانگین مکانی مقدار بارش در هر روز بارشی در ایران (میلی‌متر) ۴۸
شکل ۳-۳- نمودار اختلاف میانگین بارش روزانه هر سال از میانگین کل دوره در هر روز بارشی در ایران (میلی‌متر) ۴۹
شکل ۳-۴- آرایش مکانی تغییر در میانگین بارش روزهای بارشی دوره دوم نسبت به دوره نخست.....۵۱
شکل ۳-۵- آرایش مکانی تغییر در انحراف معیار روزهای بارشی دوره دوم نسبت به دوره نخست.....۵۳
شکل ۳-۶- قدر مطلق چولگی روزهای بارشی داده‌های پایگاه اسفزاری.....۵۵
شکل ۳-۷- میانگین بلند مدت بارش روزانه در هر روز بارشی (میلی‌متر) پایگاه آفرودیت.....۵۷
شکل ۳-۸- قدرمطلق انحراف معیار روزهای بارشی(میلی‌متر) پایگاه آفرودیت.....۵۸
شکل ۳-۹- طبقات چولگی داده‌های روزهای بارشی.....۵۹
شکل ۳-۱۰- مقایسه قدر مطلق آماره آزمون کلموگروف - اسمیرنف هر یاخته با میانگین آماره برای توزیع گاما.....۶۱
شکل ۳-۱۱- مقایسه قدر مطلق آماره آزمون کلموگروف - اسمیرنف هر یاخته با میانگین آماره برای توزیع نمایی.....۶۲
شکل ۳-۱۲- مقایسه قدر مطلق آماره آزمون کلموگروف - اسمیرنف هر یاخته با میانگین برای توزیع لوگ بهنجار.....۶۳
شکل ۳-۱۳- مقایسه قدر مطلق آماره آزمون کلموگروف - اسمیرنف هر یاخته با میانگین برای توزیع بهنجار استاندارد.....۶۵
شکل۳-۱۴- مدل (توزیع) انتخابی هر یاخته.....۶۶
شکل ۳-۱۵- طبقات فراسنج میانگین بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته(به میلی‌متر).....۶۸
شکل ۳-۱۶- طبقات فراسنج انحراف معیار بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته(به میلی‌متر).....۷۱
شکل ۳-۱۷- طبقات فراسنج چولگی بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته(به میلی‌متر).....۷۱
شکل ۳-۱۸- طبقات فراسنج کشیدگی بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته(به میلی‌متر).....۷۲

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱۹- طبقات فراسنج شکل بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته(به میلی‌متر).....۷۴
شکل ۳-۲۰- طبقات فراسنج مقیاس بارش برازندهترین توزیع هر یاخته(به میلیمتر).....۷۵
شکل۳-۲۱- مدل (توزیع) انتخابی هر یاخته.....۸۷
شکل ۳-۲۲- طبقات فراسنج میانگین بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته(به میلی‌متر).....۸۰
شکل ۳-۲۳- طبقات فراسنج انحراف معیار بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته(به میلی‌متر).....۸۱
شکل ۳-۲۴- طبقات فراسنج چولگی بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته.....۸۲
شکل ۳-۲۵- طبقات فراسنج کشیدگی بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته.....۸۳
شکل ۳-۲۶- آرایش مکانی فراسنج شکل برازنده‌ترین توزیع هر یاخته..... ۸۵
شکل ۳-۲۷- آرایش مکانی فراسنج مقیاس برازنده‌ترین توزیع هر یاخته.....۸۶
شکل ۳-۲۸ - برازنده‌ترین توزیع فراوانی (مدل) هر یاخته در دوره نخست.....۹۰
شکل ۳-۲۹ - برازنده‌ترین توزیع فراوانی (مدل) هر یاخته در دوره دوم.....۹۱
شکل ۳-۳۰- تغییر برازنده‌ترین مدل(توزیع) دوره نخست نسبت به دوره دوم.....۹۳
شکل ۳-۳۱- آرایش مکانی فراسنج میانگین برازنده‌ترین توزیع هر یاخته دوره نخست.....۹۵
شکل ۳-۳۲ - آرایش مکانی فراسنج میانگین برازنده‌ترین توزیع هر یاخته دوره دوم.....۹۶
شکل ۳-۳۳- اختلاف فراسنج میانگین دوره دوم نسبت به دوره نخست بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته.....۹۷
شکل ۳-۳۴- طبقات اختلاف فراسنج انحراف معیار دوره نخست نسبت به دوره دوم بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته.....۹۹
شکل ۳-۳۵- آرایش مکانی فراسنج شکل داده‌های دوره نخست برازنده‌ترین توزیع هر یاخته.....۱۰۰
شکل ۳-۳۶- آرایش مکانی فراسنج شکل داده‌های دوره دوم برازنده‌ترین توزیع هر یاخته.....۱۰۱
شکل ۳-۳۷- آرایش مکانی فراسنج مقیاس داده‌های دوره نخست برازنده‌ترین توزیع هر یاخته.....۱۰۲
شکل ۳-۳۸- آرایش مکانی فراسنج مقیاس داده‌های دوره دوم برازنده‌ترین توزیع هر یاخته.....۱۰۳
شکل ۳-۳۹ - برازنده‌ترین توزیع فراوانی (مدل) هر یاخته در دوره نخست.....۱۰۵
شکل ۳-۴۰ - برازنده‌ترین توزیع فراوانی (مدل) هر یاخته در دوره دوم.....۱۰۶
شکل ۳-۴۱- تغییر برازنده‌ترین مدل(توزیع) دوره نخست نسبت به دوره دوم.....۱۰۷
شکل ۳-۴۲- آرایش مکانی فراسنج میانگین دوره نخست (به میلی متر).....۱۰۹
شکل ۳-۴۳- آرایش مکانی فراسنج میانگین دوره دوم (به میلی متر).....۱۱۰

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۴۴- اختلاف فراسنج میانگین دوره نخست نسبت به دوره دوم بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته..... ۱۱۱
شکل ۳-۴۵- اختلاف فراسنج انحراف معیار دوره نخست نسبت به دوره دوم بارش برازنده‌ترین توزیع هر یاخته..... ۱۱۲
شکل ۳-۴۶- آرایش مکانی فراسنج شکل داده‌های دوره نخست برازنده‌ترین توزیع هر یاخته..... ۱۱۳
شکل ۳-۴۷- آرایش مکانی فراسنج شکل داده‌های دوره دوم برازنده‌ترین توزیع هر یاخته..... ۱۱۴
شکل ۳-۴۸- آرایش مکانی فراسنج مقیاس داده‌های دوره نخست برازنده‌ترین توزیع هر یاخته..... ۱۱۶
شکل ۳-۴۹- آرایش مکانی فراسنج مقیاس داده‌های دوره دوم برازنده‌ترین توزیع هر یاخته..... ۱۱۷

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- مشخصات داده‌های بارش روزانه‌ی نسخه‌های مختلف آفرودیت.....۱۲
جدول۲-۱) نمایی کلی از پایگاه داده بارش درون‌یابی شده‌ی ایران به روش کریگینگ.....۲۴
جدول۲-۲) نمایی کلی از پایگاه داده بارش شبکه‌ای آفرودیت..... ۲۶
جدول۲-۳) گام شمار فرایند پژوهش ۲۸
جدول۳-۱- آماره‌های آزمون کلموگروف- اسمیرنف برای داده‌های اسفزاری.....۶۱
جدول ۳-۲- آماره‌های آزمون کلموگروف اسمیرنف برای داده‌های آفرودیت.....۷۷
جدول۳-۳- مقایسه آماره‌های آزمون کلموگروف - اسمیرنف داده‌های اسفزاری دوره نخست و دوم ۸۹
جدول۳-۴ مساحت و تعداد یاخته‌های طبقات اختلاف فراسنج میانگین دوره دوم نسبت به دوره نخست (به میلی‌متر)..... ۹۲
جدول۳-۵ مساحت و تعداد یاخته‌های برازنده‌ترین توزیع هر یاخته در دوره نخست و دوم.....۹۸
جدول۳-۶- مقایسه آماره‌های آزمون کلموگروف اسمیرنف داده‌های آفرودیت دوره نخست و دوم.....۱۰۴

فهرست فرمول‌ها

عنوان **صفحه**

رابطه۲-۱- احتمال وقوع متغیر در تابع چگالی احتمال..... ۲۹
رابطه ۲-۲ – تابع چگالی احتمال..... ۲۹
رابطه ۲ -۳- تابع توزیع تجمعی..... ۲۹
رابطه ۲-۴- تابع چگالی احتمال توزیع بهنجار..... ۳۰
رابطه ۲-۵- تابع چگالی احتمال توزیع بهنجار استاندارد..... ۳۱
رابطه ۲-۶- تابع چگالی احتمال توزیع لوگ بهنجار..... ۳۲
رابطه ۲-۷- برآورد فراسنج میانگین توزیع لوگ بهنجار..... ۳۲
رابطه ۲-۸- برآورد فراسنج انحراف معیار توزیع لوگ بهنجار..... ۳۲
رابطه ۲-۹- تابع چگالی احتمال توزیع گاما..... ۳۳
رابطه ۲-۱۰- محاسبه تابع گاما..... ۳۳
رابطه ۲-۱۱- تابع چگالی احتمال توزیع نمایی..... ۳۴
رابطه ۲-۱۲- تابع توزیع تجمعی توزیع نمایی..... ۳۴
رابطه ۲-۱۳- مقادیر بحرانی آماره آزمون کلموگروف - اسمیرنف..... ۳۶
رابطه ۲-۱۴- آماره آزمون کلموگروف - اسمیرنف..... ۳۶
رابطه ۲-۱۵-آزمون خی دو..... ۳۷
رابطه ۲-۱۶- پیشامدهای مورد انتظار در آزمون خی دو..... ۳۷
رابطه ۲-۱۷- برآورد فراسنج در روش بیشینه درست‌نمایی..... ۳۹
شکل ۲-۱۸- محاسبه فراسنج در روش بیشینه درست‌نمایی به کمک لگاریتم طبیعی..... ۳۹
رابطه ۲-۱۹- برآوردکننده فراسنج میانگین به روش بیشینه درست‌نمایی..... ۳۹
رابطه ۲-۲۰- برآوردکننده فراسنج انحراف معیار به روش بیشینه درست‌نمایی..... ۳۹
رابطه ۲-۲۱- برآورد فراسنج‌های شکل و مقیاس توزیع گاما به روش بیشینه درست‌نمایی..... ۳۹
رابطه ۲-۲۲- برآورد فراسنج شکل توزیع گاما به روش گشتاور..... ۴۰
رابطه ۲-۲۳- برآورد فراسنج مقیاس توزیع گاما به روش گشتاور..... ۴۰
رابطه ۲-۲۴- گشتاور موزون احتمال..... ۴۱
رابطه ۲-۲۵- بازنویسی رابطه گشتاورموزون احتمال..... ۴۱
رابطه ۲-۲۶- r امین گشتاور خطی..... ۴۱
رابطه ۲-۲۷- چهار گشتاور نخست توابع موزون احتمال ۴۲
رابطه ۲-۲۸- ضرایب گشتاور خطی..... ۴۲

فصل اول

طرح موضوع و پیشینه‌ی پژوهش

۱-۱- مقدمه

بارش به واسطه نقش مهم در چرخه‌ی سیاره‌ای آب و انتقال انرژی، مهم‌ترین متغیر آب‌شناختی برقرار کننده پیوند میان جو، فرایندهای سطحی و نقش آفرین درآزاد سازی گرمای نهان تبخیر به عنوان یکی از سنجه‌های مهم جوی و اقلیمی به شمار می‌آید؛ عنصری که تغییرات آن منشاء بسیاری از تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی در محیط بوده و خواهد بود. به دلیل همین تأثیرهای مهم و مستقیم، آشنایی بشر و به دنبال آن اندازه‌گیری بارش جو در مقایسه با سایر عناصر جوی از قدمت طولانی‌تری برخوردار است.

فراوانی[1] وقوع تعداد دفعاتی است که یک فراسنج مشخص در مدت زمان معین اتفاق می‌افتد(علیزاده، ۵۷۸:۱۳۸۰). این مشخصه را می توان به صورت فراوانی نسبی بیان کرد. از آن جا که یکی از تعاریف مقبول برای «احتمال»، «حد فراوانی نسبی است»، فراوانی وقوع به وسیله احتمال وقوع نیز بیان می شود. به ویژه وقتی از توزیع-های آماری برای بیان فراوانی استفاده می‌شود. یکی از راه‌های بررسی فراوانی وقوع پدیده‌ها و پاسخ‌گویی به سؤال‌های مرتبط با آن، استفاده از توابع توزیع احتمال است به کمک این توابع می‌توان توزیع‌های احتمال را بر داده‌ها برازش داده و با محاسبه فراسنج‌های[2] توزیع برازش یافته پی به برخی ویژگی‌های این داده‌ها برد. فراسنج-های توزیع[3] نوعی عبارت ریاضی انتزاعی هستند که شکل، مقیاس و موقعیت توزیع داده‌ها را مشخص می-کنند(ویلکس[4]، ۷۲:۲۰۰۶).

---

1 - Frequency
2 - Parameters
3 -Parameters of Distribution
4- Wilks

در این پژوهش، علاوه بر بازبینی پژوهش‌هایی که در زمینه‌ی توزیع فراوانی بارش انجام گرفته است سعی شده توابع توزیع‌های خانواده گاما و خانواده بهنجار بر داده‌های بارش روزانه ایران برازش داده شود و نیکویی برازش آن‌ها با آزمون کلموگروف- اسمیرنف[1] مشخص شده و فراسنج‌های برازنده‌ترین توزیع محاسبه و نگاشت[2] آن‌ها ترسیم و تفسیر شود. پس از تعیین برازنده‌ترین توزیع فراوانی بارش روزانه، ایران بر اساس برازنده‌ترین توزیع فراوانی پهنه‌بندی شده است. جهت بررسی تغییرات توزیع فراوانی بارش روزانه در دهه‌های اخیر، داده‌ها به دو دوره تقسیم شده و تفاوت‌ها و شباهت‌های فراسنج‌های دو دوره با هم مقایسه شده و تغییرات در برازنده‌ترین توزیع هر یاخته بررسی شده است.

۱-۲- شرح و بیان مسئله

بارش یکی از اصلی‌ترین عوامل محیطی است که همه‌ی موجودات زنده و غیر زنده را به شکل مستقیم و غیر مستقیم تحت تأثیر خود قرار می‌دهد؛ و هرگونه تغییر در مقدار، فراوانی، شدت، شکل و دیگر ویژگی‌های آن می‌تواند موجب تغییر در واکنش طبیعت و الگوهای متداول حاکم بر زندگی بشر گردد. آشنایی با ویژگی‌های بارش و پی‌بردن به کیفیت، کمیت و چگونگی تغییرات احتمالی پدید آمده در ابعاد زمانی و مکانی آن می‌تواند راه‌گشا در زمینه کاهش تغییرات، سازگاری و کاهش صدمات احتمالی باشد. همین اهمیت زیست محیطی تغییر اقلیم موجب شده در سال‌های اخیر نظر بسیاری از پژوهش‌گران به این موضوع جلب شود.

یکی از نشانه‌های تغییر اقلیم تغییر در توزیع فراوانی بارش است. برازش توزیع بر داده‌ها و محاسبه فراسنج‌های توزیع در دوره‌های زمانی مختلف می‌تواند ضمن بیان ویژگی‌های بارش، معیار مناسبی برای ارزیابی وجود و یا عدم وجود تغییرات باشد. ایده‌ی استفاده از توزیع‌های احتمال به عنوان یک الگوی (پارادایم) آماری برای تغییرات اقلیم به وسیله کاتز[3] پیشنهاد شده است. توضیح این که تغییر اقلیم ممکن است به صورت ترکیبی از دو خروجی(برآمد) آماری، شیفت در موقعیت و تغییر در مقیاس تابع توزیع باشد(بن گایی و همکاران[4]، ۱۹۹۸:۱۷۸).

برخی تغییرات توزیع فراوانی بارش به گرمایش جهانی نسبت داده می‌شود؛ این تغییرات از یک‌طرف حاصل تغییر ظرفیت رطوبتی جو و از طرف دیگر حاصل تغییر میزان تبخیر و تعرق است. از این رو انتظار می‌رود که در برخی نقاط توزیع فراوانی بارش چوله به راست و در برخی نقاط دیگر چوله به چپ شود. این نتایج در نقاط مختلف دنیا و حتی در یک محدوده سیاسی خاص (نظیر کشور چین) دیده شده است. به هر حال تغییر توزیع فراوانی بارش

1 -Kolmogrov-Smirnov
2 - Mapping
3 -Katz
4 - Ben- Gai et al

می‌تواند بر رفتار رودخانه‌ها اثر چشم‌گیری بگذارد به طور مثال افزایش تعداد بارش‌های سنگین به زیان بارش‌های سبک، فراوانی رخداد سیلاب‌ها را افزایش می‌دهد. از این گذشته تغییر توزیع فراوانی بارش می‌تواند آب در دسترس برای فعالیت‌های کشاورزی را دست‌خوش دگرگونی کند در حالی که ممکن است تغییری در مقدار کل بارش رخ نداده باشد. هر گاه تعداد بارش‌های بسیار سبک به زیان بارش‌های متوسط افزایش یابد آبی که از طریق بارش در دسترس گیاه قرار می‌گیرد کاهش می‌پذیرد. از این رو تغییرات توزیع فراوانی بارش می‌تواند هم‌چون تغییر مقدار بارش اثرات زیست‌محیطی بر جای گذاشته و امکان استفاده از منابع آب را تحت تاثیر قرار دهد. بررسی تغییرات توزیع فراوانی بارش به کمک داده‌های روزانه در مقیاس ملی در کشور ایران که از شرایط شکننده‌ای از جهت منابع آب برخوردار است اهمیت دو چندانی پیدا می‌کند و می‌تواند به شناخت ما از ویژگی-هایی که بارش و به تبع آن آب در دسترس می‌پیماید عمق و معنا بخشد.

مطالعات توزیع فراوانی بارش ایران عموماً با داده‌های ماهانه (مدرس، ۲۰۰۶)، فصلی و یا سالانه (مهدوی و همکاران ۲۰۱۰، مدرس و سرحدی‌زاده ۲۰۱۱) و با دوره‌ی کوتاه آماری (مدرس، ۲۰۰۶) بر روی داده‌های معدودی پیمونگاه (دین پژوه سال ۸۲ با داده‌های ۷۷ پیمونگاه همدید) صورت گرفته و نتایج به کل کشور تعمیم داده شده‌اند. در صورتی که برای اظهار نظر منطقی‌تر و علمی‌تر درباره‌ی ویژگی‌های مکانی بارش ایران بایستی از داده‌های یاخته‌ای بارش استفاده کرد در مورد بازه‌ی زمانی بارش استفاده از داده‌های ماهانه و یا سالانه ممکن است برخی تغییر ویژگی‌ها را از بین برده و یا دست‌کم، کم رنگ و پنهان نماید. در حالی‌که با داده‌های بارش روزانه می‌توان اظهار نظرات دقیق‌تری را در مورد این ویژگی‌ها بیان داشت. به علاوه بر اساس مطالعات مبانی نظری در مورد توزیع فراوانی و پیشنهادات صورت گرفته (مهدوی و همکاران،۲۰۱۰: ۱۶۱) بایستی طول دوره آماری مورد مطالعه برای دست یافتن به نتایج قابل اطمینان درازمدت باشد. به همین دلایل در این پژوهش از داده های شبکه بندی شده‌ی بارش روزانه‌ی بیش از چهار دهه‌ی اخیر دو پایگاه معتبر داده‌ی بارش روزانه استفاده شده است.

۱-۳- اهمیت و ارزش تحقیق

موقعیت مکانی استقرار و قرارگیری ایران در محل تلاقی و حاکمیت سامانه‌های بسیار متفاوت با منشاء حاره، برون حاره و جنب حاره‌ای موجب شده تا نوسان‌های زمانی و مکانی بسیاری از عناصر اقلیمی زیاد باشد. بارش یکی از این عناصر سرکش و با تغییرپذیری بالا به حساب می‌آید. به همین دلیل تحلیل توزیع فراوانی بارش به عنوان یکی از وظایف آب‌شناسان، برنامه‌ریزان و اقلیم‌شناسان از اهمیت در خور توجهی برخوردار است. تحلیل فراوانی بارش

علاوه بر اهمیتی که در مطالعات اقلیمی و برنامه‌ریزی منابع آب دارد در ورودی مدل‌ها، طراحی سازه‌های آبی و توسعه منحنی‌های شدّت، مدت و فراوانی نیز کاربرد دارند (مدرس، ١٣٨٦: ٨٧).

اندیشیدن به این موضوع که چگونه می‌شود مجموعه‌ای از داده‌های واقعی را در قالبی خلاصه شده قرار داد، ارزش زیادی دارد؛ در واقع توزیع‌های نظری قابلیت انجام این مهم را دارند و می‌توانند توزیع داده‌های واقعی را تا حد بسیار زیادی نمایش داده و در مجموع برآوردهای بسیار خوبی از داده‌ها ارائه می‌کنند. در برازش هر یک از توزیع‌های نظری نکاتی وجود دارد که سبب می‌شود این توزیع‌ها مفید باشند:

١- فشردگی[1] : استفاده از طول دوره‌ی آماری زیاد هرچند بعضاً با مشکلات و محدودیت‌هایی توأم است اما فراسنج های برآورد شده را به توزیع تئوری مناسب، نزدیک می‌سازد.

٢- هموارسازی[2] و درون‌یابی[3] : گاهی در توزیع مشاهدات اندازه‌گیری شده، نقاط ناهموار و یا داده‌های گم‌شده دیده می شود. برازش توزیع‌های تئوری بر روی داده‌ها، این نوع رویدادها را مورد توجه قرار می دهد.

٣ - برون‌یابی[4] : برآورد احتمال رویدادها در خارج از بازه‌ی مشاهدات موجود، با به کارگیری یک مدل احتمال نظیر برازش یک توزیع تئوری، میسر است (رحیم‌زاده، ١٣٩٠:١١٤).

در گذشته برای بررسی تغییر اقلیم اغلب فرض می‌شد که این تغییر بایستی در میانگین متغیرهای اقلیمی باشد در حالی‌که ممکن است با وجود ثابت بودن میانگین متغیرها، ویژگی‌های دیگری هم‌چون فراسنج موقعیت، شکل، فراوانی وقوع روزهای بارش فرین، تعداد روزهای بارشی و ... تغییر کرده باشد. شناخت توزیع فراوانی بارش در گستره‌ی زمان و مکان یکی از نیازهای ضروری برای آشنایی با رفتار بارش و برنامه‌ریزی بر اساس آن است که می‌تواند با بالا بردن شناخت ما از این متغیر سرکش، زمینه برنامه‌ریزی آگاهانه برای منابع آب و الگوهای کشت را فراهم نماید. این موضوع زمانی اهمیت دو چندان می‌یابد که در نظر داشته باشیم ایران از کشورهای خشک و نیمه خشک جهان به شمار می‌آید و بارش در آن از اهمیت زیادی در ارزیابی مهیایی بالقوه آب برخوردار است. نگهداری و مدیریت منابع آب، هم تابعی از بارش دریافتی است و هم به تغییرپذیری بارش بستگی دارد. هر چه تغییرات مکانی بارش کوچک‌تر باشد همگنی و یک‌دستی منابع آب بیش‌تر می‌شود از سوی دیگر، هر چه تغییرپذیری بارش کم‌تر باشد منابع آب نیز با ثبات‌تر خواهد بود و عرضه دائمی آب امکان پذیر می‌شود (مسعودیان، ٨١:١٣٨٧).

---

1 -Compactness
2 -Smoothing
3- Interpolation
4 -Extrapolation