دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی منابع طبیعی- مدیریت مناطق بیابانی

آنالیز دو متغیره منطقه ای فراوانی وقوع خشکسالی در مناطق خشک و نیمه خشک

به وسیله

مریم میراکبری

استاد راهنما

دکتر آرمان گنجی

شهریور ۱۳۸۸

بسم الله الرحمن الرحیم

به نام خدا

آنالیز دو متغیره منطقه ای فراوانی وقوع خشکسالی در مناطق خشک ونیمه خشک

به وسیله

مریم میراکبری

پایان نامه
ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از فعالیت های
لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی منابع طبیعی- مدیریت مناطق بیابانی

از دانشگاه شیراز
شیراز
جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته پایان نامه، با درجه: **عالی**

دکتر آرمان گنجی استادیار بخش مدیریت مناطق بیابانی (استاد راهنما).....

دکتر مزدا کمپانی زارع استادیار بخش مدیریت مناطق بیابانی (استاد مشاور).....

دکتر سید رشید فلاح شمسی استادیار بخش مدیریت مناطق بیابانی (استاد مشاور).....

شهریور ۱۳۸۸

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان.
به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید.

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

تقدیم به خواهر و برادرم عزیزم

پشتوانه های جاده حیاتم که آفتاب مهرشان هرگز در دلم غروب نخواهد کرد و لطفشان را فراموش نخواهم کرد.

سپاس گذاری

سپاس بیکران خدایی که توفیق دانش اندوزی و گام نهادن در گذرگاه معرفت را به من ارزانی داشت و سپاس آنان که روشنایی ردای علمشان روشنگر راه است، آنان که معلم میثاق مهرند و شکوفاگر شاخه های شباب اندیشه. قدردان زحمات انسان های شریفی هستم که مرا بدین جا رسانیده اند.

برخود لازم می دانم که یاری و راهنمایی های استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر آرمان گنجی را ارج نهم که در سایه راهنمایی ها و تلاش بی حد و حصرشان، دلسوزی های صبورانه و همکاری های بی دریغشان همواره پشتیبانم بودند. همچنین از رهنمودهای اساتید مشاورم آقای دکتر مزدا کمپانی زارع و آقای دکتر سید رشید فلاح شمسی کمال تشکر و قدرانی دارم. از تمامی دوستانم به خاطر محبت هایشان که یاد و خاطرشان همواره پایدار خواهد بود تشکر می نمایم

چکیده

آنالیز دو متغیره منطقه ای فراوانی وقوع خشکسالی در مناطق خشک و نیمه خشک

به کوشش

مریم میراکبری

خشکسالی یک پدیده طبیعی است که غالبا به عنوان یک بلای طبیعی توصیف می شود. از آن جایی که بیش از ٪۵۰ کشور ما در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است، از این پدیده در امان نبوده و سطح وسیعی از کشور را تحت تاثیر قرار می دهد. بنابراین مطالعه خشکسالی در قالب منطقه ای از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر این خشکسالی یک پدیده ی چند متغیره است و غالبا توسط چند مشخصه بیان می شود. به دلیل وجود همبستگی میان این مشخصه ها، تحلیل مستقل آنها نمی تواند شرایط واقعی خشکسالی یک منطقه را به طور کامل نمایان سازد و باید از روش های چند متغیره برای تحلیل مشخصه های خشکسالی استفاده نمود. بنابراین در این تحقیق روشی نوین برای تحلیل منطقه ای و دو متغیره خشکسالی هواشناسی در حوزه کرخه ارائه می شود. برای انجام این تحلیل دو مشخصه شدت و مدت خشکسالی با استفاده از تئوری ران از سری های بارندگی تطویل شده توسط مدل های سری زمانی، استخراج شدند. تحلیل منطقه ای بر روی این دو مشخصه توسط روش L-moments صورت گرفت و کل حوزه از نظر دو مشخصه به ۶ گروه همگن تقسیم شد. سپس تابع توزیع PE3 به عنوان بهترین برازش به داده های شدت و مدت خشکسالی در تمام مناطق همگن برای تحلیل فراوانی خشکسالی انتخاب شد. در نهایت سه تابع کاپولاس به داده های شدت و مدت خشکسالی در هر منطقه همگن برازش داده شدند و تابع Gumbel به عنوان بهترین برازش به داده های شدت و مدت خشکسالی در هر منطقه همگن انتخاب شد. توسط این تابع احتمال وقوع و دوره بازگشت توامان شدت و مدت خشکسالی در هر منطقه تعیین شد. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل منطقه ای دو متغیره فراوانی خشکسالی در حوزه کرخه، انتظار می رود منطقه همگن ۱ واقع در قسمت شرقی و مرکزی استان خوزستان خشکسالی های شدید تری را نسبت به سایر مناطق تجربه کند.

فهرست مطالب

عنوان ..... **صفحه**

۱- فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲

۱- فصل دوم: مروری بر پژوهش های گذشته

۲-۱- مروری بر تعریف، طبقه بندی و شاخص های خشکسالی ۶

۲-۲- مروری بر تحلیل های تک متغیره ی خشکسالی ۸

۲-۳- مروری بر تحلیل های دو متغیره ی خشکسالی و لزوم آن ۱۰

۲-۴- مروری بر تحلیل منطقه ای خشکسالی و کاربرد روش L-moments در تحلیل منطقه ای وقایع هیدرولوژیکی ۱۲

۳- فصل سوم: روش کار

۳-۱- مقدمه ۱۵

۳-۲- منطقه مورد مطالعه ۱۵

۳-۳- بازسازی داده های مفقود ۱۷

۳-۳-۱- روش بازسازی MOVE2 ..... ۱۸

۳-۴- تطویل آمار با استفاده از مدل های سری زمانی ۲۰

۳-۴-۱- مرحله ی تعریف و تشخیص ۲۰

۳-۴-۱-۱-روند ۲۱

۳-۴-۱-۲- رفتار تناوبی ۲۴

۳-۴-۱-۳- نرمال بودن سری های بارندگی ۲۸

۳-۴-۱-۴- توابع خودهمبسته و خودهمبسته ی جزئی ۳۰

۳-۴-۱-۵- تعیین شکل کلی مدل با استفاده از ACF وPACF ۳۲

۳-۴-۱-۶- مدل های سری زمانی ۳۳

۳-۴-۲- مرحله ی تخمین ۳۶

عنوان ..... **صفحه**

۳-۴-۳- چک کردن مدل (معیار های انتخاب مدل)..... ۳۸
۳-۴-۳-۱- معیار AIC و BIC ۳۹
۳-۴-۳-۲- آزمون های آماری تصادفی بودن باقیمانده های مدل..... ۴۰
۳-۴-۳-۳- آزمون های نرمال بودن باقیمانده ها..... ۴۱
۳-۴-۳-۴- آزمون تغییرات واریانس..... ۴۱
۳-۵- شبیه سازی..... ۴۳
۳-۶- مقایسه ی سری های مصنوعی و واقعی..... ۴۵
۳-۷- تحلیل خشکسالی در سری های بارندگی..... ۴۶
۳-۸- ادغام خشکسالی های وابسته..... ۴۸
۳-۹- انتخاب خشکسالی های حداکثر برای تحلیل منطقه ای..... ۵۰
۳-۱۰- تحلیل منطقه ای خشکسالی..... ۵۳
۳-۱۰-۱- تئوری L-moments ۵۳
۳-۱۰-۲- مزایای روش گشتاورهای خطی نسبت به روش گشتاورهای معمولی..... ۵۵
۳-۱۰-۳- تعیین مناطق همگن..... ۵۶
۳-۱۰-۴- تخمین منطقه ای..... ۶۰
۳-۱۰-۶- معرفی مدل..... ۶۷
۳-۱۱- تحلیل دو متغیره ی شدت و مدت خشکسالی..... ۶۹
۳-۱۱-۲- مزایای استفاده از توابع کاپولاس..... ۷۰
۳-۱۱-۳- خصوصیات توابع کاپولاس..... ۷۱
۳-۱۱-۴- انواع تابع کاپولاس..... ۷۱
۳-۱۱-۵- معیار همبستگی..... ۷۳
۳-۱۱-۵-۱ ضریب همبستگی کندال..... ۷۴
۳-۱۱-۵-۲- ضریب همبستگی اسپیرمن..... ۷۵
۳-۱۱-۶- نحوه ی استفاده ازکاپولاس جهت تشخیص وقایع دو متغیره..... ۷۷
۳-۱۱-۶-۱ تخمین پارامتر کاپولاس..... ۷۷
۳-۱۱-۶-۲- انتخاب نوع تابع کاپولاس..... ۷۹

عنوان ..... **صفحه**

۳-۱۱-۶-۳- شبیه سازی ۸۱
۳-۱۱-۷- تحلیل های دو متغیره ی خشکسالی با استفاده از تابع کاپولاس انتخابی ۸۴
۳-۱۱-۷-۱- احتمال شرطی خشکسالی ۸۵
۳-۱۱-۷-۲- دوره بازگشت دو متغیره ی خشکسالی ۸۶
۳-۱۲- تحلیل دو متغیره ی خشکسالی بر اساس فرایند نیم مارکوف (مثالی از کاربرد تحلیل دو متغیره ی خشکسالی در منابع طبیعی) ۸۷

۴- فصل چهارم: نتایج

۴-۱- آمار و اطلاعات مورد استفاده در تحقیق ۹۰
۴-۲- بازسازی داده های مفقود ۹۳
۴-۳- تطویل آمار بارندگی توسط مدل سری زمانی ۹۳
۴-۳-۱- آماده سازی اطلاعات و تشخیص نوع مدل ۹۳
۴-۳-۱-۱- ایستا کردن سری ۹۳
۴-۳-۱-۲- آزمون نرمال بودن سری های بارندگی ۹۶
۴-۳-۱-۳- تشخیص نوع مدل ۱۰۱
۴-۳-۲- تخمین پارامتر های مدل ۱۰۴
۴-۳-۴- انتخاب بهترین مدل ۱۰۵
۴-۴- شبیه سازی ۱۱۳
۴-۵- تحلیل خشکسالی در سری های تطویل شده ۱۱۴
۴-۵-۱- ادغام خشکسالی های وابسته ۱۱۴
۴-۵-۲- انتخاب خشکسالی های حداکثر ۱۱۹
۴-۶- تحلیل منطقه ای خشکسالی ۱۲۰
۴-۶-۱- تعیین گروه های همگن ۱۲۰
۴-۶-۲- تخمین منطقه ای ۱۳۱
۴-۷- تحلیل دو متغیره ی خشکسالی ۱۵۸

عنوان ..... **صفحه**

۴-۷-۱- تخمین پارمترهای توابع کاپولاس ۱۶۰
۴-۷-۲- تعیین نوع تابع کاپولاس..... ۱۶۱
۴-۷-۳- شبیه سازی برای ارزیابی تابع کاپولاس انتخابی..... ۱۷۰
۴-۷-۴- تعیین احتمال شرطی توام خشکسالی توسط تابع کاپولاس Gumbel..... ۱۸۰
۴-۷-۵-دوره بازگشت دو متغیره ی خشکسالی..... ۱۸۲

۵- فصل پنجم: نتیجه گیری

۵-۱- نتیجه گیری..... ۱۸۹
۵-۲- پیشنهادات..... ۱۹۱
۶- منابع..... ۱۹۲
۷- پیوست ها ۲۰۲

فهرست شکل ها

عنوان ..... صفحه

شکل ۳-۱- موقعیت ایستگاه های بارانسنجی در سه استان خوزستان، لرستان و کرمانشاه ۱۷
شکل ۳-۲- تعیین مشخصه های خشکسالی ۴۸
شکل ۳-۳- تقسیم یک خشکسالی واحد به چند خشکسالی وابسته ۴۸
شکل ۳-۴- ادغام خشکسالی های وابسته ۴۹
شکل ۳-۵- دوره بازگشت شدت خشکسالی برای شدت های بزرگتر و مساوی S و دوره بازگشت مدت خشکسالی برای مدت های بزرگتر و مساوی D ۵۲
شکل ۴-۱- نمودار ACF ایستگاه بالارود- استان خوزستان ((AR(1)) ۱۰۲
شکل ۴-۲- نمودار PACF ایستگاه بالارود- استان خوزستان ((AR(1)) ۱۰۲
شکل ۴-۳- نمودار ACF ایستگاه گتوند- استان خوزستان ((MA(3)) ۱۰۳
شکل ۴-۴- نمودار PACF ایستگاه گتوند- استان خوزستان ((MA(3)) ۱۰۳
شکل ۴-۵- نمودار ACF ایستگاه اندیمشک- استان خوزستان ((AR(2)) ۱۰۴
شکل ۴-۵- نمودار PACF ایستگاه اندیمشک- استان خوزستان ((AR(2)) ۱۰۴
شکل ۴-۷- نمودار RACF باقیمانده مدل AR(1) در ایستگاه بالارود ۱۰۶
شکل ۴-۸- نمودار RACF باقیمانده مدل MA(1) در ایستگاه بالارود ۱۰۷
شکل ۴-۹- نمودار RACF باقیمانده مدل ARMA(1,1) در ایستگاه بالارود ۱۰۷
شکل ۴-۱۰- نمودار RACF باقیمانده مدل AR(2) با دو پارامتر در ایستگاه اندیمشک ۱۰۸
شکل ۴-۱۱- نمودار RACF باقیمانده مدل MA(2) با دو پارامتر در ایستگاه اندیمشک ۱۰۸
شکل ۴-۱۲ نمودار RACF باقیمانده مدل ARMA(2,2) با هر دو پارامتر مدل AR و MA در ایستگاه اندیمشک ۱۰۹

عنوان ..... **صفحه**

شکل ۴-۱۳- نمودار RACF باقیمانده مدل AR(3) با یک پارامتر در ایستگاه گتوند ۱۰۹
شکل ۴-۱۴- نمودار RACF باقیمانده مدل MA(3) با یک پارامتر- ایستگاه گتوند ۱۱۰
شکل ۴-۱۵- نمودار RACF باقیمانده مدل ARMA(3,3) در ایستگاه گتوند ۱۱۰
شکل ۴-۱۶- نسبت های مختلف ترکیب خشکسالی در ایستگاه کنگاور- میانگین شدت ۱۱۵
شکل ۴-۱۷ نسبت های مختلف ترکیب خشکسالی در ایستگاه کنگاور- میانگین مدت خشکسالی ۱۱۶
شکل ۴-۱۸- نسبت های مختلف ترکیب خشکسالی در ایستگاه سوسنگرد- میانگین شدت خشکسالی ۱۱۶
شکل ۴-۱۹- نسبت های مختلف ترکیب خشکسالی در ایستگاه سوسنگرد- میانگین مدت خشکسالی ۱۱۷
شکل ۴-۲۱- نمودار نسبت گشتاورهای خطی برای تشخیص مناطق همگن در کل حوزه ۱۲۱
شکل ۴-۲۲- نسبت گشتاور های خطی مدت خشکسالی درگروه ۱ شدت ۱۲۷
شکل ۴-۲۳- نسبت گشتاور های خطی مدت خشکسالی درگروه ۲ شدت ۱۲۸
شکل ۴-۲۴- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی ۵ تابع توزیع برازش داده شده در گروه ۱ شدت ۱۳۶
شکل ۴-۲۵- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی ۵ تابع توزیع برازش داده شده در گروه ۱ مدت ۱۳۶
شکل ۴-۲۶- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی ۵ تابع توزیع برازش داده شده در گروه ۲ شدت ۱۳۷
شکل ۴-۲۷- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی ۵ تابع توزیع برازش داده شده در گروه ۲ مدت ۱۳۷

عنوان ..... **صفحه**

شکل ۴-۲۸- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی ۵ تابع توزیع برازش داده شده در گروه ۳ شدت ۱۳۸
شکل ۴-۲۹- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی ۵ تابع توزیع برازش داده شده در گروه ۳ مدت ۱۳۸
شکل ۴-۳۰- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی ۵ تابع توزیع برازش داده شده در گروه ۴ شدت ۱۳۹
شکل ۴-۳۱- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی ۵ تابع توزیع برازش داده شده در گروه ۴ مدت ۱۳۹
شکل ۴-۳۲- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی ۵ تابع توزیع برازش داده شده در گروه ۵ شدت ۱۴۰
شکل ۴-۳۳- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی ۵ تابع توزیع برازش داده شده در گروه ۵ مدت ۱۴۰
شکل ۴-۳۴- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی ۵ تابع توزیع برازش داده شده در گروه ۶ شدت ۱۴۱
شکل ۴-۳۵- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی ۵ تابع توزیع برازش داده شده- گروه ۶ مدت ۱۴۱
شکل ۴-۳۶- Growth curve حاصل از برازش تابع توزیع GEV – در گروه ۱ شدت ۱۴۹
شکل ۴-۳۷- Growth curve حاصل از برازش تابع توزیع GLO – در گروه ۱ شدت ۱۵۰
شکل ۴-۳۸- Growth curve حاصل از برازش تابع توزیع LN3 – در گروه ۱ شدت ۱۵۰
شکل ۴-۳۹- Growth curve حاصل از برازش تابع توزیع PE3 – در گروه ۱ شدت ۱۵۱
شکل ۴-۴۰- RMSE نسبی منطقه ای چهار تابع توزیع- در گروه ۱ شدت ۱۵۱

عنوان ..... **صفحه**

شکل ۴-۴۱- RMSE منطقه ای و ایستگاه های گروه ۱ شدت- تابع توزیع GEV ۱۵۲

شکل ۴-۴۲- RMSE منطقه ای و ایستگاه های گروه ۱ شدت- تابع توزیع GLO ۱۵۲

شکل ۴-۴۳- RMSE منطقه ای و ایستگاه های گروه ۱ شدت- تابع توزیع LN3 ..... ۱۵۳

شکل ۴-۴۴- RMSE منطقه ای و ایستگاه های گروه ۱ شدت- تابع توزیع PE3 ..... ۱۵۳

شکل ۴-۴۵- Growth curve حاصل از برازش تابع توزیع GEV – در گروه ۱ مدت ۱۵۴

شکل ۴-۴۶- Growth curve حاصل از برازش تابع توزیع GLO – در گروه ۱ مدت ۱۵۴

شکل ۴-۴۷- Growth curve حاصل از برازش تابع توزیع LN3 – در گروه ۱ مدت ۱۵۵

شکل ۴-۴۸- Growth curve حاصل از برازش تابع توزیع PE3 – در گروه ۱ مدت ۱۵۵

شکل ۴-۴۹- RMSE نسبی منطقه ای چهار تابع توزیع- در گروه ۱ مدت ۱۵۶

شکل ۴-۵۰- RMSE منطقه ای و ایستگاه های گروه ۱ مدت- تابع توزیع GEV ۱۵۶

شکل ۴-۵۱- RMSE منطقه ای و ایستگاه های گروه ۱ مدت- تابع توزیع GLO ۱۵۷

شکل ۴-۵۲- RMSE منطقه ای و ایستگاه های گروه ۱ مدت- تابع توزیع LN3 ..... ۱۵۷

شکل ۴-۵۳- RMSE منطقه ای و ایستگاه های گروه ۱ مدت- تابع توزیع PE3..... ۱۵۸

عنوان ..... **صفحه**

شکل ۴-۵۴- رابطه ی مقادیر شدت و مدت خشکسالی در گروه ۱..... ۱۵۹
شکل ۴-۵۵- رابطه ی مقادیر شدت و مدت خشکسالی در گروه ۲..... ۱۶۰
شکل۴-۵۶- .Q-Q پلات تابع کاپولاس Gumbel در گروه ۱ به روش نیمه پارامتری..... ۱۶۳
شکل۴-۵۷- Q-Q پلات تابع کاپولاس Frank در گروه ۱ به روش نیمه پارامتری..... ۱۶۳
شکل۴-۵۸- Q-Q پلات تابع کاپولاس Clayton در گروه ۱ به روش نیمه پارامتری..... ۱۶۴
شکل ۴-۵۹- Q-Q پلات تابع کاپولاس Gumbel در گروه ۱ به روش غیرپارامتری..... ۱۶۴
شکل۴-۶۰- Q-Q پلات تابع کاپولاس Frank در گروه ۱ به روش غیرپارامتری..... ۱۶۵
شکل ۴-۶۱- Q-Q پلات تابع کاپولاس Clayton در گروه ۱ به روش غیرپارامتری..... ۱۶۵
شکل۴-۶۲- Q-Q پلات تابع کاپولاس Gumbel در گروه ۲ به روش نیمه پارامتری..... ۱۶۶
شکل۴-۶۳- Q-Q پلات تابع کاپولاس Frank در گروه ۲ به روش نیمه پارامتری..... ۱۶۶
شکل ۴-۶۴- Q-Q پلات تابع کاپولاس Clayton در گروه ۲ به روش نیمه پارامتری..... ۱۶۷
شکل۴-۶۵- Q-Q پلات تابع کاپولاس Gumbel در گروه ۲ به روش غیرپارامتری..... ۱۶۷
شکل۴-۶۶- Q-Q پلات تابع کاپولاس Frank در گروه ۲ به روش غیرپارامتری..... ۱۶۸

عنوان ..... **صفحه**

شکل۴-۶۷- Q-Q پلات تابع کاپولاس Clayton در گروه ۲ به روش غیرپارامتری ۱۶۸
شکل ۴-۶۸- مقادیر احتمال تجربی اعداد واقعی و شبیه سازی شدت خشکسالی توسط تابع Gumbel در گروه ۱ ..... ۱۷۲
شکل ۴-۶۹- مقادیر احتمال تجربی اعداد واقعی و شبیه سازی مدت خشکسالی توسط تابع Gumbel در گروه ۱ ..... ۱۷۲
شکل ۴-۷۰- مقادیر احتمال تجربی اعداد واقعی و شبیه سازی شدت خشکسالی توسط تابع Gumbel- گروه ۲ ..... ۱۷۳
شکل۴-۷۱- مقادیر احتمال تجربی اعداد واقعی و شبیه سازی مدت خشکسالی توسط تابع Gumbel در گروه ۲ ..... ۱۷۳
شکل ۴-۷۲- مقادیر واقعی و شبیه سازی شدت و مدت خشکسالی توسط تابع Gumbel در گروه ۱ ..... ۱۷۴
شکل ۴-۷۳- مقادیر واقعی و شبیه سازی شدت و مدت خشکسالی توسط تابع Gumbel- گروه ۲ ..... ۱۷۴
شکل۴-۷۴- احتمال وقوع توام شدت و مدت خشکسالی بر اساس مقادیر واقعی شدت و مدت در گروه ۱ ..... ۱۷۶
شکل۴-۷۵- خطوط تراز متناظر با احتمال وقوع توام شدت و مدت خشکسالی در گروه ۱ ..... ۱۷۶
شکل ۴-۷۶- احتمال وقوع توام شدت و مدت خشکسالی بر اساس احتمال حاشیه ای شدت و مدت در گرو ه ۱ ..... ۱۷۷
شکل ۴-۷۷- خطوط تراز متناظر با تابع توزیع توام شدت و مدت خشکسالی در گروه ۱ ..... ۱۷۷
شکل ۴-۷۸- احتمال وقوع توام شدت و مدت خشکسالی بر اساس مقادیر واقعی شدت و مدت در گروه ۲ ..... ۱۷۸

عنوان ..... **صفحه**

شکل۴-۷۹- خطوط تراز متناظر با احتمال وقوع توام شدت و مدت خشکسالی- در گروه ۲ ..... ۱۷۸
شکل ۴-۸۰- احتمال وقوع توام شدت و مدت خشکسالی بر اساس احتمال حاشیه ای شدت و مدت در گروه ۲ ..... ۱۷۹
شکل۴-۸۱- خطوط تراز متناظر با احتمال وقوع توام شدت و مدت خشکسالی در گروه ۲ ..... ۱۷۹
شکل ۴-۸۲- احتمال شرطی توام مدت خشکسالی برای سطوح مختلف شدت ($P(D \le d \mid S \ge s')$)- گروه ۱ ..... ۱۸۱
شکل ۴-۸۳- احتمال شرطی توام مدت خشکسالی برای سطوح مختلف شدت ($P(D \le d \mid S \ge s')$)- در گروه ۲ ..... ۱۸۱
شکل ۴-۸۴- دوره بازگشت دو متغییره ی خشکسالی در گروه ۱ ..... ۱۸۳
شکل ۴-۸۵- خطوط تراز متناظر با دوره بازگشت دو متغییره ی خشکسالی در گروه ۱ ..... ۱۸۳
شکل ۴-۸۶- دوره بازگشت دو متغییره خشکسالی در گروه ۲ ..... ۱۸۴
شکل ۴-۸۷- خطوط تراز متناظر با دوره بازگشت دو متغییره ی خشکسالی در گروه ۲ ..... ۱۸۴
شکل ۴-۸۸- دوره بازگشت شرطی خشکسالی برای سطوح مختلف شدت($T_{D|S\ge s'}$)- گروه ۱ ..... ۱۸۵
شکل ۴-۸۹- دوره بازگشت شرطی خشکسالی برای سطوح مختلف شدت($T_{D|S\ge s'}$)- در گروه ۲ ..... ۱۸۵
شکل ۴-۹۰- موقعیت گروه های همگن در حوزه کرخه ۱۸۷

فهرست جداول

عنوان ..... **صفحه**

جدول ۳-۱- مقادیر بحرانی تقریبی آماره ی K_α ۲۵
جدول ۳-۲- خواص توابع خودهمبسته و خودهمبسته ی جزئی برای مدل های مختلف ۳۳
جدول ۳-۳- نسبت های گشتاور خطی ۵۵
جدول ۳-۴- رابطه ی ضریب کشیدگی توابع توزیع سه پارامتری ۶۲
جدول ۳-۵- رابطه ی نسبت گشتاورهای خطی و پارامترهای توابع توزیع سه پارامتری ۶۴
جدول۳-۶- تابع مولد انواع کاپولاس گروه ارشمیدس ۷۳
جدول ۳-۷- رابطه بین ضریب همبستگی کندال(τ) و توابع مولد کاپولاس ($\phi(\upsilon)$) گروه ارشمیدس ۷۸
جدول ۴-۱ خلاصه ای از خصوصیات ایستگاه های حوزه ی کرخه ۹۱
جدول ۴-۲- خلاصه ای از خصوصیات ایستگاه های ناقص ۹۲
جدول ۴-۳- ضریب آزمون من-کندال در آزمون روند ۹۴
جدول ۴-۴- تعداد اجزای میانگین و انحراف از معیار سری فوریه ۹۶
جدول ۴-۵- نتایج آزمون های نرمال سری های بارندگی قبل از نرمال کردن ۹۸
جدول ۴-۶- نتایج آزمون های نرمال بعد از کاربرد تابع تبدیل Box-Cox ۱۰۰
جدول ۴-۷- پارامتر مدل های پیشنهادی سه ایستگاه اندیمشک، گتوند و بالارود ۱۰۵
جدول ۴-۸- نتایج مقایسه ی سه مدل پیشنهادی در ایستگاه بالارود ۱۱۱

عنوان ..... **صفحه**

جدول ۴-۹- نتایج مقایسه ی سه مدل پیشنهادی در ایستگاه اندیمشک..... ۱۱۲
جدول ۴-۱۰- نتایج مقایسه ی سه مدل پیشنهادی در ایستگاه گتوند..... ۱۱۲
جدول ۴-۱۲- مشخصه های شدید ترین خشکسالی قبل و بعد از ادغام..... ۱۱۸
جدول ۴-۱۳- مقادیر معیار ناجوری D و نسبت گشتاورهای خطی در ایستگاه های حوزه ی کرخه..... ۱۱۸
جدول ۴-۱۴- نتایج آزمون همگنی در کل حوزه ی کرخه..... ۱۲۳
جدول ۴-۱۵- مقادیر معیار ناجوری D و نسبت گشتاورهای خطی- در گروه ۱ شدت خشکسالی..... ۱۲۴
جدول ۴-۱۶- مقادیر معیار همگنی H- در گروه ۱ شدت خشکسالی..... ۱۲۴
جدول ۴-۱۷- مقادیر معیار ناجوری D و نسبت گشتاورهای خطی- در گروه ۲ شدت خشکسالی..... ۱۲۴
جدول ۴-۱۸- مقادیر معیار همگنی H- در گروه ۲ شدت خشکسالی..... ۱۲۵
جدول ۴-۱۹- مقادیر معیار ناجوری D و نسبت گشتاورهای خطی- در گروه ۳ شدت خشکسالی..... ۱۲۵
جدول ۴-۲۰- مقادیر معیار همگنی H- در گروه ۳ شدت خشکسالی..... ۱۲۵
جدول ۴-۲۱- مقادیر معیار ناجوری D و نسبت گشتاورهای خطی- در گروه ۴ شدت خشکسالی..... ۱۲۵
جدول ۴-۲۲- مقادیر معیار همگنی H- در گروه ۴ شدت خشکسالی..... ۱۲۵
جدول ۴-۲۳- مقادیر معیار ناجوری D و نسبت گشتاورهای خطی- در گروه ۵ شدت خشکسالی..... ۱۲۶
جدول ۴-۲۴- مقادیر معیار همگنی H- در گروه ۵ شدت خشکسالی..... ۱۲۶
جدول ۴-۲۵- مقادیر معیار ناجوری D و نسبت گشتاورهای خطی- در گروه ۶ شدت خشکسالی..... ۱۲۶
جدول ۴-۲۶- مقادیر معیار همگنی H- در گروه ۶ شدت خشکسالی..... ۱۲۶