



دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده منابع طبیعی

تحلیل فراوانی منطقه‌ای دوره‌های خشک هیدرولوژیک با استفاده از روش گشتاورهای خطی در حوزه آبخیز دریای خزر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری

محمد میرغفوریان

استاد راهنما:

دکتر سعید سلطانی کوپائی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

تحلیل فراوانی منطقه‌ای دوره‌های خشک هیدرولوژیک با استفاده از روش گشتاورهای خطی در حوزه آبخیز دریای خزر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری

محمد میرغفوریان

استاد راهنما

دکتر سعید سلطانی کوپائی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی - آبخیزداری آقای محمد میرغفوریان
تحت عنوان

**تحلیل فراوانی منطقه‌ای دوره‌های خشک هیدرولوژیک با استفاده از روش گشتاورهای
خطی در حوزه آبخیز دریای خزر**

در تاریخ ۱۳۹۲/۰۶/۲۵ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر سعید سلطانی کوپائی

۲- استاد داور دکتر سید سعید اسلامیان

۳- استاد داور دکتر جهانگیر عابدی کوپائی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده دکتر محمدرضا وهابی

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای متعال را که انسان را به زیور دانش آراست تا با اندیشیدن و تأمل راه درست زیستن را بیاموزد.

در طول تهیه این پایان نامه از راهنمایی‌ها و مساعدت‌های اساتید و دوستان عزیزم بهره برده‌ام که در اینجا لازم است از همه ایشان مراتب سپاس قلبی و تشکر خالصانه خود را داشته باشم.

از زحمات بی‌دریغ و تلاش‌های بی‌وقفه استاد گرامی جناب آقای دکتر سعید سلطانی که در سمت استاد راهنما زحمات زیادی کشیدند و همواره با رویی گشاده پاسخگوی سوالات اینجانب بودند و در جهت به ثمر رساندن آن از هیچ تلاش و کوششی دریغ نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از اساتید گرامی و ارجمند جناب آقایان دکتر اسلامیان و دکتر عابدی که زحمت داوری این پایان نامه را تقبل نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از همراهی و مساعدت مهندس علی سرحدی که علی‌رغم مشغله‌های فراوان، بی‌هیچ منتهی مرا در انجام این تحقیق یاری نمودند نهایت تشکر و سپاس را دارم.

از سرپرست محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر وهابی، نهایت تشکر را دارم. از تمام دوستان و هم‌کلاسیان عزیزم که در این تحقیق کمک ارزشمندی به اینجانب نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان صمیمانه سپاس خود را نثار پدر و مادر می‌نمایم که همواره در دوران تحصیل مشوق و پشتیبانم بوده‌اند. از پروردگار بزرگ برای همه این بزرگواران آرزوی توفیق و کامیابی بیشتر در تمامی مراحل زندگی را دارم.

محمد میرغفوریان

شهریور ماه ۹۲

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان‌نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.

تقدیم به :

پدر و مادر بزرگوارم

و برادرانم

که در تمامی لحظات زندگی

یاور و پشتیبان من بوده‌اند.

و در نهایت

به همه‌ی استفاده‌کنندگان...

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
هشت	فهرست مطالب
۱	چکیده
۲	فصل اول: کلیات
۲	۱-۱ مقدمه
۵	۲-۱ ضرورت تحقیق
۶	۳-۱ اهداف و فرضیات مطالعه
۷	۴-۱ محتوای فصل های آتی
۸	فصل دوم: بررسی منابع و تعاریف
۸	۱-۲ تعاریف و مفاهیم
۱۰	۱-۱-۲ علل خشکی
۱۰	۲-۱-۲ انواع مختلف خشکسالی
۱۲	۲-۲ تعاریف انواع خشکسالی
۱۳	۱-۲-۲ خشکسالی هواشناسی
۱۳	۲-۲-۲ خشکسالی هیدرولوژیک
۱۴	۳-۲-۲ خشکسالی کشاورزی
۱۴	۴-۲-۲ خشکسالی اقتصادی-اجتماعی (فقر و قحطی)
۱۵	۵-۲-۲ خشکسالی ادافیک
۱۵	۳-۲ پیش بینی (پیش آگاهی)
۱۶	۴-۲ اثرات خشکسالی
۱۷	۱-۴-۲ اثرات کشاورزی
۱۸	۲-۴-۲ اثرات زیست محیطی
۱۸	۳-۴-۲ اثرات اقتصادی
۱۹	۴-۴-۲ اثرات اجتماعی
۱۹	۵-۲ شاخص های خشکسالی هیدرولوژیک
۲۱	۱-۵-۲ شاخص های منحنی تداوم جریان (FDC)
۲۳	۶-۲ تحلیل فراوانی هیدرولوژیک
۲۳	۷-۲ توزیع های آماری

۲۴	۸-۲ تحلیل فراوانی منطقه‌ای خشکسالی هیدرولوژیک
۲۵	۱-۸-۲ بررسی داده‌ها
۲۵	۲-۸-۲ شناسایی مناطق همگن
۲۷	۳-۸-۲ انتخاب بهترین توزیع فراوانی
۲۸	۹-۲ روش‌های تحلیل منطقه‌ای
۲۹	۱-۹-۲ روش شاخص جریان حداقل
۳۰	۲-۹-۲ روش ناحیه اثر (ROI)
۳۰	۳-۹-۲ روش گشتاورهای خطی
۳۱	۴-۹-۲ رگرسیون چند متغیره
۳۴	فصل سوم: مواد و روش‌ها
۳۴	۱-۳ توصیف منطقه مورد مطالعه
۳۶	۲-۳ وضعیت اقلیمی منطقه مورد مطالعه
۳۶	۳-۳ خصوصیات شبکه هیدروگرافی حوزه آبخیز دریای خزر
۳۷	۱-۳-۳ تعداد رودها و مشخصات کلی آنها
۳۸	۲-۳-۳ اسامی و مشخصات رودهای مهم حوزه
۴۳	۴-۳ وضعیت ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه
۴۴	۵-۳ جمع‌آوری آمار و اطلاعات
۴۴	۱-۵-۳ انتخاب شبکه ایستگاه‌های هیدرومتری در حوزه
۴۹	۲-۵-۳ روش‌های بررسی خصوصیات خشکسالی هیدرولوژیک
۵۰	۳-۵-۳ سری زمانی مورد نیاز و دقت زمانی داده‌ها
۵۱	۴-۵-۳ منحنی تداوم جریان (FDC) و چندک‌ها
۵۲	۵-۵-۳ انتخاب شاخص‌های شدت و مدت دوره‌های خشک
۵۳	۶-۳ تحلیل فراوانی منطقه‌ای شدت خشکسالی و مدت آن
۵۴	۷-۳ تحلیل خوشه‌ای
۵۵	۱-۷-۳ تکنیک‌های سلسله‌مراتبی
۵۵	۲-۷-۳ انواع روش‌های دسته‌بندی در تکنیک‌های سلسله‌مراتبی
۵۶	۸-۳ گشتاورهای خطی
۵۹	۱-۸-۳ آزمون همگنی و ناهمگنی (ناجوری)
۶۰	۲-۸-۳ انتخاب توزیع مناسب منطقه‌ای

۶۱	۳-۸-۳ برآورد پارامترهای توزیع
۶۲	۳-۸-۴ برآورد چندک ها
۶۲	۳-۹-۹ تعیین مدل های منطقه ای شدت و مدت خشکسالی هیدرولوژیک
۶۳	۳-۹-۱ رگرسیون خطی چند متغیره
۶۴	۳-۹-۲ نحوه ورود متغیرها به مدل رگرسیون
۶۵	۳-۹-۳ پارامترهای مربوط به مدل رگرسیون
۶۹	فصل چهارم: نتایج
۶۹	۴-۱ عملیات پیش پردازش داده ها
۶۹	۴-۱-۱ انتخاب آستانه خشکسالی هیدرولوژیک به روش FDC
۷۲	۴-۱-۲ بررسی همگنی و تصادفی بودن داده ها
۷۴	۴-۲ بررسی همگنی منطقه مورد مطالعه
۷۵	۴-۳ تحلیل فراوانی منطقه ای شدت خشکسالی (AMDSL)
۸۳	۴-۴ تحلیل فراوانی منطقه ای مدت خشکسالی (ANDSP)
۹۲	۴-۵ تحلیل فراوانی نقطه ای (برآورد مقادیر و نکویی برازش) شدت خشکسالی (AMDSL)
۹۸	۴-۶ تحلیل فراوانی نقطه ای (برآورد مقادیر و نکویی برازش) مدت خشکسالی (ANDSP)
۱۰۴	۴-۷ تحلیل منطقه ای و ایجاد مدل های منطقه ای با استفاده از ویژگی های خشکسالی با دوره های بازگشت مختلف و مشخصات حوزه
۱۰۹	۴-۸ مدل سازی شدت خشکسالی (AMDSL)
۱۱۷	۴-۹ مدل سازی مدت خشکسالی (ANDSP)
۱۲۴	فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری
۱۲۴	۵-۱ مقدمه
۱۲۵	۵-۲ همگنی منطقه مورد مطالعه
۱۲۵	۵-۳ آزمون نکویی برازش و انتخاب توزیع منطقه ای
۱۲۶	۵-۴ روابط منطقه ای شدت و مدت خشکسالی در بخش های مختلف حوزه
۱۳۰	۵-۵ پیشنهادات
۱۳۱	فهرست منابع
۱۴۲	چکیده انگلیسی

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۰	شکل ۱-۲ متغیرهای هیدرولوژیک متأثر از خشکسالی
۱۱	شکل ۲-۲ تغییرات زمانی متغیرهای هیدرولوژیک متأثر از خشکسالی
۱۲	شکل ۳-۲ انواع خشکسالی، مبانی تعریف و آثار هر کدام
۱۷	شکل ۴-۲ خلاصه و طبقه‌بندی رژیم‌های خشک
۳۵	شکل ۱-۳ موقعیت کلی منطقه مورد مطالعه در ایران
۴۳	شکل ۲-۳ موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در حوزه دریای خزر
۵۰	شکل ۳-۳ راه‌های ممکن جهت رسیدن به خصوصیات خشکسالی و حداقل دبی مورد نیاز
۵۳	شکل ۴-۳ شاخص‌های شدت و مدت دوره‌های خشک و تعاریف آنها
۷۰	شکل ۱-۴ منحنی تداوم جریان در ایستگاه پل ذغال
۷۰	شکل ۲-۴ منحنی تداوم جریان در ایستگاه گنبد کاووس
۷۱	شکل ۳-۴ منحنی تداوم جریان در ایستگاه رودبارسرا
۷۳	شکل ۴-۴ توابع خودهمبستگی شدت خشکسالی (سمت راست) و مدت خشکسالی (سمت چپ) برای ایستگاه سلیمان‌تنگه (داده‌های غیرتصادفی)
۷۴	شکل ۵-۴ توابع خودهمبستگی شدت خشکسالی (سمت راست) و مدت خشکسالی (سمت چپ) برای ایستگاه گنبد کاووس (داده‌های تصادفی)
۷۵	شکل ۶-۴ نمودار نسبت گشتاورهای خطی شدت خشکسالی (AMDSL) در هر یک از گروه‌های همگن مطالعاتی
۸۳	شکل ۷-۴ توزیع جغرافیایی مناطق همگن پارامتر شدت خشکسالی (AMDSL) در منطقه مطالعاتی
۸۴	شکل ۸-۴ نمودار نسبت گشتاورهای خطی مدت خشکسالی (ANDSP) در هر یک از گروه‌های همگن مطالعاتی
۹۲	شکل ۹-۴ توزیع جغرافیایی مناطق همگن پارامتر مدت خشکسالی (ANDSP) در منطقه مطالعاتی
۹۳	شکل ۱۰-۴ تابع توزیع چگالی تجمعی شدت خشکسالی (AMDSL) با دوره‌های بازگشت مختلف در برخی ایستگاه‌های مطالعاتی
۹۹	شکل ۱۱-۴ تابع توزیع چگالی تجمعی مدت خشکسالی (ANDSP) با دوره‌های بازگشت مختلف در برخی ایستگاه‌های مطالعاتی
۱۱۳	شکل ۱۲-۴ هیستوگرام احتمال نرمال مانده‌ها برای رابطه منطقه‌ای گروه ۴ شدت خشکسالی با دوره بازگشت ۵۰ سال

- شکل ۴-۱۳ نمودار احتمال نرمال مانده‌ها برای رابطه منطقه‌ای گروه ۴ شدت خشکسالی با دوره بازگشت ۵۰ سال.....۱۱۳
- شکل ۴-۱۴ نمودار پراکنش مانده‌های استاندارد برای رابطه منطقه‌ای گروه ۴ شدت خشکسالی با دوره بازگشت ۵۰ سال... ۱۱۴
- شکل ۴-۱۵ هیستوگرام احتمال نرمال مانده‌ها برای رابطه منطقه‌ای گروه ۶ مدت خشکسالی با دوره بازگشت ۲۰۰ سال..... ۱۲۱
- شکل ۴-۱۶ نمودار احتمال نرمال مانده‌ها برای رابطه منطقه‌ای گروه ۶ مدت خشکسالی با دوره بازگشت ۲۰۰ سال..... ۱۲۱
- شکل ۴-۱۷ نمودار پراکنش مانده‌های استاندارد برای رابطه منطقه‌ای گروه ۶ مدت خشکسالی با دوره بازگشت ۲۰۰ سال.. ۱۲۲

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲ تابع چگالی احتمال برخی از مهمترین توابع توزیع	۲۴
جدول ۱-۳ مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد استفاده در منطقه مطالعاتی	۴۴
جدول ۱-۴ گروه‌بندی ایستگاه‌های منتخب حوزه برای تعیین آستانه خشکسالی	۷۰
جدول ۲-۴ مقادیر سری‌های زمانی AMDSL و ANDSP برای برخی ایستگاه‌های مطالعاتی	۷۱
جدول ۳-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۱ شدت خشکسالی	۷۸
جدول ۴-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۲ شدت خشکسالی	۷۹
جدول ۵-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۳ شدت خشکسالی	۸۰
جدول ۶-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۴ شدت خشکسالی	۸۱
جدول ۷-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۵ شدت خشکسالی	۸۱
جدول ۸-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۶ شدت خشکسالی	۸۱
جدول ۹-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۷ شدت خشکسالی	۸۱
جدول ۱۰-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۸ شدت خشکسالی	۸۲
جدول ۱۱-۴ نتایج آزمون‌های همگنی و نکویی برآزش برای پارامتر شدت خشکسالی (نواحی ۸ گانه)	۸۲
جدول ۱۲-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۱ مدت خشکسالی	۸۷
جدول ۱۳-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۲ مدت خشکسالی	۸۸
جدول ۱۴-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۳ مدت خشکسالی	۸۸
جدول ۱۵-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۴ مدت خشکسالی	۸۹
جدول ۱۶-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۵ مدت خشکسالی	۸۹
جدول ۱۷-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۶ مدت خشکسالی	۸۹
جدول ۱۸-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۷ مدت خشکسالی	۹۰
جدول ۱۹-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۸ مدت خشکسالی	۹۰
جدول ۲۰-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۹ مدت خشکسالی	۹۰
جدول ۲۱-۴ مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های گروه ۱۰ مدت خشکسالی	۹۱
جدول ۲۲-۴ نتایج آزمون‌های همگنی و نکویی برآزش برای پارامتر مدت خشکسالی (نواحی ۱۰ گانه)	۹۱
جدول ۲۳-۴ برآورد مقادیر شدت خشکسالی با استفاده از توزیع GPAR در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	
گروه ۱	۹۴

جدول ۴-۲۴ برآورد مقادیر شدت خشکسالی با استفاده از توزیع P(III) در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۲
۹۶.....	
جدول ۴-۲۵ برآورد مقادیر شدت خشکسالی با استفاده از توزیع GPAR در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۳
۹۶.....	
جدول ۴-۲۶ برآورد مقادیر شدت خشکسالی با استفاده از توزیع GPAR در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۴
۹۷.....	
جدول ۴-۲۷ برآورد مقادیر شدت خشکسالی با استفاده از توزیع GPAR در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۵
۹۷.....	
جدول ۴-۲۸ برآورد مقادیر شدت خشکسالی با استفاده از توزیع GPAR در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۶
۹۷.....	
جدول ۴-۲۹ برآورد مقادیر شدت خشکسالی با استفاده از توزیع P(III) در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۷
۹۸.....	
جدول ۴-۳۰ برآورد مقادیر شدت خشکسالی با استفاده از توزیع GEV در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۸
۹۸.....	
جدول ۴-۳۱ برآورد مقادیر مدت خشکسالی با استفاده از توزیع GPAR در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۱
۱۰۰.....	
جدول ۴-۳۲ برآورد مقادیر مدت خشکسالی با استفاده از توزیع P(III) در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۲
۱۰۱.....	
جدول ۴-۳۳ برآورد مقادیر مدت خشکسالی با استفاده از توزیع GEV در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۳
۱۰۲.....	
جدول ۴-۳۴ برآورد مقادیر مدت خشکسالی با استفاده از توزیع GPAR در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۴
۱۰۲.....	
جدول ۴-۳۵ برآورد مقادیر مدت خشکسالی با استفاده از توزیع P(III) در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۵
۱۰۲.....	
جدول ۴-۳۶ برآورد مقادیر مدت خشکسالی با استفاده از توزیع P(III) در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۶
۱۰۳.....	
جدول ۴-۳۷ برآورد مقادیر مدت خشکسالی با استفاده از توزیع GPAR در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	گروه ۷
۱۰۳.....	

جدول ۴-۳۸ برآورد مقادیر مدت خشکسالی با استفاده از توزیع GLOG در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	
گروه ۸.....	۱۰۳
جدول ۴-۳۹ برآورد مقادیر مدت خشکسالی با استفاده از توزیع LN(III) در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	
گروه ۹.....	۱۰۴
جدول ۴-۴۰ برآورد مقادیر مدت خشکسالی با استفاده از توزیع P(III) در دوره‌های بازگشت مختلف برای ایستگاه‌های	
گروه ۱۰.....	۱۰۴
جدول ۴-۴۱ پارامترهای فیزیوگرافی و اقلیمی حوزه‌های بالادست ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در منطقه مطالعاتی.....	۱۰۶
جدول ۴-۴۲ علائم بکاررفته در مدل‌های منطقه‌ای شدت خشکسالی.....	۱۱۰
جدول ۴-۴۳ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۱ شدت خشکسالی.....	۱۱۰
جدول ۴-۴۴ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۲ شدت خشکسالی.....	۱۱۰
جدول ۴-۴۵ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۳ شدت خشکسالی.....	۱۱۱
جدول ۴-۴۶ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۴ شدت خشکسالی.....	۱۱۱
جدول ۴-۴۷ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۵ شدت خشکسالی.....	۱۱۱
جدول ۴-۴۸ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۶ شدت خشکسالی.....	۱۱۲
جدول ۴-۴۹ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۷ شدت خشکسالی.....	۱۱۲
جدول ۴-۵۰ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۸ شدت خشکسالی.....	۱۱۲
جدول ۴-۵۱ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای زیرگروه اول گروه ۱ شدت خشکسالی.....	۱۱۵
جدول ۴-۵۲ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای زیرگروه دوم گروه ۱ شدت خشکسالی.....	۱۱۵
جدول ۴-۵۳ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای زیرگروه سوم گروه ۱ شدت خشکسالی.....	۱۱۵
جدول ۴-۵۴ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای زیرگروه اول گروه ۳ شدت خشکسالی.....	۱۱۶
جدول ۴-۵۵ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای زیرگروه دوم گروه ۳ شدت خشکسالی.....	۱۱۶
جدول ۴-۵۶ علائم بکاررفته در مدل‌های منطقه‌ای مدت خشکسالی.....	۱۱۷
جدول ۴-۵۷ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۱ مدت خشکسالی.....	۱۱۷
جدول ۴-۵۸ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۲ مدت خشکسالی.....	۱۱۸
جدول ۴-۵۹ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۳ مدت خشکسالی.....	۱۱۸
جدول ۴-۶۰ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۴ مدت خشکسالی.....	۱۱۸
جدول ۴-۶۱ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۵ مدت خشکسالی.....	۱۱۹

- جدول ۴-۶۲ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۶ مدت خشکسالی ۱۱۹
- جدول ۴-۶۳ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۷ مدت خشکسالی ۱۱۹
- جدول ۴-۶۴ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۸ مدت خشکسالی ۱۲۰
- جدول ۴-۶۵ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۹ مدت خشکسالی ۱۲۰
- جدول ۴-۶۶ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای گروه ۱۰ مدت خشکسالی ۱۲۰
- جدول ۴-۶۷ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای زیرگروه اول گروه ۱ مدت خشکسالی ۱۲۳
- جدول ۴-۶۸ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای زیرگروه دوم گروه ۱ مدت خشکسالی ۱۲۳
- جدول ۴-۶۹ معادلات رگرسیونی استخراج شده برای زیرگروه سوم گروه ۱ مدت خشکسالی ۱۲۳

چکیده

مقدار و فراوانی وقایع غیرمنتظره در هیدرولوژی مانند احتمال وقوع شدت و مدت خشکسالی هیدرولوژیک در اکثر نقاط جهان از اهمیت زیادی برخوردار است. به طوری که در سال‌های اخیر وقوع خشکسالی‌ها خسارت‌های فراوانی را بر جای گذاشته است. بررسی احتمال وقوع شدت خشکسالی‌ها و مدت آن بعنوان یک تحلیل استوکاستیک از وقوع دوره‌های خشکسالی بشمار می‌آید. در این مطالعه این دو ویژگی خشکسالی بر روی ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در حوزه آبخیز دریای خزر به منظور پیش‌بینی و برآورد شدت و مدت خشکسالی مورد بررسی واقع گردید. به منظور تحلیل فراوانی منطقه‌ای شدت خشکسالی و مدت آن، از روش گشتاورهای خطی استفاده شد. از مجموع بیش از ۳۰۰ ایستگاه هیدرومتری واقع در حوزه آبخیز دریای خزر، حدود ۱۸۰ ایستگاه به دلیل دارا بودن طول دوره آماری مناسب جهت انجام تحلیل فراوانی منطقه‌ای انتخاب شدند و مقادیر حداکثر روزهای خشک به عنوان پارامتر شدت خشکسالی هیدرولوژیک و نیز تعداد وقوع دوره‌های خشک به عنوان پارامتر مدت آن در هر ایستگاه مورد محاسبه قرار گرفت. پس از بررسی همگنی و تصادفی بودن داده‌ها، جهت بررسی همگنی منطقه مورد مطالعه آماره همگنی H پیشنهاد شده توسط هاسکینگ و والیس مورد محاسبه قرار گرفت که نشان داد منطقه مورد مطالعه کاملاً ناهمگن می‌باشد. جهت دستیابی به مناطق همگن، ابتدا با استفاده از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی حوزه‌های مورد مطالعه در بخش شدت به ۸ گروه و در بخش مدت به ۱۰ گروه تقسیم شدند. در ادامه با استفاده از روش گشتاورهای خطی و پس از حذف ایستگاه‌های ناجور، همگنی گروه‌های تشکیل شده با استفاده از آماره H مورد تایید قرار گرفت ($H < 1$). بر اساس آزمون نکوئی برازش و با استفاده از آماره Z^{Dist} دو توزیع پارتوی تعمیم یافته (GPAR) و پیرسون نوع ۳ (PIII) برای اکثر گروه‌های همگن به عنوان توزیع‌های منطقه‌ای مناسب برای پارامترهای شدت و مدت خشکسالی معرفی شدند. در ادامه جهت برآورد مقادیر شدت و مدت خشکسالی هیدرولوژیک در دوره‌های بازگشت مختلف، از برنامه FREQ در محیط نرم افزار MATLAB استفاده گردید و با برازش توزیع فراوانی مناسب به داده‌های هر ایستگاه، مقادیر شدت و مدت خشکسالی در دوره‌های بازگشت مختلف مورد محاسبه قرار گرفت. سپس خصوصیات فیزیوگرافی و اقلیمی برای حوزه‌های بالادست هر ایستگاه برآورد گردید. برای انجام تحلیل فراوانی منطقه‌ای و ارتباط بین پارامترهای مختلف فیزیوگرافی و اقلیمی حوزه‌ها و مقادیر شدت و مدت خشکسالی با دوره‌های بازگشت مختلف از رگرسیون چند متغیره استفاده گردید و مجموعاً ۹ مشخصه اقلیمی و فیزیوگرافی جهت تهیه مدل‌ها مورد تایید قرار گرفت. نتایج تحلیل منطقه‌ای نشان داد که بارندگی متوسط سالیانه، شیب متوسط حوزه، فاکتور شکل حوزه، ارتفاع متوسط حوزه و شیب متوسط آبراهه اصلی از مهمترین عوامل موثر بر خشکسالی هیدرولوژیک در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. نتایج این تحقیق برای مطالعات و برنامه‌ریزی منابع آب و احداث پروژه‌های آبی از قبیل سد، نیروگاه و تامین آب کشاورزی و شهری حائز اهمیت بوده و گامی مفید در راستای برنامه جامع خشکسالی و مدیریت بحران می‌باشد.

واژگان کلیدی: خشکسالی هیدرولوژیک، شدت خشکسالی و مدت آن، تحلیل فراوانی منطقه‌ای، دوره‌های خشک، گشتاورهای خطی، رگرسیون چند متغیره، حوزه آبخیز دریای خزر.

فصل اول کلیات

۱-۱ مقدمه

بشر از گذشته‌های دور با بلایای طبیعی روبرو بوده و اثرات نامطلوب آن را بر زندگی خود مشاهده کرده است. از جمله این بلایای طبیعی می‌توان به خشکسالی‌های طولانی، سیلاب‌های تاریخی^۱ و موارد دیگری از قبیل زمین‌لرزه و ... اشاره نمود [۲۵]. یکی از مسائل چالش برانگیز قرن حاضر مسئله تغییر اقلیم و بروز پدیده‌های سیل و خشکسالی در چند دهه اخیر است که مورد توجه محققین قرار گرفته است. برگزاری نشست‌ها و کنفرانس‌های متعدد داخلی و خارجی در این زمینه دال بر این مدعاست. هیئت بین‌المللی تغییر اقلیم سومین گزارش خود را در زمینه تغییر اقلیم و اثرات آن بر منابع آب منتشر کرده است [۱۰۰].

افزایش جمعیت بر روی کره زمین و همچنین افزایش گازهای آلاینده در جو و بهره‌برداری‌های بسیار نامطلوب از منابع طبیعی تجدیدشونده حوزه‌های آبخیز، رفتار هیدرولوژیکی حوزه را به سمت خودتخریبی و دور نمودن عملکرد آن از مطلوب‌های انسان نیازمند سوق می‌دهد. از جمله آنها وقوع سیلاب‌هایی با دبی بالاتر (به دلیل افزایش ضریب رواناب)، به هم خوردن مقدار سالانه نزولات جوی و یا تغییر توزیع‌های زمانی و مکانی مقدار نزولات جوی می‌باشد. بنابراین منابع جهانی آب حساسیت بسیار بالایی را به تغییرات و نوسانات اقلیمی دارد [۱۶۱]. کاهش میزان بارندگی و افزایش دما هر یک به تنهایی و یا به کمک هم می‌توانند موجب خشکسالی شوند [۱۲۶].

خشکسالی یکی از مهمترین بلایای طبیعی در کشور ما می‌باشد که به دلیل شرایط جغرافیایی کشور احتمال وقوع آن در همه نقاط کشور در شرایط مختلف وجود دارد. آگاهی از احتمال وقوع پدیده خشکسالی به ویژه در مناطقی

^۱ -Paleo Floods

که آسیب پذیری بیشتری نسبت به خشکسالی دارند از اهمیت زیادی برخوردار است. از آنجایی که خشکسالی دارای یک اثر ممتد و تدریجی می‌باشد در دوره زمانی نسبتاً طولانی رخ می‌دهد و پارامترهایی مثل دمای بالا و رطوبت نسبی و باد شدید معمولاً با این پدیده همراه می‌شوند و بر شدت آن می‌افزایند، بایستی با ایجاد طرح‌های آمادگی برای مدیریت آن، تاحدی از مشکلات ناشی از آن کاست [۳۸]. بنابراین خشکسالی می‌تواند به عنوان یک پدیده اقلیمی حدی در نظر گرفته شود که خسارات معنی‌داری را هم در محیط طبیعی و هم در زندگی انسان موجب می‌شود [۱۲۷]. بنابراین شناخت ویژگی‌های خشکسالی، عنصر اساسی در مدیریت بهینه طرح‌های خشکسالی است [۱۵۷].

خشکسالی دارای سه ویژگی مهم است که در اغلب مطالعات به آن‌ها پرداخته می‌شوند که شامل شدت، مدت و فراوانی وقوع یا احتمال وقوع خشکسالی هستند. در اغلب تحقیقات انجام شده در مورد خشکسالی، فقط به یکی از این ابعاد آن هم در مقیاس محلی و نقطه‌ای پرداخته شده است و معمولاً دوره برگشت خشکسالی در مقیاس ناحیه‌ای برآورد نشده است. تعیین مناطقی که به لحاظ ویژگی‌های خشکسالی به یکدیگر شبیه هستند نیز از مطالعاتی است که در مورد خشکسالی‌ها به ندرت انجام شده است. از آنجا که خشکسالی معمولاً از یک ناحیه کوچک آغاز شده و با حرکتی بطئی به نواحی دیگر سرایت می‌کند، آگاهی از مناطقی که ویژگی‌های خشکسالی یکسانی به لحاظ شدت و مدت و طول دوره آماری دارند به مدیران و برنامه‌ریزان کمک می‌کند در صورت مشاهده شواهد آغاز خشکسالی در یک ناحیه، بلافاصله در مناطق مشابه به دنبال شاهد خشکسالی بوده و مدیریت خشکسالی را در هر دو مکان آغاز کنند و با توجه به یکسان بودن ویژگی‌های دو منطقه، مدیریت خشکسالی را به طور هماهنگ و یکنواخت در این نواحی انجام دهند [۳۸].

در چند دهه گذشته محققین و سازمان‌های مختلف مطالعات زیادی برای تحلیل احتمال وقوع خشکسالی‌های شدید انجام داده‌اند که هدف آنها تحلیل ریسک خشکسالی در مناطق مختلف بوده است [۵۰]. با توجه به اینکه تنها کاهش بارندگی نمی‌تواند گویای خشکسالی در یک منطقه باشد و بایستی بارش موثر در نظر گرفته شود و اینکه خشکسالی هیدرولوژیک بخش کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و باعث وارد آمدن خسارات جبران‌ناپذیر به این بخش می‌گردد، اهمیت مطالعه خشکسالی هیدرولوژیک نسبت به دیگر خشکسالی‌ها نمایان می‌گردد [۴۱]. خشکسالی هیدرولوژیک با کاهش قابل توجه آب در دسترس در همه اشکال آن در چرخه هیدرولوژیکی در یک سرزمین تعریف می‌شود. این اشکال در متغیرهای متنوع هیدرولوژیکی مانند جریان رودخانه‌ای (مشمول بر آب حاصل از برف و جریان بهاری)، سطح دریاچه و مخزن و همچنین سطح آب‌های زیرزمینی منعکس می‌شوند. در بین این متغیرها جریان رودخانه‌ای از لحاظ مقدار آب به مراتب یک متغیر بسیار مهم بوده و یک متغیر کلیدی برای بیان کردن منابع آب سطحی می‌باشد. از این رو خشکسالی هیدرولوژیک به کاهش و کسری جریان رودخانه‌ای نسبت به حالت طبیعی بستگی دارد [۱۳۴].

یکی از روش‌های پیش‌بینی خشکسالی تحلیل فراوانی است، گرچه به عقیده برخی از محققان پیشگیری و ممانعت کامل از وقوع کمبود آب ممکن نیست ولی با برآزش توزیع احتمال مناسب بر داده‌های یک رودخانه می‌توان پیشامد متناظر با احتمال وقوع یا دوره بازگشت خاصی را تعیین نمود و با اتخاذ تدابیر مدیریتی و اجرای برنامه‌های مقابله با