

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرجان
دانشکده مهندسی آب و خاک

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc.)
رشته مهندسی منابع آب

ارزیابی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی

تحقیق و نگارش:

محمد قبائی سوق

استاد راهنما:

دکتر ابوالفضل مساعدی

اساتید مشاور:

دکتر موسی حسام

دکتر ابوطالب هزارجریبی

اسفند ماه ۱۳۸۹

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به موارد ذیل متعهد می شوند:

- ۱) قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.
- ۲) در انتشار نتایج پایان نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
- ۳) انتشار نتایج پایان نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب محمد قبائی سوق دانشجوی رشته مهندسی منابع آب مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می شوم.



تقدیم بہ

استاد ارجمندم

دکتر ابوالفضل مسعودی

بہ پاس راہنمائی ہامی بی درینخ و مہربانی ہامی بی دروغش

پاسکزاری

منت بی حد، شکر بی حد و پاس بی قیاس خدایی که زبان را در گفتار انسان به ودیعه نهاد تا بتوانم قدردان زحمات تمام کسانی باشم که به نحوی مراد انجام این امریاری نموده اند. در این مسیر هر کس به فراخور شرایطش حرکتی را آغاز می نماید باشد که در دقت رایام به روزگار بماند و به یادگار بماند از اساتید مشهور جناب آقای دکتر موسی حسام و دکتر ابوطالب هزارجریبی کمال شکر را دارم. از جناب آقای دکتر امیر احمد دهبانی و جناب آقای دکتر مهدی ذاکری نیاب خاطر تقبل زحمت داوری این تحقیق و از جناب آقای دکتر زینلی که مدیریت برگزاری جلسه دفاعیه را به عنوان نمانده می تحسینات تکمیلی بر عمده دارند قدردانی می نمایم. از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر دهبانی، دکتر ظهیری، دکتر مفتح و دکتر شریفان که در طی این دوره حق بزرگی برگردان من داشتند مهربانانه پاسکزارم از پدر و مادر محنتی نپذیرم که مهربانانه هر چرک پیشانیان نشاندی شکست شکست هست به پاس وقتی که از آن یاد نیند و هشتم صمیمانه پاسکزاری می نمایم. از کاکلنان محترم سازمان هواشناسی کشور که داده های مورد نیاز این پژوهش را به آسانی در اختیار قرار دادند، کمال شکر را دارم از خانم باطوفانی، نبی بخش، مهابرانی، حسینی، شهابی و آقایان ملک نژاد، علی خادمی و محسنی که در طی این مدت افتخار همراهمان را داشته ام صمیمانه پاسکزاری می نمایم. از همه ی دوستانم در خوابگاه که بی شک در حق من مهربانی روا داشتند و روزهای سخت پیمان نامه دکناشان شیرین می نمود کمال پاسکزاری را دارم.

دیوار زندگی رازین کونه یادگار ان

پیش از من و تو بسیار بودند و نقش بستند

تا در زمانه باقی است آواز باد و باران

این نغمه ی محبت بعد از من و تو ماند

چکیده

خشکسالی سیمای موقت اقلیمی یک ناحیه است و با خشکی که به وضعیت دائمی کمبود آب در یک ناحیه اطلاق می‌شود، متفاوت است. به‌منظور پایش خشکسالی از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود که ممکن است نتایج متفاوتی را به‌همراه داشته باشند. در این تحقیق، به‌منظور ارزیابی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی و ارائه روشی جدید، از آمار پارامترهای هواشناسی ۶ ایستگاه سینوپتیک مشهد، گرگان، تهران، تبریز، کرمانشاه و شیراز در یک دوره‌ی آماری ۵۰ ساله از ابتدای سال آبی ۱۹۵۷-۵۸ تا ۲۰۰۶-۰۷ استفاده شده‌است. پس از انجام آزمون‌های آماری همگنی (من-ویتنی)، استقلال و ایستایی (والد-ولفویتز) و داده‌ی پرت (گروز-بک) روی داده‌های بارش سالیانه، ایستگاه سینوپتیک گرگان به‌علت ناهمگنی داده‌های بارش از ادامه بررسی‌ها حذف گردید. سپس جهت ارزیابی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی پس از بررسی اولیه‌ی شاخص‌های مختلف، ۸ شاخص RAI, SIAP, DI, PN, SPI, CZI, ZSI و RDI برای ادامه انجام این تحقیق، انتخاب گردید. با توجه به نوع کمبود پارامترهای هواشناسی (ساعات آفتابی، رطوبت نسبی و سرعت باد)، مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل مورد نیاز شاخص RDI از ۱۱ معادله‌ی تجربی و تخمینی (RDI (Select)) محاسبه و با نتایج روش پیش‌فرض تورنت‌وایت (RDI (TW)) مقایسه گردید. هم‌چنین با به‌کارگیری مناسب‌ترین تابع توزیع در شاخص‌های RDI و SPI و مقایسه با تابع‌های توزیع پیش‌فرض محاسبه‌ی این شاخص‌ها (به ترتیب توزیع گاما و توزیع لوگ‌نرمال)، با استفاده از اصل انتقال هم‌احتمال، شاخص‌های مذکور به شاخص‌های RDI* و SPI* (Select) اصلاح گردیدند. در این تحقیق روش‌های موجود جهت انتخاب شاخص مناسب ارزیابی و به‌منظور رفع نواقص آن‌ها، به کمک ۵۰ متغیر اقلیمی مرتبط با بارش، تبخیر و تعرق و روزهای بارانی روش چندمعرفه‌ی جدیدی مبتنی بر سطوح آستانه‌ی چانگ و مدل اسکالوگرام جهت شناسایی سال‌های خشکسالی و ترسالی تاریخی ارائه گردید. سپس با معیار قرار دادن سال‌های مذکور به‌عنوان خشکسالی‌ها و ترسالی‌های تاریخی به انتخاب شاخص مناسب با استفاده از معیار آماری پیشنهاد شده با عنوان Total Accuracy (TA) اقدام گردید. در سه ایستگاه سینوپتیک مشهد، تهران و شیراز شاخص RDI (Select)* به ترتیب با TA برابر با ۰/۶۱، ۰/۵۱ و ۰/۵۱، در ایستگاه سینوپتیک تبریز سه شاخص SPI*، CZI و ZSI با TA برابر با ۰/۸۸ و در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه شاخص CZI با TA برابر با ۰/۶۴ به‌عنوان شاخص‌های منتخب برگزیده شدند. بررسی ارتباط بین سال‌های وقوع شدیدترین ترسالی و خشکسالی‌های تاریخی با سال‌های وقوع کمینه و بیشینه‌ی مقدار بارش نشان داد که همیشه کم‌بارش‌ترین یا پر بارش‌ترین سال‌ها، مقارن با وقوع شدیدترین خشکسالی یا ترسالی نمی‌باشند. هم‌چنین با استفاده از پارامترهای اقلیمی مجموع تبخیر و تعرق پتانسیل، تعداد روزهای بارانی و مقدار بارش در هر یک از فصل‌های پائیز، زمستان و بهار، در مدل اسکالوگرام شاخص جدیدی برای پایش دوره‌های خشکسالی گندم ارائه گردید. در مدل اسکالوگرام ارائه شده برخلاف روش‌های دیگر تنها میزان بارش مبنای خشکسالی در نظر گرفته نشده‌است بلکه عوامل دیگر نظیر روزهای بارانی، تبخیر و تعرق و خصوصاً توزیع زمانی بارش، نیز در نظر گرفته شدند.

کلیدواژه‌ها: شاخص‌های خشکسالی، تبخیر و تعرق پتانسیل، انتقال هم‌احتمال، اسکالوگرام، توزیع‌های احتمالاتی، ایران

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه و کلیات

۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- کلیات
۳	۱-۲-۱- اثرات خشکسالی‌های دهه‌های اخیر بر مناطق مختلف دنیا
۳	۱-۲-۱-۱- آمریکای شمالی
۴	۱-۲-۱-۲- ایران
۵	۲-۲-۱- تعریف خشکسالی
۶	۳-۲-۱- انواع خشکسالی
۱۰	۴-۲-۱- خشکسالی به‌عنوان مهم‌ترین پدیده‌ی مخاطره‌آمیز طبیعی
۱۱	۵-۲-۱- تعریف برخی از مفاهیم خشکسالی
۱۲	۱-۵-۲-۱- طول دوره‌ی خشکسالی
۱۲	۲-۵-۲-۱- مجموع کمبودها
۱۲	۳-۵-۲-۱- میانگین کمبودها
۱۳	۴-۵-۲-۱- فراوانی خشکسالی
۱۳	۵-۵-۲-۱- وسعت منطقه‌ی خشکسالی
۱۳	۶-۲-۱- پایش خشکسالی
۱۳	۱-۶-۲-۱- روش‌های پایش خشکسالی
۱۴	۲-۶-۲-۱- انتخاب دوره‌ی زمانی جهت ارزیابی شاخص‌های پایش خشکسالی هواشناسی
۱۴	۷-۲-۱- شاخص‌های خشکسالی
۱۷	۸-۲-۱- اهداف تحقیق
۱۷	۹-۲-۱- فرضیات تحقیق
۱۷	۱۰-۲-۱- ساختار پایان‌نامه

فصل دوم: بررسی منابع

۲۰	۱-۲- مقدمه
۲۰	۲-۲- روند ارائه و تکامل شاخص‌های خشکسالی

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۲۱.....	۳-۲- انواع شاخص‌های خشکسالی
۲۱.....	۲-۳-۱- شاخص شدت خشکسالی پالمر (PDSI)
۲۲.....	۲-۳-۱-۱- برخی از مزایای شاخص پالمر
۲۳.....	۲-۳-۱-۲- برخی از معایب شاخص پالمر
۲۴.....	۲-۳-۲- شاخص ناهنجاری یا بی‌نظمی بارش (RAI)
۲۴.....	۲-۳-۳- شاخص دهک‌ها (DI)
۲۴.....	۲-۳-۴- شاخص رطوبت محصول (CMI)
۲۵.....	۲-۳-۵- شاخص ذخیره‌ی آب سطحی (SWSI)
۲۶.....	۲-۳-۶- شاخص بارش استاندارد شده (SPI)
۲۶.....	۲-۳-۶-۱- مهم‌ترین مزایای شاخص SPI
۲۷.....	۲-۳-۶-۲- مهم‌ترین معایب شاخص SPI
۲۸.....	۲-۳-۷- شاخص درصد نرمال (PN)
۲۹.....	۲-۳-۸- شاخص خشکسالی رطوبت خاک (SMDI)
۲۹.....	۲-۳-۹- شاخص خشکسالی محصول ویژه (CSDI)
۳۰.....	۲-۳-۱۰- شاخص بارش سراسری (RI)
۳۰.....	۲-۳-۱۱- شاخص نمره‌ی Z (ZSI)
۳۰.....	۲-۳-۱۲- شاخص خشکسالی مؤثر (EDI)
۳۲.....	۲-۳-۱۳- شاخص زیرل
۳۲.....	۲-۳-۱۴- شاخص سطح آب استاندارد شده (SWI)
۳۳.....	۲-۳-۱۵- شاخص (RDI)
۳۳.....	۲-۳-۱۶- شاخص‌های کمبود رطوبت خاک (SMDI) و کمبود تبخیر و تعرق (ETDI)
۳۴.....	۲-۳-۱۷- شاخص رواناب استاندارد شده (SRI)
۳۴.....	۲-۳-۱۸- شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI)
۳۵.....	۲-۳-۱۹- شاخص کمبود تعرق روزانه (DTx)
۳۵.....	۲-۴- مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی شاخص‌های خشکسالی
۳۵.....	۲-۴-۱- پایش خشکسالی

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۳۵	۲-۴-۱-۱- سوابق تحقیق خارجی برای پایش خشکسالی.....
۳۷	۲-۴-۱-۲- سوابق تحقیق داخلی برای پایش خشکسالی.....
۴۰	۲-۴-۲- انتخاب شاخص مناسب خشکسالی.....
۴۰	۲-۴-۱-۲- سوابق تحقیق خارجی جهت انتخاب شاخص مناسب.....
۴۱	۲-۴-۲-۲- سوابق تحقیق داخلی جهت انتخاب شاخص مناسب.....
۴۳	۲-۴-۳- مدل‌های چندمعرفه در پایش خشکسالی.....
۴۶	۲-۴-۴- روش‌های مختلف برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل.....
۴۷	۲-۵- خلاصه.....

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۵۰	۳-۱- مقدمه.....
۵۰	۳-۲- موقعیت ایستگاه‌های مورد بررسی.....
۵۰	۳-۲-۱- موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی کشور ایران.....
۵۱	۳-۲-۲- موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی ایستگاه‌های مورد بررسی.....
۵۴	۳-۲-۲-۱- ایستگاه سینوپتیک مشهد.....
۵۴	۳-۲-۲-۲- ایستگاه سینوپتیک گرگان.....
۵۴	۳-۲-۲-۳- ایستگاه سینوپتیک تهران.....
۵۴	۳-۲-۲-۴- ایستگاه سینوپتیک تبریز.....
۵۵	۳-۲-۲-۵- ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه.....
۵۵	۳-۲-۲-۶- ایستگاه سینوپتیک شیراز.....
۵۵	۳-۲-۳- نمودارهای اقلیمی ایستگاه‌های مورد بررسی.....
۵۶	۳-۲-۳-۱- سیستم ترنت‌وایت.....
۵۶	۳-۲-۳-۲- نمودار آمبروترمیک.....
۵۶	۳-۳- بازسازی داده‌های ناقص در ایستگاه‌های مورد مطالعه.....
۵۷	۳-۴- آزمون‌های آماری جهت آماده‌سازی آمار و اطلاعات.....
۵۷	۳-۴-۱- معیارها و آزمون‌های پایه‌ای تحلیل فراوانی.....

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۵۷.....	۳-۱-۱- تصادفی بودن.....	
۵۸.....	۳-۱-۲- استقلال و آزمون استقلال و ایستایی.....	
۵۸.....	۳-۱-۳- همگنی و آزمون همگنی.....	
۵۹.....	۳-۱-۴- ایستایی، روند، جهش و آزمون ایستایی.....	
۶۰.....	۳-۱-۵- داده‌ی پرت.....	
۶۰.....	۳-۲-۴- آزمون‌های انجام شده روی داده‌های بارندگی سالیانه ایستگاه‌های مورد بررسی.....	
۶۰.....	۳-۲-۱- آزمون همگنی (ایستایی و جهش) من-وینتی برای نمونه‌های بزرگ.....	
۶۱.....	۳-۲-۲- آزمون استقلال و ایستایی (روند) والد-ولفویتر (W-W).....	
۶۲.....	۳-۲-۳- آزمون یافتن داده پرت گرویز- بک (G-B).....	
۶۲.....	۳-۵- تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع.....	
۶۲.....	۳-۵-۱- اهمیت تبخیر و تعرق.....	
۶۳.....	۳-۵-۲- فرآیند تبخیر و تعرق.....	
۶۳.....	۳-۵-۳- روش‌های برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل (ET _o).....	
۶۳.....	۳-۵-۴- لزوم به‌کارگیری معادلات مختلف جهت برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل.....	
۶۵.....	۳-۵-۵- معادلات برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل.....	
۶۵.....	۳-۵-۱- روش محاسبه پارامترهای معادلات ET _o	
۶۸.....	۳-۵-۲- گروه‌بندی معادلات مختلف.....	
۶۹.....	۳-۵-۶- محاسبه‌ی تبخیر و تعرق با استفاده از روش منتخب.....	
۶۹.....	۳-۶-۱- واسنجی معادلات ET _o در دوره‌ی آماری ۱۹۹۰ الی ۲۰۰۳.....	
۶۹.....	۳-۶-۲- تعیین میزان کارایی عمل واسنجی معادلات تجربی و تخمینی.....	
۷۰.....	۳-۶-۳- آماره‌های ارزیابی معادلات ET _o و در دوره‌ی صحت‌سنجی.....	
۷۱.....	۳-۶- شاخص‌های خشکسالی مورد بررسی.....	
۷۱.....	۳-۶-۱- شاخص معیار بارندگی سالیانه (SIAP).....	
۷۳.....	۳-۶-۲- شاخص دهک‌ها (DI).....	
۷۳.....	۳-۶-۳- شاخص درصد نرمال (PN).....	
۷۳.....	۳-۶-۴- شاخص ناهنجاری بارندگی (RAI).....	

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۷۴	۳-۶-۵- شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI).....
۷۶	۳-۶-۶- شاخص Z چینی (CZI).....
۷۷	۳-۶-۷- شاخص Z-Score (ZSI).....
۷۸	۳-۶-۸- شاخص RDI.....
۷۹	۳-۷-۷- برخی از تعاریف آماری.....
۷۹	۳-۷-۱- تابع چگالی احتمال.....
۸۰	۳-۷-۲- قضیه‌ی حد مرکزی.....
۸۰	۳-۷-۳- تقریب توزیع دو جمله‌ای توسط نرمال.....
۸۰	۳-۷-۴- اصل انتقال هم‌احتمال.....
۸۱	۳-۸-۸- برازش توابع توزیع احتمال.....
۸۱	۳-۸-۱- تحلیل فراوانی وقایع.....
۸۳	۳-۸-۲- آزمون‌های نیکوئی برازش.....
۸۴	۳-۹-۹- اصلاح شاخص‌های SPI و RDI.....
۸۴	۳-۹-۱- اصلاح شاخص SPI بر اساس انتخاب بهترین تابع توزیع.....
۸۵	۳-۹-۲- اصلاح شاخص RDI.....
۸۵	۳-۹-۲-۱- ارزیابی نقش روش‌های مختلف محاسبه‌ی تبخیر و تعرق پتانسیل در محاسبه‌ی شاخص RDI.....
۸۶	۳-۹-۲-۲- ارزیابی نقش برازش توابع توزیع مختلف در محاسبه‌ی شاخص‌های RDI (TW) و RDI (Select).....
۸۶	۳-۱۰-۱- انتخاب شاخص مناسب خشکسالی.....
۸۶	۳-۱۰-۱-۱- انتخاب شاخص مناسب بر اساس روش خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۲).....
۸۷	۳-۱۰-۲- انتخاب شاخص مناسب بر اساس روش استینمن (۲۰۰۳).....
۸۸	۳-۱۰-۲-۱- حداقل مجموع اختلاف با شرایط نرمال.....
۸۸	۳-۱۰-۲-۲- ماکزیمم اختلاف هر شاخص با شرایط نرمال.....
۸۸	۳-۱۰-۲-۳- حداقل مجموع اختلاف با شرایط نرمال با در نظر گرفتن وضعیت رطوبتی.....
۸۸	۳-۱۱-۱- مدل پایش چندمعرفه‌ی اسکالوگرام.....
۸۹	۳-۱۱-۱-۱- مراحل طراحی مدل اسکالوگرام.....
۸۹	۳-۱۱-۱-۱- تعیین عوامل اقلیمی مؤثر بر خشکسالی.....

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۸۹.....	۳-۱۱-۲- انجام محاسبات آماری.....
۹۰.....	۳-۱۱-۳- مرحله‌ی ارزش‌گذاری.....
۹۰.....	۳-۱۱-۴- مرحله‌ی رتبه‌بندی.....
۹۰.....	۳-۱۱-۲- معایب مدل‌های اسکالوگرام بررسی شده.....
۹۱.....	۳-۱۲- انتخاب شاخص مناسب بر اساس سطوح آستانه‌ی چانگ و مدل اسکالوگرام.....
۹۱.....	۳-۱۲-۱- ارزیابی شاخص مناسب از طریق مقایسه با خشکسالی‌های تاریخی.....
۹۲.....	۳-۱۲-۲- تعیین سال‌های ترسالی و خشکسالی با طبقه‌های شدید و بسیار شدید.....
۹۲.....	۳-۱۲-۳- انتخاب متغیرهای اقلیمی.....
۹۴.....	۳-۱۲-۴- تعیین نوع تأثیر متغیرهای اقلیمی انتخابی بر خشکسالی.....
۹۴.....	۳-۱۲-۵- تعیین سطوح آستانه در معرف‌های خشکسالی.....
۹۵.....	۳-۱۲-۶- معیارهای آماری انتخاب شاخص مناسب.....
۹۶.....	۳-۱۳- مدل جدید اسکالوگرام برای گیاه زراعی گندم.....
۹۷.....	۳-۱۳-۱- طراحی مدل اسکالوگرام جدید.....
۹۷.....	۳-۱۳-۲- اصلاح معایب مدل‌های اسکالوگرام پیشین.....
۹۸.....	۳-۱۳-۱- تصحیح سطوح آستانه‌ی طیف‌های ارزشی.....
۹۸.....	۳-۱۳-۲- تعیین وزن عوامل اقلیمی مؤثر بر خشکسالی.....

فصل چهارم: نتایج و بحث

۱۰۴.....	۴-۱- مقدمه.....
۱۰۴.....	۴-۲- نتایج نمودارهای اقلیمی ایستگاه‌های مورد بررسی.....
۱۰۴.....	۴-۲-۱- ایستگاه سینوپتیک مشهد.....
۱۰۵.....	۴-۲-۲- ایستگاه سینوپتیک گرگان.....
۱۰۵.....	۴-۲-۳- ایستگاه سینوپتیک تهران.....
۱۰۵.....	۴-۲-۴- ایستگاه سینوپتیک تبریز.....
۱۰۶.....	۴-۲-۵- ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه.....
۱۰۶.....	۴-۲-۶- ایستگاه سینوپتیک شیراز.....

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۳-۴- نتایج بازسازی داده‌های ناقص با استفاده از روش نسبت‌ها.....	۱۱۳
۴-۴- نتایج آزمون‌های آماری.....	۱۱۴
۴-۴-۱- نتایج آزمون همگنی من- ویتنی.....	۱۱۴
۴-۴-۳- نتایج آزمون گروز- بک (G.B) جهت تعیین داده‌های پرت.....	۱۱۵
۴-۵- نتایج تبخیر و تعرق پتانسیل.....	۱۱۶
۴-۵-۱- نتایج واسنجی معادلات ET_0 در دوره‌ی آماری ۱۹۹۰ الی ۲۰۰۳.....	۱۱۶
۴-۵-۲- نتایج ارزیابی معادلات ET_0 واسنجی شده در دوره‌ی صحت‌سنجی ۲۰۰۴ الی ۲۰۰۷.....	۱۱۷
۴-۵-۳- ارزیابی تأثیر عمل واسنجی بر کارایی معادلات گروه‌های سه‌گانه.....	۱۱۹
۴-۵-۴- محاسبه‌ی سری داده‌های تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع.....	۱۲۱
۴-۶- نتایج اصلاح شاخص‌های RDI و SPI	۱۲۱
۴-۶-۱- نتایج اصلاح شاخص SPI بر اساس انتخاب مناسب‌ترین تابع توزیع.....	۱۲۲
۴-۶-۲- نتایج اصلاح شاخص RDI	۱۲۵
۴-۶-۱-۱- نتایج ارزیابی نقش روش‌های مختلف محاسبه‌ی تبخیر و تعرق پتانسیل در محاسبه‌ی شاخص RDI	۱۲۵
۴-۶-۲-۲- نتایج ارزیابی نقش برازش توابع توزیع مختلف در محاسبه‌ی شاخص‌های $RDI(TW)$	۱۳۰
۴-۶-۲-۳- نتایج ارزیابی نقش برازش توابع توزیع مختلف در محاسبه‌ی شاخص $RDI(Select)$	۱۳۱
۴-۷- نتایج انتخاب شاخص مناسب.....	۱۳۶
۴-۷-۱- نتایج انتخاب شاخص مناسب بر اساس روش خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۲).....	۱۳۶
۴-۷-۲- نتایج انتخاب شاخص مناسب بر اساس روش استینمن (۲۰۰۳).....	۱۳۷
۴-۷-۳- نتایج انتخاب شاخص مناسب بر اساس سطوح آستانه‌ی چانگ و مدل چندمعرفه‌ی اسکالوگرام.....	۱۴۸
۴-۷-۳-۱- نتایج استخراج دوره‌های ترسالی و خشکسالی تاریخی در ایستگاه‌های مورد بررسی.....	۱۴۸
۴-۷-۳-۲- انتخاب شاخص مناسب بر اساس سال‌های ترسالی و خشکسالی تاریخی استخراج شده.....	۱۵۴
۴-۸- نتایج حاصل از شاخص جدید خشکسالی مبتنی بر مدل چندمعرفه‌ی اسکالوگرام.....	۱۶۱
۴-۸-۱- نتایج وزن عوامل اقلیمی.....	۱۶۲
۴-۸-۲- نتایج توزیع‌های برازش یافته بر عوامل اقلیمی و طیف‌های ارزشی آن‌ها.....	۱۶۳

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱۶۷.....	۳-۸-۴- نتایج توزیع‌های برازش یافته بر ارزش عوامل اقلیمی.....
۱۶۷.....	۴-۸-۴- نتایج نهایی تعیین وضعیت‌های خشکسالی و ترسالی بر اساس مدل اسکالوگرام.....
۱۷۱.....	۵-۸-۴- تشریح برخی از نمونه‌های بررسی شده.....
۱۷۴.....	۶-۸-۴- امکان‌سنجی ارزیابی مدل‌های اسکالوگرام با استفاده از مقدار عملکرد گندم.....
۱۷۶.....	۷-۸-۴- نتیجه‌گیری مدل اسکالوگرام.....

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱۷۸.....	۱-۵- مقدمه.....
۱۷۸.....	۲-۵- نتیجه‌گیری.....
۱۷۸.....	۱-۲-۵- نتایج آزمون‌های آماری.....
۱۷۸.....	۲-۲-۵- نتایج معادلات مختلف برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل.....
۱۷۹.....	۳-۲-۵- نتایج حاصل از اصلاح شاخص‌های SPI و RDI.....
۱۷۹.....	۴-۲-۵- نتایج انتخاب شاخص مناسب خشکسالی.....
۱۸۲.....	۵-۲-۵- نتایج مدل اسکالوگرام.....
۱۸۳.....	۳-۵- پیشنهادات.....
۱۸۳.....	۱-۳-۵- پیشنهادات پژوهشی.....
۱۸۴.....	۲-۳-۵- پیشنهادات اجرایی.....

فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول ۱-۲	چگونگی تعیین طیف‌های ارزشی عوامل مؤثر در مدل اسکالوگرام.....	۴۴
جدول ۱-۳	برخی از خصوصیات جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی.....	۵۳
جدول ۲-۳	خلاهای آماری موجود در داده‌های بارش و دما طی سال‌های ۱۹۵۷ الی ۲۰۰۷ در ایستگاه‌های مورد بررسی.....	۵۷
جدول ۳-۳	برخی از نواقص پارامترهای هواشناسی مورد نیاز جهت استفاده از معادله F-P-M در ایستگاه‌های مورد بررسی.....	۶۵
جدول ۴-۳	روابط ریاضی و علایم اختصاری معادلات مختلف تجربی و تخمینی جهت برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع.....	۶۷
جدول ۵-۳	تقسیم‌بندی معادلات مختلف بر اساس پارامترهای هواشناسی مورد نیاز جهت محاسبه ET_0	۶۸
جدول ۶-۳	طبقات مختلف شدت‌های خشکسالی و ترسالی در شاخص‌های مورد بررسی.....	۷۲
جدول ۷-۳	درصد احتمال فراوانی طبقه‌های مختلف خشکسالی در توزیع نرمال (ساکریس و همکاران، ۲۰۰۶).....	۸۷
جدول ۸-۳	چگونگی تعیین طیف‌های ارزشی عوامل اقلیمی مؤثر بر تنش‌های خشکسالی.....	۹۰
جدول ۹-۳	شرح متغیرهای پیشنهادی مؤثر بر تنش‌های خشکسالی، جهت استخراج خشکسالی‌ها و ترسالی‌های تاریخی.....	۹۳
جدول ۱۰-۳	ضرایب گیاهی و طول مراحل مختلف رشد برای گیاه گندم در ایستگاه‌های مورد بررسی.....	۱۰۱
جدول ۱-۴	مقادیر بازسازی خلاهای آماری موجود در داده‌های بارش ماهیانه (میلی‌متر) طی سال‌های ۵۸-۱۹۵۷ تا ۲۰۰۶-۲۰۰۷ در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی.....	۱۱۳
جدول ۲-۴	مقادیر بازسازی خلاهای آماری موجود در داده‌های دمای میانگین ماهیانه (سانتی‌گراد) طی سال‌های ۵۸-۱۹۵۷ تا ۲۰۰۶-۲۰۰۷ در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی.....	۱۱۳
جدول ۳-۴	نتایج آزمون همگنی من-ویتنی در مورد داده‌های بارندگی در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی.....	۱۱۴
جدول ۴-۴	نتایج آزمون استقلال وایستایی (روند) والد-ولفویتز (W-W) در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی.....	۱۱۵
جدول ۵-۴	نتایج آزمون G.B جهت تعیین داده‌های پرت بارندگی در ایستگاه‌های مورد بررسی.....	۱۱۶
جدول ۶-۴	ضرایب رگرسیون خطی برای هریک از معادلات تجربی و تخمینی در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی.....	۱۱۸

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۷-۴ نتایج آماره‌های ارزیابی معادلات تجربی و تخمینی واسنجی شده در دوره‌ی صحت‌سنجی (۲۰۰۴ الی ۲۰۰۷).....	۱۱۸
جدول ۸-۴ نتایج برازش بهترین تابع توزیع بر داده‌های بارش سالیانه در شاخص SPI در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی.....	۱۲۴
جدول ۹-۴ مقایسه‌ی فراوانی طبقات خشکسالی SPI بر اساس توزیع آماری گاما و مناسب‌ترین توزیع آماری منتخب در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی.....	۱۲۵
جدول ۱۰-۴ مقایسه‌ی فراوانی طبقات خشکسالی شاخص RDI بر اساس برآورد تبخیر و تعرق از روش ترنت‌وایت ((RDI (TW)) و روش منتخب ((RDI (Select)).....	۱۳۰
جدول ۱۱-۴ نتایج حاصل از برازش بهترین تابع توزیع در شاخص RDI محاسبه شده از روش TW.....	۱۳۳
جدول ۱۲-۴ مقایسه‌ی فراوانی طبقات مختلف خشکسالی در شاخص‌های (RDI (TW) و RDI (TW)* بر اساس مناسب‌ترین توزیع آماری منتخب.....	۱۳۴
جدول ۱۳-۴ نتایج حاصل از برازش مناسب‌ترین تابع توزیع در شاخص RDI (Select).....	۱۳۵
جدول ۱۴-۴ مقایسه‌ی فراوانی طبقات مختلف خشکسالی در شاخص‌های RDI (Select) و RDI (Select)* بر اساس مناسب‌ترین توزیع آماری منتخب.....	۱۳۶
جدول ۱۵-۴ نتایج انتخاب بهترین شاخص بر اساس روش خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۲).....	۱۳۷
جدول ۱۶-۴ فراوانی هریک از وضعیت‌های خشکسالی بر اساس شاخص‌های خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک مشهد.....	۱۳۸
جدول ۱۷-۴ فراوانی هریک از وضعیت‌های خشکسالی بر اساس شاخص‌های خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک تهران.....	۱۴۰
جدول ۱۸-۴ فراوانی هریک از وضعیت‌های خشکسالی بر اساس شاخص‌های خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک تبریز.....	۱۴۲
جدول ۱۹-۴ فراوانی هریک از وضعیت‌های خشکسالی بر اساس شاخص‌های خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه.....	۱۴۴
جدول ۲۰-۴ فراوانی هر یک از وضعیت‌های خشکسالی بر اساس شاخص‌های خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک شیراز.....	۱۴۶