

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی کشاورزی  
(آبیاری و زهکشی)

بررسی و مقایسه شاخص های خشکسالی هواشناسی SPI و  
RDI در ایستگاههای منتخب سینوپتیک ایران

توسط:

حامد جمشیدی

استاد راهنما:

دکتر داور خلیلی

۱۳۸۸/۶/۱۱

موسسه اطلاع رسانی مرکز ملی برون  
تمسک مرکز

خرداد ماه ۱۳۸۸

۱۱۶۱۰۲

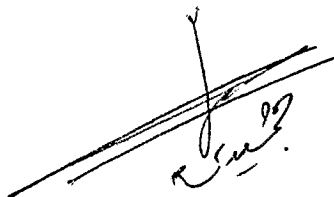
به نام خدا

## اظہارنامہ

اینجانب حامد جمشیدی (۸۵۱۰۰۸) دانشجوی رشته‌ی مهندسی کشاورزی گرایش آبپاشی و آبیاری در دانشکده‌ی کشاورزی اظہار می‌کنم که این پایان‌نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظہار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان‌نامه ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین‌نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: حامد جمشیدی

تاریخ و امضا: ۸۸/۳/۱۷



به نام خدا

بررسی و مقایسه شاخص های خشکسالی هواشناسی SPI و RDI در ایستگاههای منتخب  
سینوپتیک ایران

به وسیله ی:

حامد جمشیدی

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ  
درجه ی کارشناسی ارشد

در رشته ی:

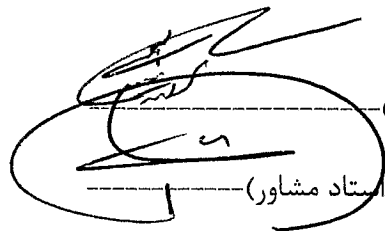
مهندسی آبیاری و زهکشی

دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته ی پایان نامه با درجه ی: عالی



دکتر داور خلیلی، دانشیار بخش مهندسی آب دانشگاه شیراز (استاد راهنما)

دکتر علی اکبر کامگار حقیقی، دانشیار بخش مهندسی آب دانشگاه شیراز (استاد مشاور)

دکتر شاهرخ زند پارسا، استادیار بخش مهندسی آب دانشگاه شیراز (استاد مشاور)

خرداد ماه ۱۳۸۸

فخست او گه؛

مهربان مهر بر گستره ای مهرش، بی مهری

مادر

و دیگر او گه؛

آینه دار رخساره قامتش، بخشیده ای هور

پدر

و آخر آنکه؛

پوچ و جودش، سر به سر سپاس

هن

## سپاسگزاری

سپاس یگانه ای که آموختن را آموخت تا از آموخته هایمان راز آفرینش را فرا گیریم. سپاس آفریننده عشق را و کسانی که آموختن را عشق می دانند. آنان که روشنای ردای علمشان، نردبان ناجی نادانی است. آنان که معلم میثاق مهرند و شکوفاگر شاخه های شباب اندیشه.

اکنون که با راهنماییهای اساتید گرانقدر، موفق به اتمام پایان نامه ی خود شده ام، هر چند باور دارم که زبان از بیان آنچه شایسته این عزیزان است قاصر است، بر خود واجب می دانم ابتدا از استاد راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر داور خلیلی کمال تشکر را داشته باشم که سخت کوشی در علم را از ثنیه های همکاری با ایشان فرا گرفتم و عمیقاً باور دارم که بی شک طی این مرحله از تحصیل بدون راهنماییهای ارزشمندشان ممکن نبود. استادی که به راستی به من اندیشیدن آموخت و به من یاد داد چگونه خط سبز ایشان را بپیمایم تا از کویر به دریا برسم.

همچنین از اساتید گرانقدرم جناب آقای دکتر علی اکبر کامگار حقیقی و دکتر شاهرخ زند پارسا که مرا مورد لطف خویش قرار داده و در بررسی و تصحیح این اثر کوشیده‌اند، قدردانی می‌نمایم. از زحمات بی دریغ تمامی اساتید گرانقدر که افتخار شاگردی آن ها را داشته ام، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از دوستان عزیزم مهندس چقا، مهندس نهضتی، مهندس رضائیان زاده، مهندس نیکیان، مهندس مهبد، مهندس تافته، کمال تشکر و سپاس گذاری را دارم و امیدوارم که در تمام مراحل زندگیشان موفق باشند. همچنین از همکاری دوستان عزیز مهندس کیانی، مهندس تبریزی، مهندس فرنود تشکر می‌کنم. در پایان از خداوند متعال برای تمام دوستان و عزیزان آرزوی طول عمر همراه با عزت و موفقیت می‌نمایم.

## چکیده

### در ایستگاه‌های RDI و SPI بررسی و مقایسه شاخص های خشکسالی هواشناسی منتخب سینوپتیک ایران

به وسیله‌ی :

حامد جمشیدی

خشکسالی یکی از بلاای طبیعی است که در مقایسه با سایر بلایا از نظر شدت، طول مدت، گسترش منطقه، خسارت های اقتصادی و اثرات بلند مدت آن از اهمیت چشمگیری برخوردار می باشد. هدف یک شاخص خشکسالی تعیین ساده و کمی ویژگی های اصلی از آن است که شامل شدت، تداوم، فراوانی و گستردگی مکانی می باشد. این تحقیق بر روی ۴۱ ایستگاه سینوپتیک که در بخش های مختلف از ایران قرار گرفته اند و دارای آماری بیش از ۳۰ سال می باشند انجام شد. به منظور پایش خشکسالی و تحلیل خصوصیات آن در ایستگاه های مورد نظر از شاخص های خشکسالی هواشناسی SPI و RDI بهره گرفته شد در طول این بررسی از داده های بارندگی و پارامترهای تبخیر- تعرق گیاه مرجع به روش پنمن- مونتیت طی دوره آماری ۱۹۶۷-۲۰۰۵ استفاده شد. در این تحقیق، ابتدا مقادیر شاخص های SPI و RDI برای سری های زمانی ۳، ۶ و سالانه برای تمامی ماههای سال در ایستگاه های مورد نظر محاسبه و سپس شدیدترین مقادیر این شاخص ها و زمان وقوع آنها در طول دوره آماری محاسبه شد. همچنین تداوم دوره های خشک با شدت های کمتر از ۱- محاسبه شد. علاوه بر آن تعداد دوره های خشک، بیشترین تداوم و زمان مربوط به آنها برای هر دو شاخص در سری های زمانی مختلف محاسبه شد. نتایج نشان داد که معمولا مقادیر خشکسالی با شدت های کوچکتر از ۲- در شاخص RDI در ماههای مشابه کمتر از شاخص SPI می باشد. همچنین تعداد ماههای با طبقه بندی خشکسالی بسیار شدید در شاخص RDI بیشتر از شاخص SPI بدست آمد در صورتی که فراوانی وقوع ماههای با شدت کوچکتر از ۰/۵- کمتر از شاخص SPI بدست آمد، در شدت های کمتر از ۱- در بعضی از ایستگاه ها مقادیر بالاتر فراوانی وقوع مربوط به شاخص RDI بود. نتایج این تحقیق حساسیت شاخص RDI را بیشتر از شاخص SPI نسبت به شرایط آب و هوایی نشان می دهد بطوری که نمی توانیم نقش تبخیر- تعرق در محاسبات خشکسالی را نادیده بگیریم. همچنین نتایج نشان داد که هر دو شاخص بطور مشابه رفتار می کنند ولی شاخص RDI به دلیل استفاده از پارامتر تبخیر - تعرق بالقوه گیاه مرجع در یک شرایط آب و هوایی حساس تر است. بر اساس یافته های از این تحقیق پیشنهاد می شود که از شاخص RDI به عنوان شاخص مناسبتر سیستم های پایش خشکسالی جهت برنامه ریزی و مدیریت منابع آب در ایران استفاده گردد.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱- مقدمه
۲	۱-۱- مقدمه
۴	۲-۱- مفهوم خشکسالی
۴	۱-۲-۱- انواع خشکسالی
۵	۳-۱- خشکسالی در ایران
۶	۴-۱- عوامل موثر بر خشکی (آب و هوا)
۶	۵-۱- ویژگیهای زمانی و مکانی خشکسالی
۸	۶-۱- هدف تحقیق
۱۰	فصل دوم: مروری بر پژوهشهای گذشته
۱۱	۲-۱- مروری بر پژوهش های گذشته
۱۶	فصل سوم: اصول نظری پژوهش
۱۷	۳-۱- مواد و روشها
۱۷	۱-۳- ایستگاه های سینوپتیک مورد مطالعه
۱۷	۲-۳- بررسی روند و همگنی داده ها
۱۸	۳-۳- بررسی استقلال داده ها
۱۹	۴-۳- بازسازی آمار و اطلاعات
۱۹	۵-۳- اقلیم های مختلف ایران
۲۱	۵-۳- شاخص های خشکسالی
۲۴	۶-۳- شاخص های محاسباتی بعد از دهه ۱۹۶۰
۲۴	۱-۶-۳- شاخص درصد نرمال (%N)
۲۴	۲-۶-۳- شاخص دهکها (DECILES)
۲۵	۳-۶-۳- شاخص شدت خشکسالی پالمر (PDSI)



۲۶	۳-۶-۴. شاخص تامین آب سطحی (SWSI)
۲۷	۳-۶-۵. شاخص احیاء خشکسالی (RDI)
۲۷	۳-۷-۷. شاخصهای مورد استفاده در تحقیق
۲۸	۳-۷-۱. شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI)
۳۳	۳-۷-۲. شاخص RDI
۳۴	۳-۸-۸. نحوه محاسبه شاخص های SPI و RDI
۳۴	۳-۸-۱. شاخص SPI
۳۶	۳-۸-۱-۱. محاسبه ریاضی نمایه SPI
۳۷	۳-۸-۲. شاخص RDI
۳۸	۳-۹-۹. محاسبه تبخیر-تعرق
۴۰	۳-۱۰-۱۰. متداول ترین روشهای محاسباتی تعیین تبخیر-تعرق
۴۰	۳-۱۰-۱. روش پنمن-مونتیت
۴۳	۳-۱۰-۲. روش هارگریوز-سامانی
۴۴	<b>فصل چهارم: نتایج و بحث</b>
۴۵	۴- نتایج و بحث
۴۵	۴-۱. معیار انتخاب ایستگاه های سینوپتیک
۴۸	۴-۲. آزمون های آماری
۵۰	۴-۳. تعیین ماههای خشک
۷۴	۴-۴. مقایسه شاخص های SPI و RDI
۲۱۴	<b>فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات</b>
۲۱۵	۵- نتیجه گیری
۲۱۷	<b>فصل ششم: منابع</b>
۲۱۸	۶- منابع
۲۲۴	<b>فصل هفتم: پیوست</b>

## فهرست شکل ها

- شکل ۳-۱- تبدیل تابع توزیع گاما به توزیع نرمال ۳۵
- شکل ۴-۱: موقعیت ایستگاه های سینوپتیک مورد مطالعه بر روی نقشه ایران ۴۸
- شکل ۴-۲: تغییرات مقادیر بارندگی سالانه نسبت به زمان و خط روند (آزمون MANN-KENDALL) در ایستگاه تبریز ۴۹
- شکل ۴-۳: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه آبادان ۵۳
- شکل ۴-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه اهواز ۵۳
- شکل ۴-۵: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه اراک ۵۴
- شکل ۴-۶: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه اصفهان ۵۴
- شکل ۴-۷: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه ایرانشهر ۵۵
- شکل ۴-۸: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه بابلسر ۵۵
- شکل ۴-۹: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه بم ۵۶
- شکل ۴-۱۰: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه بندر انزلی ۵۶
- شکل ۴-۱۱: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه بندر عباس ۵۷
- شکل ۴-۱۲: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه بندر لنگه ۵۷
- شکل ۴-۱۳: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه بوشهر ۵۸
- شکل ۴-۱۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه بیرجند ۵۸
- شکل ۴-۱۵: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه تربت حیدریه ۵۹
- شکل ۴-۱۶: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه تهران ۵۹
- شکل ۴-۱۷: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه چابهار ۶۰
- شکل ۴-۱۸: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه دزفول ۶۰
- شکل ۴-۱۹: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه رامسر ۶۱
- شکل ۴-۲۰: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه رشت ۶۱
- شکل ۴-۲۱: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه زابل ۶۲
- شکل ۴-۲۲: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه زاهدان ۶۲

- شکل ۲۳-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه زنجان ۶۳
- شکل ۲۴-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه سبزوار ۶۳
- شکل ۲۵-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه سقر ۶۴
- شکل ۲۶-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه سمنان ۶۴
- شکل ۲۷-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه شاهرود ۶۵
- شکل ۲۸-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه شهرکرد ۶۵
- شکل ۲۹-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه شیراز ۶۶
- شکل ۳۰-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه فسا ۶۶
- شکل ۳۱-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه قزوین ۶۷
- شکل ۳۲-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه کاشان ۶۷
- شکل ۳۳-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه کرمان ۶۸
- شکل ۳۴-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه کرمانشاه ۶۸
- شکل ۳۵-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه مشهد ۶۹
- شکل ۳۶-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه همدان نوزه ۶۹
- شکل ۳۷-۴: تعیین ماههای خشک با استفاده از نمودار جعبه ای در ایستگاه یزد ۷۰
- شکل ۳۸-۴: تقسیم بندی مناطق مختلف کشور از نظر اقلیم بارندگی با استفاده از روش های چند متغیره ۷۵
- شکل ۳۹-۴: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های SPI و RDI در ایستگاه اراک برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۷۸
- شکل ۴۰-۴: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های SPI و RDI در ایستگاه تهران برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۷۹
- شکل ۴۱-۴: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های SPI و RDI در ایستگاه زنجان برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۸۰
- شکل ۴۲-۴: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های SPI و RDI در ایستگاه شاهرود برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۸۱
- شکل ۴۳-۴: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های SPI و RDI در ایستگاه قزوین برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۸۲
- شکل ۴۴-۴: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های SPI و RDI در ایستگاه مشهد برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۸۳
- شکل ۴۵-۴: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های SPI و RDI در ایستگاه همدان نوزه برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۸۴

- شکل ۴-۴۶: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۸۵ بابلسر برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۴۷: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۸۶ بندرانزلی برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۴۸: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۸۷ رامسر برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۴۹: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۸۸ رشت برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۵۰: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه سفز  
 ۸۹ برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۵۱: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۹۰ کرمانشاه برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۵۲: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۹۱ اهواز برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۵۳: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۹۲ دزفول برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۵۴: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۹۳ شهرکرد برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۵۵: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۹۴ شیراز برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۵۶: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۹۵ اصفهان برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۵۷: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۹۶ آبادان برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۵۸: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه بم  
 ۹۷ برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۵۹: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۹۸ بوشهر برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۶۰: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه زابل  
 ۹۹ برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۶۱: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه  
 ۱۰۰ زاهدان برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.

- شکل ۴-۶۲: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه سمنان برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۰۱
- شکل ۴-۶۳: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه فسا برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۰۲
- شکل ۴-۶۴: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه کاشان برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۰۳
- شکل ۴-۶۵: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه کرمان برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۰۴
- شکل ۴-۶۶: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه یزد برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۰۵
- شکل ۴-۶۷: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه بیرانشهر برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۰۶
- شکل ۴-۶۸: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه چابهار برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۰۷
- شکل ۴-۶۹: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه بندرعباس برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۰۸
- شکل ۴-۷۰: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه بندرلنگه برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۰۹
- شکل ۴-۷۱: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه تهران برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۱۰
- شکل ۴-۷۲: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه تربت حیدریه برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۱۱
- شکل ۴-۷۳: مقایسه تغییرات شدت های خشکسالی شاخص های RDI و SPI در ایستگاه سبزوار برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۱۲
- شکل ۴-۷۴: مقایسه درصد وقوع فراوانی های خشکسالی با شدت های کمتر از ۰/۵- در دو شاخص RDI و SPI ۱۵۸
- شکل ۴-۷۵: تعداد ماههای با شدت های خشکسالی کوچکتر از ۲- با استفاده از شاخص های RDI و SPI در ایستگاه های مورد مطالعه ۱۷۹
- شکل ۴-۷۶: نمودار پراکنش شاخص های RDI و SPI در ایستگاه بندرانزلی برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۸۰
- شکل ۴-۷۷: نمودار پراکنش شاخص های RDI و SPI در ایستگاه اهواز برای سری های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۸۱

- شکل ۴-۷۸: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه اراک برای سری های زمانی  
 ۱۸۲ (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۷۹: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه بابلسر برای سری های زمانی  
 ۱۸۳ (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۸۰: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه بم برای سری های زمانی (A)  
 ۱۸۴ (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۸۱: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه بندرعباس برای سری های  
 ۱۸۵ زمانی (A) ۳ ماهه، (B) سالانه.
- شکل ۴-۸۲: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه بندرلنگه برای سری های  
 ۱۸۵ زمانی (A) ۳ ماهه، (B) سالانه.
- شکل ۴-۸۳: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه بیرجند برای سری های  
 ۱۸۶ زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۸۴: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه چابهار برای سری های زمانی  
 ۱۸۷ (A) ۳ ماهه، (B) سالانه.
- شکل ۴-۸۵: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه زابل برای سری های زمانی  
 ۱۸۷ (A) ۳ ماهه، (B) سالانه.
- شکل ۴-۸۶: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه دزفول برای سری های زمانی  
 ۱۸۸ (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۸۷: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه اصفهان برای سری های  
 ۱۸۹ زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۸۸: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه قزوین برای سری های زمانی  
 ۱۹۰ (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۸۹: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه همدان نوژه برای سری های  
 ۱۹۱ زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۹۰: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه ایرانشهر برای سری های  
 ۱۹۲ زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۹۱: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه کاشان برای سری های زمانی  
 ۱۹۳ (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۹۲: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه کرمان برای سری های زمانی  
 ۱۹۴ (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.
- شکل ۴-۹۳: نمودار پراکنش شاخص های **SPI** و **RDI** در ایستگاه کرمانشاه برای سری های  
 ۱۹۵ زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.

- شکل ۹۴-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه مشهد برای سری های زمانی  
 (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۹۶
- شکل ۹۵-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه رامسر برای سری های زمانی  
 (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۹۷
- شکل ۹۶-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه سبزوار برای سری های زمانی  
 (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۹۸
- شکل ۹۷-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه رشت برای سری های زمانی  
 (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۱۹۹
- شکل ۹۸-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه سقز برای سری های زمانی  
 (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۲۰۰
- شکل ۹۹-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه سمنان برای سری های زمانی  
 (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۲۰۱
- شکل ۱۰۰-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه شهرکرد برای سری های  
 زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۲۰۲
- شکل ۱۰۱-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه شاهرود برای سری های  
 زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۲۰۳
- شکل ۱۰۲-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه شیراز برای سری های زمانی  
 (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۲۰۴
- شکل ۱۰۳-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه تهران برای سری های زمانی  
 (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۲۰۵
- شکل ۱۰۴-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه تربت حیدریه برای سری  
 های زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۲۰۶
- شکل ۱۰۵-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه یزد برای سری های زمانی  
 (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۲۰۷
- شکل ۱۰۶-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه زاهدان برای سری های  
 زمانی (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۲۰۸
- شکل ۱۰۷-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه زنجان برای سری های زمانی  
 (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۲۰۹
- شکل ۱۰۸-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه آبادان برای سری های زمانی  
 (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۲۱۰
- شکل ۱۰۹-۴: نمودار پراکنش شاخص های **RDI** و **SPI** در ایستگاه بوشهر برای سری های زمانی  
 (A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه. ۲۱۱

شکل ۱۱۰-۴: نمودار پراکنش شاخص های SPI و RDI در ایستگاه فسا برای سری های زمانی

۲۱۲

(A) ۳ ماهه، (B) ۶ ماهه، (C) سالانه.



## فهرست جداول

۲۰	جدول ۳-۱: درصد مساحت اقلیمهای مختلف ایران به تفکیک استان
۲۱	جدول ۳-۲: جمع بندی وضعیت اقلیمی ایران
۲۲	جدول ۳-۳: شاخصهای خشکسالی
۲۳	جدول ۳-۳: ادامه از صفحه قبل
۲۵	جدول ۳-۴: طبقه بندی دهکها برای دوره های خشک و تر
۲۶	جدول ۳-۵: طبقه بندی شرایط اقلیمی بر اساس شاخص PDSI
۲۷	جدول ۳-۶: طبقه بندی شاخص احیاء خشکسالی (RDI)
۴۶	جدول ۴-۱: نام و مشخصات ایستگاه های سینوپتیک مورد مطالعه
۴۷	جدول ۴-۱: ادامه از صفحه قبل
۵۱	جدول ۴-۳: سال آماری مورد نظر برای ایستگاه های سینوپتیک مورد مطالعه
۵۲	جدول ۴-۳: ادامه از صفحه قبل
۷۱	جدول ۴-۴: شیب خطهای برازش داده شده بین روشهای پنمن-مونتیت و هارگریوز-سامانی
۷۲	جدول ۴-۴: ادامه از صفحه قبل
	جدول ۴-۵: مقادیر $R^2$ خطهای برازش داده شده بین روشهای پنمن-مونتیت و هارگریوز-سامانی
۷۳	سامانی
۷۴	جدول ۴-۵: ادامه از صفحه قبل
۷۵	جدول ۴-۶: مناطق دارای اقلیم بارندگی مشابه در ایران
	جدول ۴-۷: تداوم دوره های خشک با SPI های کوچکتر از ۱- با سری زمانی ۳ ماهه در ایستگاه های مختلف
۱۱۴	ایستگاه های مختلف
۱۱۵	جدول ۴-۷: ادامه از صفحه قبل
۱۱۶	جدول ۴-۷: ادامه از صفحه قبل
۱۱۷	جدول ۴-۷: ادامه از صفحه قبل
۱۱۸	جدول ۴-۷: ادامه از صفحه قبل

۱۱۹	جدول ۴-۷ : ادامه از صفحه قبل
	جدول ۴-۸ : تداوم دوره های خشک با SPI های کوچکتر از ۱- با سری زمانی ۶ ماهه در
۱۲۰	ایستگاه های مختلف
۱۲۱	جدول ۴-۸ : ادامه از صفحه قبل
۱۲۲	جدول ۴-۸ : ادامه از صفحه قبل
۱۲۳	جدول ۴-۸ : ادامه از صفحه قبل
۱۲۴	جدول ۴-۸ : ادامه از صفحه قبل
۱۲۵	جدول ۴-۸ : ادامه از صفحه قبل
۱۲۶	جدول ۴-۸ : ادامه از صفحه قبل
	جدول ۴-۹ : تداوم دوره های خشک با SPI های کوچکتر از ۱- با سری زمانی سالانه در
۱۲۷	ایستگاه های مختلف
۱۲۸	جدول ۴-۹ : ادامه از صفحه قبل
۱۲۹	جدول ۴-۹ : ادامه از صفحه قبل
۱۳۰	جدول ۴-۹ : ادامه از صفحه قبل
۱۳۱	جدول ۴-۹ : ادامه از صفحه قبل
۱۳۲	جدول ۴-۹ : ادامه از صفحه قبل
۱۳۳	جدول ۴-۹ : ادامه از صفحه قبل
۱۳۴	جدول ۴-۹ : ادامه از صفحه قبل
	جدول ۴-۱۰ : تداوم دوره های خشک با RDI های کوچکتر از ۱- با سری زمانی ۳ ماهه در
۱۳۶	ایستگاه های مختلف
۱۳۷	جدول ۴-۱۰ : ادامه از صفحه قبل
۱۳۸	جدول ۴-۱۰ : ادامه از صفحه قبل
۱۳۹	جدول ۴-۱۰ : ادامه از صفحه قبل
۱۴۰	جدول ۴-۱۰ : ادامه از صفحه قبل
۱۴۱	جدول ۴-۱۰ : ادامه از صفحه قبل
	جدول ۴-۱۱ : تداوم دوره های خشک با RDI های کوچکتر از ۱- با سری زمانی ۶ ماهه در
۱۴۲	ایستگاه های مختلف
۱۴۳	جدول ۴-۱۱ : ادامه از صفحه قبل
۱۴۴	جدول ۴-۱۱ : ادامه از صفحه قبل
۱۴۵	جدول ۴-۱۱ : ادامه از صفحه قبل

۱۴۶	جدول ۴-۱۱: ادامه از صفحه قبل
۱۴۷	جدول ۴-۱۱: ادامه از صفحه قبل
۱۴۸	جدول ۴-۱۱: ادامه از صفحه قبل
	جدول ۴-۱۲: تداوم دوره های خشک با RDI های کوچکتر از ۱- با سری زمانی سالانه در ایستگاه های مختلف
۱۴۹	
۱۵۰	جدول ۴-۱۲: ادامه از صفحه قبل
۱۵۱	جدول ۴-۱۲: ادامه از صفحه قبل
۱۵۲	جدول ۴-۱۲: ادامه از صفحه قبل
۱۵۳	جدول ۴-۱۲: ادامه از صفحه قبل
۱۵۴	جدول ۴-۱۲: ادامه از صفحه قبل
۱۵۵	جدول ۴-۱۲: ادامه از صفحه قبل
۱۵۶	جدول ۴-۱۲: ادامه از صفحه قبل
	جدول ۴-۱۳: تداوم دوره های خشک با SPI های کوچکتر از ۲- با سری زمانی ۳ ماهه در ایستگاه های مختلف
۱۵۹	
۱۶۰	جدول ۴-۱۳: ادامه از صفحه قبل
۱۶۱	جدول ۴-۱۳: ادامه از صفحه قبل
۱۶۲	جدول ۴-۱۳: ادامه از صفحه قبل
۱۶۳	جدول ۴-۱۳: ادامه از صفحه قبل
۱۶۴	جدول ۴-۱۳: ادامه از صفحه قبل
۱۶۵	جدول ۴-۱۳: ادامه از صفحه قبل
۱۶۶	جدول ۴-۱۳: ادامه از صفحه قبل
	جدول ۴-۱۴: تداوم دوره های خشک با RDI های کوچکتر از ۲- با سری زمانی ۳ ماهه در ایستگاه های مختلف
۱۶۷	
۱۶۸	جدول ۴-۱۴: ادامه از صفحه قبل
۱۶۹	جدول ۴-۱۴: ادامه از صفحه قبل
۱۷۰	جدول ۴-۱۴: ادامه از صفحه قبل
۱۷۱	جدول ۴-۱۴: ادامه از صفحه قبل
۱۷۲	جدول ۴-۱۴: ادامه از صفحه قبل
۱۷۳	جدول ۴-۱۴: ادامه از صفحه قبل
۱۷۴	جدول ۴-۱۴: ادامه از صفحه قبل

- ۱۷۵ جدول ۴-۱۴: ادامه از صفحه قبل
- ۱۷۶ جدول ۴-۱۴: ادامه از صفحه قبل
- جدول ۴-۱۵: مقایسه مقادیر شاخص های **RDI** و **SPI** در شدیدترین دوره خشک در طول دوره
- ۱۷۷ آماری و زمان وقوع آنها
- ۱۷۸ جدول ۴-۱۵: ادامه از صفحه قبل