

صلى الله عليه وسلم



دانشگاه تربیت معلم  
دانشکده علوم جغرافیایی  
گروه جغرافیای طبیعی (آب و هواشناسی)

عنوان

## **تعیین و تحلیل فضایی مدل مناسب پایش خشکسالی در ایران**

اساتید راهنما

دکتر بهلول علیجانی

دکتر زهرا حجازی زاده

استاد مشاور

دکتر عزت‌الله قنواتی

محقق

مهدی صداقت

مهر-1390



Teacher Training University  
Faculty of Geographical Sciences  
Department of Natural Geography(Climatology)

Title

**Defining and Spatial Analysis of The Suitable Drought  
Monitoring Model in Iran**

Supervisors

Dr. Bohlol Alijani  
Dr. Zahra Hejazi Zade

Adviser

Dr. Ezatolah Ghanavati

By

Mahdi sedaghat

September-2011

پیشکش بہ ہمسرم بہ خاطر برداری و دلگرمی ہائش



## چکیده:

تهیه نقشه شاخص‌های خشکسالی رویکردی نوین جهت بالابردن درک عمومی از پایش خشکسالی است. در کار حاضر در آغاز شاخص‌های خشکسالی برآورد و ارزیابی گردیده، سپس پراکنش فضایی خشکسالی‌ها در ایران با بهره‌گیری از روش‌های درونیابی کریجینگ به تصویر کشیده شده است. ارزیابی کیفی-کمی پنج شاخص هواشناسی (DAI, RAI, CPI, DI, SPI و CPAI) نشان داد که شاخص SPI 6 ماهه، مناسب‌ترین، همگن‌ترین و واقعی‌ترین شاخص رصد خشکسالی در ایران است. مقایسه روش‌های درونیابی بر پایه معیارهای خطای (MBE, MAE, RMSS, RMSE) و  $R^2$  آنها نشان داد که روش‌های درونیابی IDW, Spline و Universal Kriging، روش‌های مناسب‌تر و دقیق‌تری هستند. بررسی ساختار و نحوه پراکنش فضایی خروجی‌های شاخص خشکسالی نشان داد که روش‌های زمین‌آمار از توانایی و دقت بیشتری در ترسیم و پردازش فضایی شاخص‌های خشکسالی‌ها در ایران برخوردار هستند. واژگان کلیدی: پایش خشکسالی، پردازش فضایی، شاخص بارش استاندارد شده، ارزیابی متقاطع، ایران.

**Abstract:**

Mapping the drought indices is a new approach for improvement of public understanding of drought monitoring. In this work, we first measured and evaluated the drought indices and then draw their spatial distribution through the interpolation techniques of kriging in Iran. The evaluating of five drought indices (RAI, DAI, DI, CPAI & SPI) showed that SPI (6month) is the best index for drought monitoring in Iran. The comparison of interpolation techniques on the basis of their error parameters of RMSE, RMSS, MAE, MBE and R2 showed that the interpolation methods of IDW , Spline, and Universal Kriging were the most suitable and precise methods. Investigation of the structure and spatial distribution of drought index outputs demonstrated the capability and precision of the geostatistical techniques in spatial mapping and analysis of drought indices in Iran.

**Key words:** Drought Monitoring, Spatial Analysis, SPI, Cross-Validation, Iran.

## فهرست مطالب

ح	چکیده .....
خ	پیشگفتار .....
<b>فصل اول: کلیات تحقیق</b>	
1	1-1- مقدمه .....
2	2-1- طرح مسأله .....
4	3-1- ضرورت تحقیق .....
5	4-1- اهداف تحقیق .....
5	5-1- بیان سؤال‌های تحقیق .....
6	4-1- فرضیه‌های تحقیق .....
6	6-1- تعاریف و مفاهیم .....
6	1-6-1- خشکسالی .....
7	2-6-1- انواع خشکسالی .....
8	3-6-1- شاخص خشکسالی .....
9	4-6-1- پایش خشکسالی .....
10	5-6-1- تحلیل فضایی .....
11	1-5-6-1- خودهمبستگی مکانی داده‌های نقطه‌ای .....
12	2-5-6-1- واریوگرام .....
12	6-6-1- درون‌یابی .....
<b>فصل دوم: پیشینه تحقیق</b>	
15	1-2- رویکرد توصیفی (واقعه نگارانه) .....
16	2-2- رویکرد کمی-آماري .....
36	3-2- رویکرد سنجش از دوری .....
38	4-2- رویکرد جامع نگر(ترکیبی) .....
42	5-2- رویکرد سینوپتیکی .....
44	6-2- جمع بندی .....

### فصل سوم: مواد و روش‌ها

- 47..... 1-3- منطقه مورد مطالعه
- 49..... 2-3- پهنه‌های اقلیمی کشور
- 50..... 3-3- جامعه آماری
- 51..... 4-3- روش گردآوری اطلاعات (میدانی، کتابخانه‌ای، تلفیقی از هر دو)
- 51..... 5-3- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات
- 52..... 6-3- نمونه‌گیری
- 57..... 7-3- آزمون همگنی و بازسازی داده‌ها
- 59..... 8-3- نحوه ارزیابی شاخص‌های خشکسالی
- 60..... 9-3- نحوه ارزیابی روش‌های درونیابی

### فصل چهارم: یافته‌ها

- 61..... 1-4- ارزیابی شاخص‌های خشکسالی
- 61..... 1-1-4- ارزیابی کیفی شاخص‌های خشکسالی
- 65..... 2-1-4- ارزیابی کمی شاخص‌های خشکسالی
- 93..... 3-1-4- جمع‌بندی
- 95..... 2-4- ارزیابی مدل‌های تحلیل فضایی
- 95..... 1-2-4- ارزیابی کیفی مدل‌های تحلیل فضایی
- 104..... 2-2-4- ارزیابی کمی مدل‌های تحلیل فضایی
- 112..... 3-2-4- جمع بندی

### فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

- 113..... 1-5- آزمون فرضیه‌ها
- 116..... 2-5- تعیین شعاع جست‌وجو و اندازه سلولی
- 118..... 3-5- جمع‌بندی
- 119..... 4-5- پیشنهادات
- 121..... منابع و مأخذ



## فهرست جداول

- جدول 1-2: شاخص‌های خشکسالی ..... 15
- جدول 2-2: طبقات شاخص خشکسالی پالمر ..... 24
- جدول 1-3: حوضه‌های آبریز کشور و تعداد زیرحوضه‌های آنها ..... 48
- جدول 2-3: وسعت و درصد از کل هر یک از پهنه‌های اقلیمی ..... 49
- جدول 3-3: ایستگاه‌های نمونه جهت ارزیابی شاخص‌های خشکسالی ..... 54
- جدول 3-4: پراکنش ایستگاه‌های استفاده شده در تحلیل فضایی ..... 56
- جدول 1-4: برخی از شاخص‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی، در پایش خشکسالی ..... 64
- جدول 2-4: همبستگی شاخص نوسان بارش تجمعی (CPAI) بین ایستگاه‌های کشور ..... 67
- جدول 3-4: جدول همبستگی شاخص دهک‌ها (DI) بین ایستگاه‌های کشور ..... 69
- جدول 4-4: جدول همبستگی شاخص ناحیه‌ای خشکسالی (DAI) بین ایستگاه‌های کشور ..... 72
- جدول 4-5: جدول همبستگی شاخص نوسان بارش (RAI) بین ایستگاه‌های کشور ..... 74
- جدول 4-6: میانگین مقادیر همبستگی و مقادیر انحراف معیار مقیاس‌های زمانی SPI در ایستگاه‌های نمونه ..... 75
- جدول 4-7: مقایسه‌ای از تکنیک‌های درون‌یابی ..... 98
- جدول 4-8: مقادیر توان بهینه، میانگین فضایی و ریشه دوم میانگین مربع خطای IDW سال 2000 ..... 105
- جدول 4-9: مقادیر توان بهینه، میانگین فضایی و ریشه دوم میانگین مربع خطای Spline سال 2000 ..... 106
- جدول 4-10: ضریب چولگی و ضریب کشیدگی مقادیر شاخص خشکسالی سال 2000 ایستگاه‌های کشور ..... 106
- جدول 4-11: مدل بهینه، میانگین، ریشه دوم میانگین مربع خطا و مقدار استاندارد شده آن در کریجینگ عمومی ..... 108
- جدول 4-12: شاخص‌های ارزیابی متقاطع روش‌های درونیابی خشکسالی در کشور ..... 111
- جدول 1-5: زمان رویداد خشکسالی‌های فراگیر و مقطعی کشور طی 5 دهه گذشته ..... 118

## فهرست اشکال

- شکل 1-1؛ رتبه‌بندی کشورهای جهان به لحاظ خسارات ناشی از بلایای طبیعی ..... 2
- شکل 1-2؛ توزیع جهانی خطر خشکسالی ..... 3
- شکل 1-3؛ حوضه‌های آبریز کشور ..... 49
- شکل 2-3؛ پهنه‌های اقلیمی کشور ..... 50
- شکل 3-3؛ مراحل تحقیق ..... 52
- شکل 3-4؛ ایستگاه‌های نمونه جهت ارزیابی شاخص‌های خشکسالی ..... 55
- شکل 3-5؛ پراکنش ایستگاه‌های استفاده شده در تحلیل فضایی ..... 57
- شکل 1-4؛ نوسان بارش تجمعی ایستگاه کرمان ..... 66
- شکل 2-4؛ نوسان بارش تجمعی ایستگاه اصفهان ..... 66
- شکل 3-4؛ روند تحولات شاخص دهک‌ها در ایستگاه تبریز ..... 68
- شکل 4-4؛ روند تحولات شاخص ناحیه‌ای خشکسالی در ایستگاه بابلسر ..... 71
- شکل 4-5؛ روند تحولات شاخص ناحیه‌ای خشکسالی در ایستگاه بوشهر ..... 71
- شکل 4-6؛ روند تحولات شاخص نوسان بارش (RAI) در ایستگاه مشهد ..... 73
- شکل 4-7؛ اختلاف ناچیز پایش زمان شروع خشکسالی سال 1377 در میان سه مقیاس زمانی متفاوت 1(A)، 3(B) و 6 ماهه (C) در ایستگاه همدان (نورژه) ..... 94
- شکل 4-8؛ نمونه‌ای از درون‌یابی با استفاده از پولیگون‌های تی‌سن و میانگین وزن مسافت معکوس در برآورد بارش ..... 96
- شکل 4-9؛ نمونه‌ای از شبه واریوگرام یا دامنه، ناگت و سی ..... 101
- شکل 4-10؛ نمونه‌هایی از رایج‌ترین مدل‌های واریوگرام مورد استفاده (A) کروی، (B) نمایی، (C) گوسین ..... 103
- شکل 4-11؛ تحلیل روند شاخص خشکسالی مرداد 79، 190 ایستگاه نمونه کشور ..... 107
- شکل 1-5؛ پراکنش فضایی طبقات خشکسالی به وسیله شاخص SPI 6 ماهه از طریق درونیاب‌های عکس مجذور فاصله، اسپیلاین کاملاً منظم و کریجینگ عمومی ..... 115
- شکل 2-5؛ نوسان میانگین شاخص خشکسالی در آزمون تجری اندازه‌سلولی معیار ..... 117
- شکل 3-5؛ روند تغییرات برداشت آب‌های زیرزمینی از طریق چاه‌ها ..... 119
- شکل 4-5؛ روند تغییرات برداشت آب‌های زیرزمینی از طریق چشمه‌ها ..... 119

## فهرست معادلات

18.....	معادله 2-1؛ شاخص خشکسالی مارکوئیچ
70.....	معادله 4-1؛ فرمول DAI
97.....	معادله 4-2؛ فرمول IDWA
99.....	معادله 4-3؛ فرمول اسپیلاین
99.....	معادله 4-4؛ فرمول حداقل رسانی تابع هموارسازی $f$ و پارامترهای $\beta_i$
100.....	معادله 4-5؛ رابطه خطی وزن ها
100.....	معادله 4-6؛ فرمول شبه واریوگرام
102.....	معادله 4-7؛ مدل کروی
102.....	معادله 4-8؛ مدل تصاعدی (نمایی)
102.....	معادله 4-9؛ مدل گوسین
102.....	معادله 4-10؛ مدل خطی
102.....	معادله 4-11؛ مدل خطی با آستانه
103.....	معادله 4-12؛ واریوگرام متقاطع
103.....	معادله 4-13؛ اثبات قطعی شبه واریوگرام و واریوگرام متقاطع
109.....	معادله 4-14؛ معادلات محاسبه شاخص ها
109.....	معادله 4-15؛ معادلات محاسبه شاخص ها
109.....	معادله 4-16؛ معادلات محاسبه شاخص ها
109.....	معادله 4-17؛ معادلات محاسبه شاخص ها

## پیش گفتار

بی‌گمان خشکسالی از اصلی‌ترین و قدیمی‌ترین بلاهای طبیعی است که انسان از دیرباز با آن آشنا بوده است. گواه بر آن این جمله معروف بروی کتیبه داریوش پادشاه باستانی ایران زمین است که می‌گوید: "خداوند این کشور را از دشمن، از خشکسالی و از دروغ محفوظ دارد" و نیز داستان حضرت یوسف در قرآن کریم درباره پیش‌بینی رخداد خشکسالی در کشور مصر است (قرآن کریم، سوره یوسف، آیه 43 تا 49).

با گسترش شهرها و چیرگی عوامل انسان‌ساخت بر منظرهای طبیعی اغلب فراموش می‌شود که فرآیندهای طبیعی هنوز در حال فعالیت در هر نقطه از زمین می‌باشند. انکار وجود دره رودخانه‌ها باعث می‌شود که مکان‌های سیل‌گیر را بنا کنیم و عواقب فاجعه‌آمیزی برای مردم ساکن آن به بار آوریم. باران هنوز هم می‌آید یا نمی‌آید و سیل یا خشکسالی‌هایی رخ می‌دهد که کنترل چندانی بر آنها نداریم. سیستم‌های پیچیده آبرسانی شهرها و مزارع و کنترل آب‌های سطحی نیز گاه توان مقابله با آنها را ندارند. بادها می‌وزند و خورشید همچنان می‌تابد و باعث ایجاد شرایط جوی‌ای تشدیدکننده مسائل کیفیت هوای مرتبط و سیستم‌های حمل و نقل می‌شوند. در عین این که شهرهای ما مجهز به وسایلی برای مقابله با نیروهای طبیعی گردیده‌اند ما تمایل داریم که شرایط بحرانی را فراموش کنیم و البته این موضوع هزینه‌های سنگین اقتصادی و اجتماعی را در پی دارد.

با رویکرد بررسی مخاطره طبیعی خشکسالی این رساله در 5 فصل تدوین شده است؛ فصل اول که شامل کلیات تحقیق می‌باشد و مباحثی چون: مقدمه، طرح مساله، ضرورت، اهداف، بیان سؤال‌ها و فرضیه‌های تحقیق و همچنین تعاریف و مفاهیم را در بر گرفته است. فصل دوم پیشینه و ادبیات موضوع می‌باشد که از گذشته بتا به حال منابع گوناگون داخلی و خارجی را بسته به رویکردهای مختلف در مطالعات خشکسالی مورد تحلیل قرار می‌دهد. در فصل سوم مواد و روش‌ها و همچنین ابزارهای گردآوری اطلاعات مورد نیاز با معرفی منطقه مورد مطالعه، جامعه آماری، روش نمونه‌گیری، آزمون همگنی و بازسازی داده‌ها و روش‌های ارزیابی و آزمون فرضیه‌های تحقیق در فصل‌های بعد بیان می‌شود. فصل چهارم نیز به بیان یافته‌های تحقیق در دو بخش کلی ارزیابی شاخص‌های خشکسالی و ارزیابی مدل‌های تحلیل فضایی از اطلاعات گردآوری شده می‌پردازد و بالاخره در فصل پنجم به بحث و نتیجه‌گیری در قالب آزمون فرضیه‌های تحقیق و تعیین برخی معیارهای لازم در دورنیابی‌های فضایی متغیر خشکسالی در ایران پرداخته‌ایم و در ادامه این فصل بر اساس نتایج پیشنهاداتی که می‌تواند در مدلسازی داده‌های نقطه‌ای مؤثر باشد، ارائه شده است.

مجموعه حاضر بدون یاری سرکار خانم دکتر زهرا حجازی‌زاده نگاشته نمی‌شد، از جناب آقای دکتر بهلول علیجانی به خاطر کمکهای فاضلانه‌اش در طول تحصیل و همچنین همفکری‌ها و راهنمایی‌های موشکافانه و سودمندی که ارائه دادند، سپاسگذارم. از جناب آقای دکتر علیرضا صادقی نیا که در مراحل پایانی این پژوهش با همراهی و همفکری خود به من یاری رساندند کمال تشکر را دارم. از اساتید محترم دکتر حسین محمدی، دکتر شهریار خالدی، دکتر محمد نجارسلیقه و دکتر پرویز ضیائیان که با وجود مشغله فراوان مسئولیت داوری رساله را بر عهده گرفتند، سپاسگذاری می‌شود.

از اساتید ارجمند سرکار خانم دکتر تولایی، جناب آقای دکتر سلیمانی، جناب آقای دکتر جعفرپور، سرکار خانم دکتر قهرودی و جناب آقای دکتر عزت‌الله قنواتی که در طی تحصیل الگوی علمی و اخلاقی من بوده‌اند و همچنین در طی مراحل گذراندن رساله از راهنمایی‌هایشان بهره گرفتم، تشکر می‌نمایم.

همچنین تشکری ویژه دارم از کارمندان دانشگاه تربیت معلم تهران به‌ویژه سرکار خانم مهرابی، خانم شیخ‌حسینی، خانم رنجبر، خانم کارخانه و خانم موسوی و کارمندان محترم مرکز ملی خشکسالی ایران؛ جناب آقای دکتر بداق جمالی، جناب آقای مهندس فاتح، سرکار خانم حصارکی و جناب آقای مهندس صداقت‌کردار به خاطر همکاری‌هایی که با اینجانب نمودند.

در نهایت از تمام کسانی که به نوعی در روند تکمیل این پژوهش با اینجانب همکاری نموده‌اند و نامشان از قلم افتاده، قدردانی نموده و برای یکایک آنها در تمامی مراحل زندگی آرزوی موفقیت روزافزون دارم.

## 1- کلیات تحقیق

### 1-1- مقدمه

خشکسالی یک پدیده برگشت پذیر است که مدنیت را در سراسر تاریخ آزرده است. به گونه ای که زیست بوم های طبیعی، اکوسیستم ها و بسیاری از بخش های اجتماعی و اقتصادی از جمله زیرساخت های مدنیت-کشاورزی، حمل و نقل، منابع آب شهری و صنایع پیچیده مدرن را تحت تأثیر خود قرار می دهد. تنوع گسترده بخش های متأثر از خشکسالی، تنوع جغرافیایی و توزیع زمانی آن و همچنین نیاز مبرم سیستم ها به استفاده از منابع آبی، ایجاد یک تعریف ساده از خشکسالی را با سختی های بی شماری مواجه نموده است. به هر حال، اختلاف قابل توجهی که درباره تعریف خشکسالی وجود دارد، امکان پیشنهاد یک شاخص خشکسالی فراگیر را غیرممکن ساخته است. علاوه بر آن، ویژگی های خشکسالی و دامنه گسترده بخش های اقتصادی که خشکسالی بر روی آنها تأثیری دارد، کمی کردن آن را مشکل می سازد. به خاطر پیچیدگی خشکسالی، هیچ شاخص واحدی قادر به پوشش دادن کامل حساسیت و شدت خشکسالی و تأثیرات بالقوه اش برای گروه های مختلف کاربران نمی باشد.

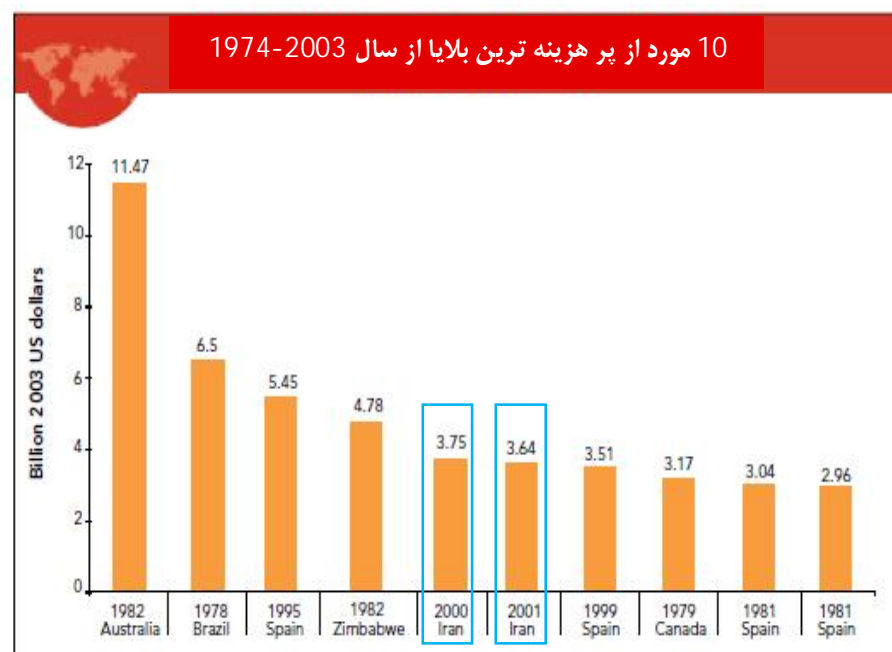
ناتوانی در ارائه تعریفی مشخص از خشکسالی و گزینش شاخص یا شاخص هایی جهت رفتاریابی بهینه ای آن، شاید به مقدار زیادی ناشی از عدم اتخاذ خط مشی مناسب جهت دستیابی به آنها باشد. هر پژوهشی بسته به موضوع و ماهیت خود، نیازمند طی فرآیندی سیستماتیک از طرح سؤالات تحقیق تا نایل شدن به هدف می باشد. بر طبق دیدگاه های نوین روش تحقیق، یک تحقیق وابسته به اینکه رویکردی شناختی و یا تحلیلی دارد از فرایند طرح مسأله، آزمون فرضیه ها و یا به طور همزمان از این دو مقوله استفاده می نماید. رویکرد علم روش تحقیق امروزه در پی طراحی سبک های تخصصی جهت تعیین این خط مشی های سلسله مراتبی می باشد.

در پژوهش حاضر با توجه به زمینه شناختی و تحلیلی فراروی، محقق در ابتدا با طرح پرسش هایی چند به پاسخگویی و همچنین از بطن آن پرسش ها به آزمون فرضیه های تحقیق پرداخته است. بدیهی است محقق در پژوهش سعی بر نایل به اهدافی چه اصلی و چه فرعی دارد که به تفصیل آورده شده اند. بیان کلیات و تعریف مفاهیم پایه وابسته به موضوع جهت پرداختن به تحقیق از گام های نخستین است.

## 2-1- طرح مسأله

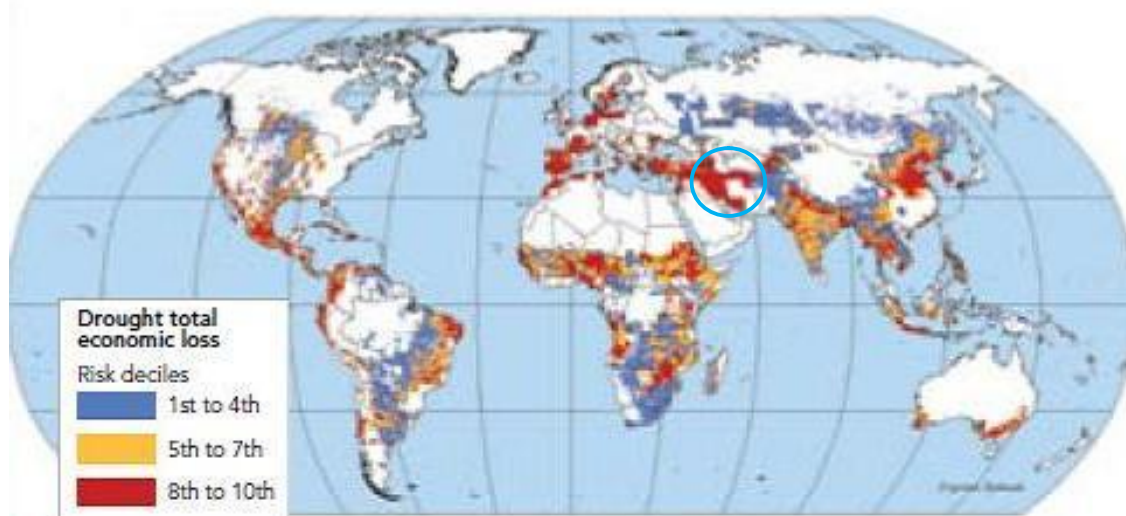
خشکسالی از مخرب‌ترین بلاای طبیعی می‌باشد (آژانس مدیریت بحران فدرال «FEMA»؛ 1995 و ویلهایت؛ 2000) که سالانه به‌طور میانگین حدود 6-8 میلیون دلار خسارت جهانی را باعث شده و بیشتر از هر سانحه طبیعی دیگری، حتی بیشتر از بلاای طبیعی مانند سیل و زمین‌لرزه، جوامع بشری را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (ویلهایت؛ 2000). خشکسالی پدیده‌ای اقلیمی است و در واقع بخشی از اقلیم یک منطقه محسوب می‌شود. خشکسالی به‌کندی شروع می‌شود و دارای طبیعت پنهانی است. مدت زمان وقوع آن نیز طولانی بوده و اثرات آن به صورت غیرساختاری و در نتیجه خسارت‌های ناشی از آن، در بخش‌های مختلفی مانند کشاورزی، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و ... به صورت تدریجی ظاهر می‌شود.

خشکسالی اغلب باعث خسارات سنگین به دام، گیاهان، اختلال در تولید انرژی و آسیب به اکوسیستم‌ها می‌شود. خشکسالی نواحی خیلی وسیعی را در بر می‌گیرد و اغلب چندین کشور و یا ناحیه همجوار را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. همچنین می‌تواند منجر به قحطی، مرگ، کوچ و نزاع شود. بنابراین خشکسالی می‌تواند توسعه و ثروت در کشورهای در حال توسعه، به‌خصوص در آنهایی که کمتر توسعه‌یافته‌اند را متوقف کند. بر اساس آمار منتشر شده توسط بانک اطلاعات بین‌المللی بلایا، با ملاک قرار دادن 10 مورد از پرهزینه‌ترین بلاای از سال 1974 تا 2003، کشور ایران بعد از کشورهای چون استرالیا، برزیل، اسپانیا و زیمبابوه، در سال‌های 2000 و 2001، به لحاظ تحمیل خسارات، به ترتیب در جایگاه پنجم و ششم قرار گرفته است. بدیهی است پدیده خشکسالی درصد قابل توجهی از این هزینه‌ها را در بر می‌گیرد (شکل شماره 1-1).



شکل 1-1؛ رتبه‌بندی کشورهای جهان به لحاظ خسارات ناشی از بلاای طبیعی (گوها-سایپر و هارگیت و هویس؛ 2004)

خشکسالی‌های پی‌درپی با تأثیر مستقیم بر کشاورزی و بخش‌های تولیدی دیگر وابسته به آب، همچون نیروگاه‌های آبی، بر کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه تأثیر می‌گذارد. از سویی این کشورهای در حال توسعه هستند که به دلیل اتکاء شدید اقتصاد به بخش کشاورزی از خشکسالی تأثیر بیشتری می‌پذیرند. اقتصاد کشورهای در حال توسعه نسبت به خشکسالی آسیب‌پذیرتر است. نه تنها نوسانات آبی به میزان زیادی در کاهش ناگهانی رشد اقتصادی کشورهای آسیب‌پذیر نقش دارد، بلکه به‌طور فاجعه‌باری در میزان فقر مؤثر است. در همین رابطه دی.گوها-ساپیر و دی.هارگیت و پی.هویوس (2004) کشورها را به لحاظ بیشترین خساراتی که به تولید ناخالص داخلی‌شان (GDP) وارد شده است، طبقه‌بندی نموده‌اند. نکته قابل توجه دیگر آن‌که بر طبق آمار کشور ایران به لحاظ خسارات جانی از محل خشکسالی چندان آسیب‌پذیر نبوده و تنها خسارات مالی این پدیده است که تأثیرات مخرب خود را در تمامی بخش‌های اقتصادی کشور بر جای نهاده است. با توجه به مستندات بانک جهانی در رابطه با توزیع جهانی خطر خشکسالی (بر اساس اطلاعات 1980 تا 2000)، کشور ایران به لحاظ خسارات اقتصادی ناشی از خشکسالی در دهک هشتم تا دهم قرار گرفته است که این گویای احتمال 80 تا 100 درصدی بروز خسارات مالی در کشور ایران در اثر رخداد این پدیده است (شکل شماره 1-2).



شکل 1-2: توزیع جهانی خطر خشکسالی

تخمین شدت خشکسالی در زمان وقوع، می‌تواند پیچیده‌تر از تعریف خشکسالی باشد. خشکسالی نه تنها به جهت تأثیرات زیاد و متنوعش، از دیگر بلاهای طبیعی متفاوت است بلکه به لحاظ مقیاس‌های اندازه‌گیری همچون؛ محدوده فضایی، حساسیت، شدت و دوره بازگشتش فرآیند مطالعه متفاوتی را می‌طلبد. از سوی دیگر تمامی این ویژگی‌ها سرانجام باید برای درک و تصویرسازی خشکسالی بر روی نقشه محاسبه شوند.



## 1-3- ضرورت تحقیق

خشکسالی‌ها می‌روند که هم در کشورهای توسعه‌یافته و هم در کشورهای در حال توسعه تأثیرات چشمگیری داشته باشند. کشورهای در حال توسعه کماکان از خشکسالی‌ها بیشترین رنج را متحمل می‌شوند. بهره‌برداری روزافزون از منابع آبی و تداوم کمبود آب به همراه رشد نگرانی از تغییر اقلیم آینده؛ فراونی، شدت و دوام رویدادهای خشکسالی را تشدید خواهد نمود و تأثیرات متعاقب رشد توجه کشورها به موضوعات مربوط به خشکسالی را نشان می‌دهد (ویلهاйт، 2005).

در مناطق خشک و نیمه خشک با توجه به حساسیت و کمبود بارندگی، اثرات خشکسالی تشدید شده و به‌ویژه بر روی منابع نمود بیشتری می‌یابد. حدود 64/66 درصد از وسعت ایران معادل 105 میلیون هکتار، جزء اقلیم خشک و نیمه خشک می‌باشد. متوسط بارندگی کشور کمتر از یک‌سوم متوسط بارندگی سالانه جهان می‌باشد و این میزان بارندگی نیز از شرایط توزیع زمانی و مکانی مناسب برخوردار نیست. از سال 1347 تا 1363، کشور با سه دوره خشکسالی فراگیر مواجه بوده که متوسط بارش‌ها در این دوره‌ها، 26 درصد کاهش را نشان می‌دهد. از سال 1363 تا 1372 نیز کشور طی سه مرحله دچار خشکسالی بوده که میانگین بارش حکایت از 44 درصد کاهش نسبت به شرایط نرمال داشته است. از سال 1372 تا 1376 دو مرحله تکرار خشکسالی را شاهد بودیم که کاهش بارندگی این دوره به رقم 17/5 درصد می‌رسد. از سال 1378 تا 1383 دوباره کشور تحت تأثیر خشکی و کم آبی شدید قرار گرفته است. به‌طوری که طی سال‌های 1378 تا 1380 حدود 45 درصد کاهش بارندگی ملاحظه می‌شود و طی دوره 1380 تا 1383 با ادامه روند خشکسالی، به‌ویژه در مناطق جنوب، جنوب‌شرقی، مرکز و تا حدودی جنوب‌غرب مواجه بوده‌ایم. بر اساس گزارش وزارت کشور، بر اثر وقوع خشکسالی پیوسته از سال 78 تا 81 در تیرماه 1381 منابع ذخیره آب کشور 45 درصد افت نشان داده است که در خلال این سال‌ها 2/8 میلیون تن گندم و 280 هزار تن جو از بین رفت و 800 هزار رأس دام در اثر تشنگی و گرسنگی تلف شد. تنها در فاصله پنج سال (78 تا 82)، خسارت‌های ناشی از خشکسالی‌های پیوسته، جمعاً 92000 میلیارد ریال برآورد شده است.

با توجه به مطالب فوق باید بپذیریم که خشکسالی همواره بخشی جدایی‌ناپذیر از تغییرات اقلیم کشور ایران بوده است. نتیجه مطالعات همچنین نشان می‌دهد که تداوم و شدت بسیاری از این رویدادها، چشمگیر و قابل توجه می‌باشد و این در حالی است که روند رشد جمعیت و به پیروی از آن نیاز به آب در مناطق شهری کشور رو به افزایش است. این وضعیت به‌ویژه در مناطق پر جمعیت و صنعتی بیشتر محسوس است. نیاز

شدید جمعیت و صنعت به آب سبب شده که منابع ذخیره آب در ترسالی‌ها نتوانند خود را بازسازی و ترمیم نمایند. در دو دهه گذشته بسیار اتفاق افتاده است که منابع ذخیره آب قبل از این که آب مصرف شده در خشکسالی قبلی را جبران کنند، وارد خشکسالی دیگری شده‌اند.

#### 1-4- اهداف تحقیق

پایش خشکسالی در پی نشان دادن شدت و محدوده فضایی خشکسالی و تأثیراتش به گونه‌ای کاربر پسند می‌باشد. هدف کلی پایش، تهیه و تأمین اطلاعاتی است که مردم و سازمان‌های مسئول را در جهت انجام فعالیت‌هایی که باعث افزایش ضریب اطمینان برنامه‌ریزی‌ها و کاهش خسارت‌های ناشی از خشکسالی می‌شود، تشویق نماید.

این تحقیق با هدف طراحی یک مدل مناسب جهت پایش خشکسالی کشور در دو بخش عمده (گزینش شاخص مناسب، گزینش روش درونیابی مناسب)، برای رفتاریابی جامع‌تر این پدیده می‌باشد. در این زمینه نیاز به مطالعه‌ای جامع بر روی شاخص‌های رایج و استخراج شاخص‌های مناسب با توجه به منابع اطلاعاتی در دسترس کشور و در نهایت آزمایش و تعیین آستانه‌های منطبق با شرایط محیطی ایران احساس می‌گردد. هدف مورد نظر در این مرحله؛ ارزیابی کیفی و کمی شاخص‌های خشکسالی رایج و گزینش شاخص‌های مناسب برای ایران است. در مرحله بعد جهت نشان دادن محدوده فضایی خشکسالی‌ها، می‌باید اقدام به گردآوری بانک اطلاعات جامعی از داده‌های ورودی و پردازش شاخص‌ها بنماییم. در این مرحله هدف تهیه بانک اطلاعات شاخص‌های خشکسالی کشور است. در نهایت با بهره‌گیری از اطلاعات ورودی شاخص‌ها به ترسیم نقشه‌های حاصل از تحلیل فضایی خشکسالی‌های کشور خواهیم پرداخت. بنابراین هدف نهایی کار حاضر پهنه‌بندی بهینه داده‌های پایش خشکسالی، بر اساس شاخص منتخب، در کشور است.

#### 1-5- بیان پرسش‌های تحقیق

هنگام ردیابی و تعیین شدت خشکسالی معمولاً برخی پرسش‌های پایه‌ای پرسیده می‌شود، یکی از پرسش‌های اساسی این است که: شدت این خشکسالی چه میزان است؟ با هدف درک آسیب‌پذیری یا ریسک، معمولاً پرسش دیگری مطرح می‌شود که: تعداد این رویداد چه میزان است؟ یا به بیان علمی: فراوانی وقوع قطعی آن چه میزان است؟

در راستای رویکرد شناختی، تحقیق حاضر در پی پاسخگویی به این پرسش‌هاست: اول این که کدامیک از شاخص‌های خشکسالی برای پایش خشکسالی در ایران پاسخ واقعی‌تر و همسان‌تری می‌دهند؟، دوم آن که، کدام روش درونیابی مناسب پردازش و تحلیل فضایی اطلاعات شاخص‌های خشکسالی در ایران است؟

### 6-1- فرضیه‌های تحقیق

فرضیه به‌عنوان حدس علمی محقق برای پاسخ به پرسش‌های تحقیق می‌تواند نقشی مؤثر در واضح‌تر کردن مسأله تحقیق داشته باشد. از این رو با توجه به مطالب مندرج در بخش طرح مسأله و پرسش‌های تحقیق مطرح شده در همان بخش، فرضیه‌های زیر برای جواب پرسش‌های تحقیق ارائه می‌شوند:

فرض 1: شاخص خشکسالی هواشناسی SPI نتایج واقعی و همسان‌تری ارائه می‌دهد.

فرض 2: روش‌های زمین‌آماری با توجه به اینکه به ساختار فضایی داده توجه دارند و خودهمبستگی

فضایی متغیر موردنظر را بررسی می‌نمایند روش‌های بهتری برای درونیابی خشکسالی در کشور هستند.

### 6-1- تعاریف و مفاهیم

#### 6-1-1- خشکسالی

هیچ تعریفی از خشکسالی در تمامی زمینه‌ها کاربردی نبوده است (ویلهایت، 2005). به‌طور کلی خشکسالی می‌تواند به‌عنوان یک رویداد زودگذر هواشناسی که در اصل از کمبود بارشی در یک دوره محدود زمانی در مقایسه با برخی شرایط میانگین طولانی‌مدت به‌دست می‌آید، تعریف شود (اریاگاما و همکاران؛ 2009). خشکسالی محصول ترکیب مکانیسم‌های مختلفی است. این رخداد حادثه‌ای طبیعی و پدیده‌ای آرام و خزنده است که دارای مکانیسمی پیچیده و ماهیت آن نسبت به تمامی حوادث طبیعی کمتر شناخته شده است. این پدیده تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی روی می‌دهد اما ویژگی‌های آن از قبیل شدت، مدت و بزرگی خشکسالی از محلی به محل دیگر به‌خصوص با تغییر شرایط آب و هوایی، متفاوت است.

اگرچه مفهوم کلی خشکسالی روشن است، اما ارائه تعریفی کاربردی که قادر به بازتاب تفاوت‌های ناشی از اقلیم، ویژگی‌های منطقه‌ای و فعالیت‌های مربوطه باشد، بسیار مشکل است. به‌طور کلی خشکسالی را می‌توان "یک نبود ممتد یا کمبود مشخص بارش" یک "کمبود بارشی که منجر به کسری آب برای برخی فعالیت‌ها یا برای برخی گروه‌ها می‌شود" یا یک "دوره غیرنرمال هوای خشک به قدر کافی ممتد برای فقدان

بارشی که منجر به ناتعادلی جدی هیدرولوژیکی می‌شود" تعریف نمود (سازمان هواشناسی جهانی، 1992؛ انجمن هواشناسی امریکا، 1997).

در این رابطه متخصصین دیگر؛ خشکسالی را کاهش غیرمنتظره بارش در مدتی معین در منطقه‌ای که لزوماً خشک نیست و میزان این کاهش روند عادی رشد را در منطقه مختل می‌کند (علیجانی، 1374)، یا کمبود بارش در دوره‌ای بلند مدت، به نحوی که باعث کمبود رطوبت خاک و کاهش آب‌های جاری شود و بدین طریق فعالیت‌های انسانی و حیات گیاهی و جانوری را برهم زند (باری و چورلی، 1985)، تعریف نموده‌اند. دیگران خشکسالی را در قالب این‌که هرگاه مقدار بارش کمتر از 85 درصد میانگین بارش باشد (هایس، 1999) یا وقتی که بارش در یک سال کمتر از 75 درصد متوسط درازمدت بارندگی سالانه و یا بارش ماهانه 60 درصد کمتر از متوسط درازمدت بارش ماهانه باشد (یاتیس، 1935)، بیان داشته‌اند. همچنین در تعریفی دیگر خشکسالی موقعی است که به مدت 21 روز متوالی میزان بارندگی از 30 درصد وضعیت نرمال کمتر باشد و خشکسالی استثنائی هنگامی است که این رقم به 10 درصد برسد (هنری، 1906). در اینجا سعی ما ارائه تعریفی متقاعد کننده از خشکسالی نیست؛ مباحث علمی بسیاری در جایی دیگر به این مقوله پرداخته‌اند (برای مثال دراکوپ و همکاران، 1980؛ ویلهایت 2000؛ ویلهایت و گلاتنز، 1985).

### 1-6-2- انواع خشکسالی

ادبیات علمی مرسوم چهار نوع خشکسالی را شناسایی نموده است: هواشناسی، هیدرولوژیکی، کشاورزی و اجتماعی - اقتصادی (راسموسن و همکاران، 1993؛ ویلهایت و گلاتنز 1985). شکل اخیر ممکن است برآیندی از دیگر انواع خشکسالی باشد؛ یک خشکسالی اجتماعی - اقتصادی بدون یکی یا بیشتر از دیگر انواع خشکسالی رخ نخواهد داد.

سه نوع خشکسالی فیزیکی با کمبودی در متغیری هیدرولوژیکی با هم مرتبط هستند. خشکسالی هواشناسی از یک کمبود بارش منتج می‌شود، حال آن‌که خشکسالی هیدرولوژیکی کمبودی را در ظرفیت منابع آب توصیف می‌نماید، که شامل جریان رودخانه، ذخیره مخزن آب و یا ارتفاع آب‌های سطحی می‌باشد (ویلهایت، 2000). خشکسالی کشاورزی مربوط به یک ذخیره آب در دسترس برای رشد گیاه است و تحت عنوان رطوبت خاک مورد نیاز برای جبران تبخیر و تعرق از دست‌رفته ارزیابی شده است.