نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 3، جلد 10، مرداد - شهریور 1395، ص. 283-272

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 10, Jul.-Agu. 2016, p. 272-283

بررسی روابط بین خشکسالی اقلیمی و متغیرهای خورشیدی در ایستگاه کرمانشاه

محمدحسین مبین[1]، اعظم غلام‌نیا[2]، رضا ابراهیمی[3*]

تاریخ دریافت: 1395/1/22 تاریخ پذیرش: 1395/4/30

چکیده

در قرن اخیر تغییرات اقلیمی و تحولات اقتصادی - اجتماعی کشورهای جهان موجب توجه فزاینده مردم به پدیده خشکسالی گردیده، به‌طوریکه پیش‌بینی، تشخیص و ارزیابی اثرات این پدیده در بسیاری از کشورها از جهات گوناگون به‌ویژه در برنامه‌ریزی راهبردی کشاورزی و مدیریت منابع آب اهمیت بحرانی یافته است. از طرفی رخداد این پدیده را با اطمینان کامل نمی‌توان پیش‌بینی نمود. بنابراین باید آن را رخدادی تصادفی تلقی کرد. هدف اصلی پژوهش حاضر ارائه و بسط یک مفهوم جدید از خشکسالی اقلیمی و روشی نوین برای تشخیص و ارزیابی آن بر پایه رابطه سه‌گانه بین خشکسالی و متغیرهای هیدرومتئورولوژی و متئورولوژی مانند بارندگی، تابش خورشیدی و ساعات آفتابی است. بدین منظور با استفاده از داده‌های هواشناختی ایستگاه همدیدی کرمانشاه در دوره آماری 1970-2010، ابتدا نمودارهای دوگانه خشکسالی - خورشیدی (DGM) در ایستگاه کرمانشاه ترسیم شد و مشاهده گردید که وضعیت خشکی برخی از ماه‌ها نسبت به جدول توصیف کیفی خشکسالی و ترسالی براساس شاخص نمره استاندارد Z-Score تغییر می‌یابد. در مرحله بعد نقشه منحنی‌های هم‌ارزش بارش استاندارد شده ترسیم و متغیرهای معادله آنگستروم چون تابش خورشیدی و ساعات آفتابی به‌عنوان متغیرهای مرجع رسم شد. این تکنیک که به‌عنوان روش سه‌گانه ترسیمی (TGM) موسوم است، الگوهای رفتاری بین پدیده خشکسالی و متغیرهای تابش خورشیدی و ساعات آفتابی را به صورت بارز نمایان می‌سازد. رابطه رگرسیون خطی بین خشکسالی و معادله آنگستروم 0/61 به‌دست آمد. خشکسالی و ضرایب مدل آنگستروم با روش پیشنهادی محاسبه شدند. رابطه بین معادله آنگستروم و خشکسالی با روش TGM ارائه شده است، روش TGM اطلاعات زیادی را درباره رخداد خشکسالی در ترکیب‌های متفاوت از تابش خورشیدی و ساعات آفتابی نشان می‌دهد. این روش در ایستگاه همدیدی کرمانشاه به کار برده شد. روش سه‌گانه ترسیمی در تشخیص و ارزیابی دوره‌های مرطوب و خشک و هم‌چنین بررسی رابطه آن‌ها با تغییرات متغیرهای خورشیدی مانند تابش خورشیدی و ساعت آفتابی کمک می‌کند. نمودار ایستگاه کرمانشاه مبین آن است که میزان شیب این خط به‌نوعی تمایز فصلی دوره خشک و بارشی را نشان می‌دهد. یعنی هرچه شیب این خط بیش‌تر باشد، سال از دو فصل متمایز و متباین خشک و بارشی تشکیل شده و روش‌های تحلیلی DGM و TGM از کارایی بیش‌تری برخوردارند. این تحقیق در مقیاس زمانی ماهانه انجام شده اما اگر تحقیقات آتی براساس تقویم ژولیوسی صورت گیرد، موضوع مورد بررسی در مقیاس زمانی روزانه و حتی کم‌تر از آن نیز قابل مطالعه است

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، روش سه‌گانه گرافیکی، کرمانشاه، معادله آنگستروم، تابش خورشیدی، ساعات آفتابی، دوره‌های خشک و مرطوب

مقدمه

در دهه‌های اخیر تغییرات اقلیمی و تحولات اقتصادی - اجتماعی کشورهای جهان و به‌ویژه ایران، به عنوان یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک کره زمین، موجب جلب توجه فزاینده دانشمندان، مسئولان و حتی مردم عادی به پدیده خشکسالی گردیده است. در بین حوادث طبیعی که جمعیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، پدیده خشکسالی از نظر شدت، فراوانی، تداوم و فضای تحت پوشش، تلفات جانی، خسارات اقتصادی و اثرات اجتماعی درازمدت در جامعه، بیش‌تر از سایر بلایای طبیعی رخ می‌دهد، به‌طوریکه پیش‌بینی، تشخیص و ارزیابی اثرات این پدیده در بسیاری از کشورها از جهات گوناگون به‌ویژه در برنامه‌ریزی راهبردی کشاورزی و مدیریت منابع آب اهمیت بحرانی یافته است. در دهه‌های اخیر مداخله و بهره‌برداری ناآگاهانه بیش از حد ظرفیت اکولوژیکی واحدهای زیستی موجب پیچیدگی بیش‌تر شرایط و ویژگی‌های خشکسالی‌ها از جهات گوناگون شده است (Banglapedia., 2003). برطبق نتایج اخیر (et al., 2002 Folland)، پیش‌بینی خشکسالی به موازات قطعی شدن پدیده افزایش جهانی دمای هوا از دهه‌ی 1970 به بعد که این

1- استادیار، گروه مدیریت مناطق خشک وبیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد
2- دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد
3- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، مخاطرات آب‌وهوایی، دانشگاه یزد
(* - نویسنده مسئول: Email: Ebrahimi7679@yahoo.com)

خود نتیجه تغییر اقلیم بـر اثـر افـزایش گازهـای گلخانـه‌ای ناشـی از فعالیت‌های انسانی است، اهمیت نسبتاً بیش‌تـری یافتـه اسـت، زیـرا دمای بـالا ظرفیـت نگهـداری آب جـو و پتانسـیل تبخیـر و تعـرق را افزایش می‌دهد (Karl and Trenberth., 2003). مطالعات موسسه ارزیابی فناوری (OTA., 1993) نشان داد که تـأثیر مسـتقیم تغییـر اقلیم بر منابع آبی در نوسان‌های طبیعی اقلیم نهفتـه اسـت. در اقلـیم گرم‌تر خشکسالی‌ها و سیلاب‌ها تکرارپذیر، شدید و طـولانی‌مـدت‌تـر می‌شوند. افزایش بالقوه این مخاطرات مسئله‌ای نگران‌کننـده و مهـم است که باعث ایجاد تنش و استرس در منابع آبی و افزایش قیمت‌هـا می‌گردد. به همین جهت دانستن تغییرات سـالیانه و یـا دوره‌هـای ده ساله خشکسالی اقلیمی برای بهبود برنامه‌ریزی و مدیریت منـابع آبـی بسیار مهم قلمداد می‌شود. خشکسالی در سـال 1988 تـوام بـا امـواج گرما در میانه غربی آمریکا منجر به 39 بیلیون خسارت و افزایش نـرخ مـرگ و میـر ناشـی از گرمـا گردیـد (Riebsame et al., 1991)؛ (Branstator., 1992 Trenberth and). تعیـین کمـی دوره‌هـای خشک و دوره‌های مرطوب مشـکل اسـت؛ بـه دلیـل اینکـه تعـاریف متفاوتی برای این رخدادهای فرین وجود دارد. برای مثال خشکسـالی اقلیمی، هیدرولوژیکی و کشاورزی که در هریـک از آن‌هـا معیارهـای متفاوتی برای تشخص آغاز و خاتمه یـک دوره خشـک و مرطـوب در بازه‌های زمانی ثبت شده ارائه شده است. برای پایش دوره‌های خشک و مرطوب و تغییرات آن‌ها، شاخص‌های تخصصی بی‌شـماری ارائـه و توصیه شده که در برخی موارد داده‌های مـورد نیـاز آن بـه آسـانی در دسترس می‌باشـد (ماننـد بارنـدگی و دمـا). البتـه تـاکنون علـی‌رغـم تلاش‌های به‌عمل آمده یک تعریف مشخص و منحصر به‌فـرد بـرای خشکسالی و شاخص‌های آن که برای استفاده درهمه زمینه‌ها کـاربرد داشته باشد، ارائه نشده، اگرچه تعاریف متفـاوتی در ایـن زمینـه بیـان گردیده است. شاید دلیل اصلی فقـدان چنـین تعریفـی، ناشـی از ایـن حقیقت است که برای پایش پدیده خشکسالی دسترسی بـه داده‌هـای متعدد الزامی است. از اینرو، علاوه بر بارش، متغیرهای دیگـری چـون جریان سطحی، رطوبت خاک، رطوبت نسبی هوا، تبخیـر، دمـا، تـابش خورشیدی، ساعات آفتابی به عنوان اطلاعات پایـه ضـروری هسـتند. تابش خورشیدی انرژی لازم بـرای بسـیاری از فراینـدهای طبیعـی و اقلیمی و چرخه‌های بیولوژیکی و جوی از جمله گردش عمومی هوا را تأمین می‌کند و رویدادهای جوی، اغتشاشات هوایی، پیـدایش شـرایط دمایی میانگین و مطلق، وضعیت بارشی و وزش بادها و طوفان‌ها بـه-طور مستقیم یا غیرمستقیم نتیجه تغییر در بیلان تابشـی خورشـید در سطح زمین است. علاوه بر این پراکنش جغرافیـایی پوشـش گیـاهی، حیات وحش، مراحل فنولوژیک و رشد گیاهان، و به‌ویژه نحوه استقرار سیستم‌های پرفشار و کم‌فشار هوا کـه پیامـد آن پیـدایش دوره‌هـای خشک و مرطوب است، همه به‌نوعی تحـت تـأثیر تـابش خورشـیدی دریافتی در سطح زمین می‌باشد و ضـروری اسـت تـأثیر هـر یـک از متغیرهای خورشیدی به عنوان یـک عامـل هواشـناختی در وضـعیت خشکی و رطوبتی ماه‌های سال بررسی گردد. باتوجه به اهمیت مسئله خشکسالی مطالعات گسترده‌ای در سطح کشور و دنیا انجام شده است، اما در هریک از مناطق و کشورهای جهان از جمله ایران با اسـتفاده از نمایه‌ها و روش‌های مختلف جنبه‌های گونـاگون ایـن موضـوع مـورد بررسی قرار گرفته است می‌توان گفت که در بخـش عمـده‌ای از ایـن تحقیقات شاخص بارش استاندارد بـه‌عنـوان یکـی از مناسـب‌تـرین و رایج‌ترین نمایه‌های بررسی جنبـه‌هـای مختلـف خشکسـالی اقلیمـی (تداوم، حساسیت، شدت، بزرگی و فراوانی) به‌دلیـل محاسـبه آسـان و نیاز به داده‌های بارش، مورد تأکید قرار گرفته است. بررسی‌های انجام شده بیانگر این است که در زمینه موضوع پژوهش حاضـر و بـه‌ویـژه روش و مراحل انجام آن در ایران هـیچ گونـه بررسـی‌هـای مشـابهی صورت نگرفته است، اما در سطح جهان سیرداس در تز دکترای خـود این موضوع را برای اولین بار پیشنهاد نمـود و در سـال 2008 از ایـن روش برای بررسی روابط بین خشکسالی و متغیرهای تابش خورشیدی استفاده نمود. وی در این مقاله با اسـتفاده از اطلاعـاتی چـون تـابش رسیده به سطح زمین به تابش بالای جو و سـاعت آفتـابی واقعـی بـه ساعت آفتابی نجومی و بارش اسـتاندارد شـده در دوره زمـانی 1982-1991 در هفت ایستگاه همدیـدی ترکیـه بـا کـاربرد روش سـه‌گانـه ترسیمی خشکسالی‌های اقلیمی را در رابطـه بـا پراسـنج‌هـای معادلـه خطی آنگستروم-پراسکات پیش‌بینی نمود. در این پـژوهش برمبنـای تکنیک کریجینگ مدل گوسـین نمودارهـای سـه‌گانـه خشکسـالی-خورشیدی را ترسیم نمود(Sirdas., 2002). سن نیز در کتاب خـود از این روش به عنوان TDSIM نام برده و معتقد اسـت کـه مـدل‌هـای رگرسیونی چندگانه مختلف که تابش خورشیدی را با دیگر متغیرهـای اقلیمی مرتبط می‌سازند با توجه به ماهیت چنین تکنیک‌هـای آمـاری دارای محدودیت‌هایی هستند از جملـه اینکـه بـا افـزایش متغیرهـای ورودی به مدل منابع خطا نیز افزایش می‌یابـد و در بسـیاری از مـوارد تغییرات این متغیرها، تغییرات تابش را توجیه نمی‌کند، امـا بـا کـاربرد نمودارهای TDSIM می‌توان تغییـرات تـابش را براسـاس دو متغیـر دیگر و مرتبط با هم به طـور همزمـان تفسـیر نمـود (Sen., 2008). آلتونکایناک و همکاران(2003) در تحقیقی با روشـی مشـابه نوسـانات سطح آب دریاچه وان در ترکیه را مـورد بررسـی قـرار دادنـد. در ایـن تحقیق روش دیاگرام‌های سه‌گانه براساس تکنیک کریجینگ به کـار رفته است و در نتیجه مشخص گردیده است که این روش نسـبت بـه روش‌های دیگر مانند مارکوف و اریما بـرای پـیش‌بینـی و مدلسـازی تصـادفی (stochastic modelling) کـارایی بـیش‌تـری دارد. زیـرا روش‌های مذکور اساساً دارای ساختار خطی و غالباً برای سـری‌هـای ایستا کاربرد داشته و به هر حال توانـایی محـدودی در مـدل کـردن سری‌های ناایستا و پدیده‌هایی که دارای ماهیـت غیرخطـی هسـتند،

دارند. در ایران با توجه به گسترش بیابان‌های وسیع و وجود تابش خورشیدی برای تکمیل این گونه مباحث و رفع پاره‌ای از ابهامات، در این پژوهش ویژگی‌های گوناگون خشکسالی اقلیمی چون تشخیص زمان آغاز، پایان، تداوم، و امکان پیش‌بینی این پدیده بر اساس روابط بین این پدیده و متغیرهای خورشیدی به‌ویژه میزان انرژی تابشی دریافت شده در سطح زمین و تعداد ساعات آفتابی در اقالیم مختلف ایران مورد بررسی قرار گرفته است و این روابط با استفاده از تکنیک-های آماری و ریاضی و منطقی، مدلسازی و شبیه‌سازی خواهد شد. هدف اصلی پژوهش حاضر ابتدا بررسی امکان ارائه و توسعه مفهوم جدیدی از خشکسالی اقلیمی و ارزیابی ویژگی‌های همه‌جانبه آن بر اساس متغیر های سه‌گانه هیدرومتئورولوژیکی و هواشناختی مرتبط با پدیده خشکسالی، چون بارش (mm)، تشعشع خورشیدی(MJ.M-2.Day-1) و تداوم ساعات آفتابی (hr) در مقیاس ماهانه و حتی کم‌تر از آن در ایستگاه کرمانشاه است. به‌عبارت دیگر یافتن روابط بین این متغیرها و میزان تاثیر آن‌ها بر وقوع خشکسالی اقلیمی و در نهایت شبیه‌سازی و ارائه برازنده‌ترین مدل‌های ریاضی و منطقی بین خشکسالی اقلیمی مورد اشاره در فوق است تا براساس روابط خاص بتوان پدیده خشکسالی اقلیمی و ویژگی‌های همه‌جانبه آن مانند زمان‌های آغاز، پایان، تداوم و شدت را تشخیص، ارزیابی و پیش‌بینی نمود. سپس ارائه دیدگاه‌ها و روش‌های ترسیمی نوینی چون نمودارهای دوگانه[1] و سه‌گانه خورشیدی- خشکسالی[2] است.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر پس از بررسی و مرور پیشینه علمی موضوع ابتدا داده‌های هواشناختی مانند تابش خورشیدی رسیده به زمین(Mj m-2 d-1)، ساعت آفتابی(hr) و بارش(mm) ایستگاه همدیدی کرمانشاه در مقیاس زمانی ماهانه در دوره آماری 1350 تا 1390 از سازمان هواشناسی کشور (IRIMO) اخذ گردید. چون در سال‌های 1380 و 1379 دستگاه‌های تابش‌نگار از مدل KIPZONNEN-CCI به SOLRAD تغییر یافته و در این میان در موارد معدودی داده‌های تابش دارای خطا بودند و باتوجه به اینکه نسبت بین تابش دریافتی در سطح زمین به تابش بالای جو (Rs/Ro) باید کم‌تر از یک باشد، در مواردی که این نسبت بیش‌تر از یک بود، داده‌های پرت و دارای خطا حذف گردید. جدول1 خصوصیات جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه کرمانشاه را نشان می‌دهد.

در مرحله بعد براساس مدل آنگستروم، ضرایب این مدل در ایستگاه کرمانشاه واسنجی و نسبت بین متغیرهای خورشیدی (R_s/R_o) و S/So) به‌دست آمد. برای تعیین دوره‌های خشک و مرطوب براساس متغیرهای خورشیدی، دو نسبت مذکور و نیز بارش ماهانه با استفاده از توزیع استاندارد z استانداردسازی و نمودارهای دوگانه[3](DGM) مربوط به ایستگاه کرمانشاه ترسیم شد. در مرحله پایانی با استفاده از بارش ماهانه استاندارد شده و انتخاب برازنده‌ترین واریوگرام و مدل درون‌یابی آن‌ها و کاربرد نرم‌افزار GS^+ نمودارهای گرافیکی سه گانه[4] خشکسالی- خورشیدی (TGM) با نرم‌افزار Surfer ترسیم گردید. مراحل تحقیق به شرح زیر می‌باشد.

تصحیح اطلاعات و داده‌ها

برای تصحیح اطلاعات و داده‌های هواشناسی برای انجام پژوهش به دو روش زیر عمل گردید:

1- داده‌هایی که اشتباه بودن آن‌ها مشخص بود، مثل بعضی از داده‌های تابش دریافتی در سطح زمین که مقدار آن از تابش بالای جو بیش‌تر بود یا اعداد منفی در ستون‌های مربوط به ساعت آفتابی حذف گردید.

2- با فرض اینکه وابستگی کسر تابش H/H_o به کسر آفتابی S/S_o باید از 80 درصد بیش‌تر باشد، اصلاح داده‌ها به روش زیر انجام شد:

الف- با محاسبه تابش بالای جو ماهانه برای هر ایستگاه و بدست آوردن میانگین ماهانه تابش روی زمین از داده‌های هواشناسی، کسر تابشی روزانه، H/H_o، محاسبه شد.

ب- با محاسبه طول روز برای هر شهر (طریقه محاسبه در بخش بعد آمده است) و با بدست‌آوردن میانگین ساعت آفتابی از داده‌های هواشناسی، کسر آفتابی روزانه S/So محاسبه شد.

ج- با در نظر گرفتن کسر تابشی روزانه H/H_o و به عنوان متغیر وابسته و کسر ساعت آفتابی S/S_o به عنوان متغیر مستقل به کمک نرم‌افزار SPSS در حالیکه متغیر خطای برآورد استاندارد (متغیر تصادفی که میانگین آن صفر و انحراف معیارش یک باشد) روی عدد 3 تنظیم شده‌است، بهترین خط رگرسیون بین متغیرهای H/H_o و S/S_o رسم می‌شود. داده‌هایی که مقدار خطای برآورد استانداردشان از 3 بیش‌تر باشد به عنوان داده‌های پرت (داده‌هایی که در مقایسه با دیگر داده‌ها اختلاف زیاد دارند) معرفی می‌شوند و باید حذف شوند (میرحسینی، 1381).

طریقه محاسبه تابش فضایی و طول روز

برای بدست‌آوردن تابش روزانه فضایی روی سطح افق از رابطه زیر استفاده شد.

1- DGM
2- TGM

3 - Dual Graphic Method
4 - Triple Graphic Method

جدول1- خصوصیات اقلیمی ایستگاه کرمانشاه

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح میانگین دریا	ماه دارای بیشینه تابش	ماه دارای بیشینه ساعت آفتابی	کم بارش‌ترین ماه سال
کرمانشاه	34° 21' N	47° 9 ' E	1318	ژوئن	جولای	آگوست

$$H_o = \frac{24\times 3600}{\pi}\times 1353[1+0.033\cos(\frac{360n}{365})][\cos\varphi\cos\delta\sin\omega_s + \frac{2\pi\omega_s}{360}\sin\varphi\sin\delta] \quad (1)$$

که در این رابطه زاویه انحراف خورشیدی، δ، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\delta = 23.45\sin(\frac{234+n}{365}) \quad (2)$$

برای محاسبه زاویه انحراف برای هر روز به جای n، در فرمول فوق شماره روز سال گذاشته شد، به این صورت که برای روز اول ماه ژانویه، $n=1$ در نظر گرفته‌شد.

همچنین زاویه ساعت معادل $\vartheta_z = 90$ یعنی ω_s هم از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\omega_s = \cos^{-1}(-tg\varphi\, tg\delta) \quad (3)$$

که ω_s برای تک‌تک روزهای سال ایستگاه مورد نظر محاسبه شد و سپس میانگین ماهانه گرفته شد.

برای بدست‌آوردن کسر ساعت آفتابی، به طول روز، N، نیاز می‌باشد که از رابطه زیر برای تمام روزهای سال محاسبه شد.

$$N = \frac{2}{15}\omega_s \quad (4)$$

معادله خطی آنگستروم

روش برآورد میزان شدت تابش با استفاده از ساعات آفتابی، ابتدا به وسیله کمبل[1] در سال 1919 و پنج سال بعد، مبنای ریاضی آن توسط انگستروم[2] ارائه شد که امروزه بعد از گذشت سال‌ها، هنوز هم شکل اصلی آن بنام معادله انگستروم کاربرد دارد. این معادله به‌دلیل سادگی، کاربرد گسترده‌ای در محاسبه تابش رسیده به سطح زمین دارد و برای مناطقی که روش مناسبی برای محاسبه تابش آن‌ها ارائه نشده و یا مقادیر تابش آن‌ها اندازه‌گیری نمی‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد (et al., 1998 Allen). معادله آنگستروم- پرسکات به طور کلی به صورت زیر می باشد که در آن ضرایب a' و b' برای هر منطقه قابل محاسبه است.

معادله انگستروم رابطه‌ای رگرسیون بین نسبت متوسط ماهانه شدت تابش کل روزانه خورشید در یک سطح افق، $\overline{H}$، به همان پارامتر برای روز با آسمان صاف، $\overline{H}_c$ و کسر ساعات آفتابی S/S_o می باشد و به صورت زیر بیان می‌گردد.

$$\frac{\overline{H}}{\overline{H}_c} = a' + b'\ \frac{\overline{n}}{\overline{N}} \quad (5)$$

که a' و b' ثابت‌های این معادله هستند (کمالی و مرادی،1384).

شاخص استاندارد یا نرمال[3]

براساس مبانی ریاضی، این تبدیل به‌گونه‌ای است که اگر هر عدد موجود در یک توزیع به نمره Z-SCore تبدیل شود، میانگین نمره-های تبدیل شده صفر و انحراف معیار آن‌ها یک خواهد بود (Wu et al., 2001). شاخص استاندارد z به‌ویژه جهت مقایسه چندین نوع داده‌های متفاوت و متعلق به توزیع‌هایی با میانگین‌ها و یا انحراف معیار مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای مثال بدین منظور ابتدا سری‌های زمانی ماهانه بارش xi $(X_1, X_2, \ldots, X_n)$ به روش Z-Score استانداردسازی شد. سری‌های بارش ماهانه استاندارد شده (SMP)، xi به این صورت تعریف می‌شود:

$$xi = \frac{xi - \bar{X}}{Sx} \quad (6)$$

که در آن

$\bar{X}$ = میانگین حسابی سری زمانی

Sx = انحراف معیار سری زمانی

SMP[4]= بارش ماهانه استاندارد شده، است.

از دیدگاه نظری Z-Score، قسمت‌هایی از سطح زیرین تابع توزیع نرمال گوسین[5] است. از مزایای مهم نمایه SPI آن است که برای محاسبه آن فقط به دو پارامتر میانگین حسابی و انحراف معیار متغیر مورد بررسی نیاز است، در حالیکه تعیین شاخص‌های دیگر خشکسالی مانند پالمر مستلزم پارامترهای بیش‌تر و متعددی است. در

1- Cambal
2- Angstrom

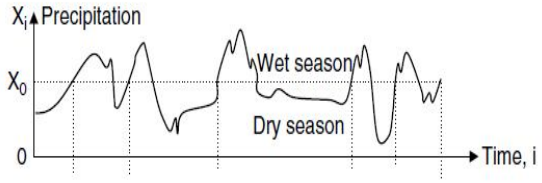
3 - Z SCORE
4 - standardized monthly precipitation
5 - Gaussian

جدول 2 طبقات Z-Score مورد استفاده در سری‌های بارش ماهانه استاندارد شده SMP را نشان می‌دهد.

جدول2- توصیف کیفی خشکسالی براساس شاخص نمره استاندارد Z-Score

علامت اختصاری	طبقه‌بندی خشکسالی	مقادیر نمایه
MID1	خشکسالی ملایم	0تا 99/-
MOD2	خشکسالی متوسط	1- تا 49 /1-
SED3	خشکسالی شدید	1/5- تا 1/99-
EXD4	خشکسالی بسیار شدید	2- و کمتر

و به‌عنوان مثال ویژگی‌های مختلف خشکسالی در شکل 1 نشان داده شده است. چنانکه مشاهده می‌شود، SMP برای تعیین ویژگی‌های مختلف خشکسالی چون تداوم، بزرگی و شدت آن در مقیاس‌های گوناگون قابل استفاده است.



شکل 1- شکل ویژگی‌های خشکسالی

در پژوهش حاضر از این فرمول‌های بنیادین برای بررسی ویژگی‌های خشکسالی ایستگاه کرمانشاه استفاده گردید. رابطه‌ی بین متغیرهای خورشیدی و شدت خشکسالی به صورت نمودارهای پراکنش[5] با بهترین خط برازش، نشان داده شده، و سری زمانی SMP برای ترسیم نمودارهای سه‌گانه گرافیکی خشکسالی-خورشیدی مورد استفاده قرار گرفته‌است.

درون‌یابی

روش‌های درون‌یابی مجموعه‌ای از مدل‌های مختلف ریاضی و آماری را برای پیش‌بینی مقادیر نامعلوم به‌کار می‌گیرند. آنچه مسلم است، شباهت نقاط مجهول به نزدیک‌ترین نقاط معلوم یا اصل نزدیک‌ترین همسایه که پایه روش‌های درون‌یابی است و اینکه چگونه این اصل مورد استفاده قرار می‌گیرد، بستگی به مدل انتخابی دارد. برای درک بهتر ساختار فضایی نمونه‌های برداشت شده و انتخاب بهترین روش در درون‌یابی، خود همبستگی فضایی[6] بین نمونه ها مطالعه می‌شود. این بررسی را می‌توان با ترسیم فاصله بین نمونه‌ها و واریانس ارزش نمونه‌ها یا به عبارت دیگر تغییرنماها به دست آورد. تغییر نما، براساس این تفکر که خواص پدیده‌ها در مکان‌های نزدیک-تر شباهت بیش‌تری دارند تا در فاصله‌های دورتر، درجه وابستگی یا همبستگی بین نقاط را اندازه‌گیری می‌کند (غلام نیا و همکاران، 1393). با محاسبه و رسم تغییرنما در امتدادهای مختلف به آسانی می‌توان به وجود تغییرات در خود همبستگی‌ها پی برد. برای داده‌هایی که دارای روندهای موضعی تعریف شده‌ای باشند، روش کریجینگ، با کم‌ترین واریانس تخمین، درون‌یابی می‌کند که میزان خطای آن تابع مشخصات تغییرنما (ساختار فضایی) است. اگر مطالعات مربوط به واریوگرافی و تشخیص مدل تغییرنما با دقت کافی انجام شود درون-یابی به روش کریجینگ، با دقت بالایی همراه خواهدبود. کریجینگ برای تخمین در درون‌یابی دو مدل کریجینگ معمولی و کریجینگ فراگیر را پیشنهاد می‌کند. کریجینگ معمولی بیانگر مدل‌های کروی[7]، دایره‌ای[8]، نمایی[9]، گوسی[10] و خطی[11] در تغییرنما است. بنابراین استفاده از تخمینگرهای زمین‌آماری می‌تواند دقت محاسبات را به دلیل در نظر گرفتن موارد فوق‌الذکر افزایش دهد. در این تحقیق برای درون‌یابی متغیرهای خورشیدی و بارش استاندارد شده در ایستگاه کرمانشاه از نرم‌افزار GS+ استفاده شد. ابتدا برازنده‌ترین تغییرنما و مدل درون‌یابی با استفاده از نرم‌افزار محاسبه و سپس مدل مناسب با نرم‌افزار SURFER به تغییرنما برازش داده شده‌است.

روش سه‌گانه گرافیکی[12]

اگرچه درحال حاضر فرمول‌های رگرسیون چندگانه مختلفی ارائه شده‌اند که تابش خورشید را با متغیرهای دیگر مانند ساعات آفتابی، رطوبت، دما، ارتفاع مرتبط می‌سازد، اما همه آن‌ها مبتنی بر فرضیات محدودکننده‌ای هستند که مورد نیاز تکنیک‌های رگرسیون می‌باشند چنین مدل‌های رگرسیونی تغییرات جزئی را نشان نمی‌دهد و ترجیحاً به حالت قطعی و جبری[13] هستند. چنین مدل‌هایی بیانگر روابط ریاضی بوده و افزایش تعداد متغیرها، منابع خطا نیز افزایش می‌یابد و دقت مدل زیر سوال می‌رود. تغییرات سه بعدی را می‌توان با استفاده از سیستم مختصات کارتزین و به‌صورت نقشه‌های منحنی میزان[14]

1- Mild drought
2- Moderate drought
3- Severe drought
4- Extreme drought
5 - scatter

6 - Spatial autocorrelation
7 - Spherical
8 - Circular
9 - Exponential
10 - Gaussian
11 - Linear
12 - Triple graphical method
13 - deterministic
14- contour map

نمایش داد. در نقشه‌های معمولی تغییرات یک متغیر با متغیرهای مکانی شامل طول و عرض جغرافیایی یا جهات شمالی و شرقی آن‌ها بیان می‌گردد (Cressie., and Srivastava., 1989 Isaaks 1993). از این رو، تخمین مقادیر متغیر مورد نظر بر روی نقشه با استفاده از مقادیر یک جفت از متغیرهای مکانی معلوم و متناظر آن میسر می‌گردد. بعلاوه اگر پیش‌بینی شرایط خشکسالی با استفاده از پارامترهای اندازه‌گیری شده مانند رطوبت و دمای هوا مدنظر باشد، می‌توان متغیرهای اخیر را جایگزین دو متغیر مکانی نمود. سیرداس برای اولین بار این روش تهیه نقشه را در رساله دکترای خود پیشنهاد کرد. با استفاده از این روش می‌توان مقادیر کنونی یک متغیر را براساس مقادیر قبلی دو پارامتر مشابه دیگر بصورت نقشه ترسیم نمود. ساختار روش سه‌گانه ترسیمی (TGM) سه نوع متغیر را در بر می‌گیرد که از بین آن‌ها دو متغیر مستقل (پیش‌بینی) شامل تابش خورشیدی استاندارد شده[1] (SSI) و ساعات آفتابی استاندارد شده[2] (SSD) ساختار اصلی این نوع ترسیم را تشکیل داده و بارش ماهانه استاندارد شده[3] (SMP) متغیر وابسته تلقی می‌گردد که هر یک از مقادیر آن پس از محاسبه به هر زوج ارقام متغیرهای متناظر خود مرتبط و بر روی نمودار پراکنش اضافه می‌شود (Sirdas., 2002). متروون (1963) نشان داد که خطوط هم ارزش را با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آماری و از جمله روش کریجینگ می‌توان ترسیم نمود. در پژوهش حاضر، پس از ترسیم نمودار نقطه‌ای دو متغیر مستقل، مقادیر متغیر وابسته به این نمودار اضافه شده‌اند. بعبارت دیگر این نوع نمایش، ترسیمی تلفیقی و مقایسه‌ای از نمودار پراکنش دو متغیر مستقل و نقشه منحنی‌های هم‌ارزش متغیر وابسته است. با این روش می‌توان نقشه‌ای تهیه نمود که به کمک آن ارزش‌های متغیر وابسته و مشخص شده بر روی نقشه را براساس مقادیر متغیرهای مستقل پیش‌بینی نمود. در راستای اجتناب از چنین محدودیت‌هایی، پیشنهاد می‌شود خطوط منحنی میزان مربوط به بارش ماهانه استاندارد شده بر اساس ساعات آفتابی و میزان تابش خورشیدی ترسیم شود. نمودار TGM نه‌تنها روابط متقابل بین متغیرهای 3 گانه فوق را نشان می‌دهد بلکه تغییرات جزئی‌تر در بازه زمانی گوناگون (ماهانه، فصلی، روزانه و سالانه) را نیز بیان می‌کند. برای دستیابی به این هدف می‌توان از دو جز مستقل به صورت همزمان استفاده نمود که با تلفیق این پراسنج‌های 3گانه می‌توان نمودارهای TGM نمایش داد. در این روش تخمینی محور عمودی در دستگاه مختصات نسبت ساعت آفتابی نجومی به ساعت آفتابی واقعی و محور افقی تابش رسیده به زمین به تابش بالای جو اختصاص می‌یابد و متغیر سوم به صورت خطوط منحنی میزان نمایش داده می‌شود.

با توجه به مراحل قبلی می‌توان مقادیر تخمینی تابش خورشیدی را برای هر جفت مفروض ساعات آفتابی و رطوبت نسبی بدست آورد. نمودارهای TGM را می‌توان برای دوره‌های زمانی مختلف (ساعت، روز، هفته، ماه و سال) تهیه نمود. به‌علاوه مقایسه دو نمودار TGM مربوط به مکان‌های مختلف می‌تواند تفاوت‌های اقلیمی بین آن‌ها را تا حد زیادی نشان دهد.

تفاوت‌های بین تخمین توسط مدل آنگستروم و برآورد TGM قابل مشاهده‌است و مهم‌ترین تفاوت آن‌ها مشارکت متغیر سوم یعنی بارش استاندارد در این مثال است.

بحث و نتایج

ارتباط بین خشکسالی و متغیرهای خورشیدی

در فصول خشک، تابش خورشیدی و مدت زمان آفتابی تا حداکثر میزان خود افزایش یافته و برعکس در فصول مرطوب کمینه مقادیر خود را دارند. مدت زمان آفتابی و تداوم آن در دوره‌های خشکسالی، نقش مؤثری داشته و خود تحت کنترل این رویدادهای طبیعی گوناگون می‌باشد. در هوای ابری مدت زمان آفتابی کم و امکان وقوع بارش بیش‌تر است، در حالیکه در شرایط آسمان صاف، مدت زمان آفتابی حداکثر و معمولاً بارش قابل توجهی رخ نمی‌دهد. اگر شرایط خشکی در چند فصل ادامه یابد خشکسالی به وقوع می‌انجامد. نسبت-های تابش خورشیدی و تعداد ساعات آفتابی را می‌توان با روش Z-Score به‌شرح زیر استاندارد نمود:

$$SSD = \frac{(S/So)i-(\overline{S/So})mean}{Standard\ deviation} \quad (7)$$

$$SSI = \frac{(H/Ho)i-(\overline{H/Ho})mean}{Standard\ deviation} \quad (8)$$

همانطور که اشاره گردید روابط فیزیکی خاصی بین تابش خورشیدی و تعداد ساعات آفتابی با بارش وجود دارد که می‌توان آن‌ها را به صورت زیر بیان نمود:

اگر ساعات آفتابی استاندارد شده[4] رسیده به زمین (تابش دریافتی استاندارد شده) از میانگین آن کم‌تر، یا به عبارت دیگر کم‌تر از صفر و میزان بارش فصلی استاندارد شده بیش‌تر از صفر باشد، در این صورت شرایط اقلیمی مرطوب است.

اگر ساعات آفتابی استاندارد شده (تابش دریافتی استاندارد شده) و میزان بارش فصلی استاندارد شده از صفر بزرگ‌تر باشد شرایط

1- Standardized Solar Irradiation
2- Standardized Sunshine Duration
3 - Standardized Month Precipitation

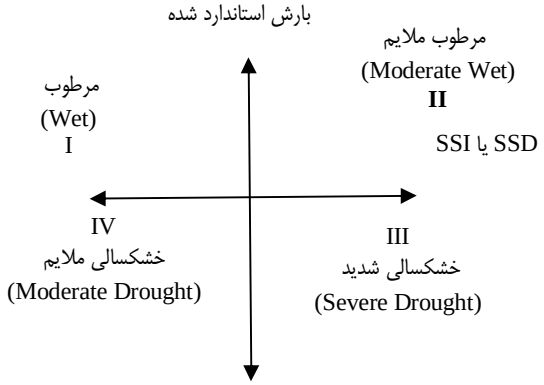
4 - Standardized Solar Duration (SSD)

اقلیمی، نسبتاً مرطوب است.

اگر ساعات آفتابی استاندارد شده (تابش دریافتی استاندارد شده) بیش‌تر از صفر و میزان بارش فصلی استاندارد شده کم‌تر از صفر باشد، شرایط خشکسالی شدید ایجاد می‌شود.

اگر ساعات آفتابی استاندارد شده (تابش دریافتی استاندارد شده) و میزان بارش فصلی استاندارد شده کم‌تر از صفر باشد شرایط خشکسالی ملایم حاکم است. چنانکه مشاهده می‌شود نمودار مذکور با توجه به اصول حاکم بر آن که بدان اشاره شد، دارای 4 ربع است که هر ربع بیانگر شرایط رطوبتی و خشکی اقلیمی و محدوده‌های بین آن‌ها می‌باشد (Sirdas et al., 2007). برای بدست آوردن ارتباط بین خشکسالی هواشناسی و متغیرهای خورشیدی نمودارهای دوگانه خشکسالی- خورشیدی در ایستگاه کرمانشاه ترسیم شد. شکل 2 نمودارهای دوگانه خشکسالی- خورشیدی را نشان می‌دهد.

آب و هوای ایستگاه کرمانشاه براساس سیستم طبقه‌بندی کوپن CSa می‌باشد. این ایستگاه در معرض جبهه‌های مرطوب مدیترانه‌ای قرار دارد که در برخورد با ارتفاعات زاگرس، موجبات ریزش برف و باران را فراهم می‌سازد. طبق شاخص بارش استاندارد شده در ایستگاه کرمانشاه شرایط خشکی از ماه می آغاز و تا اکتبر ادامه دارد به عبارتی 6 ماه خشک و 6 ماه شرایط مرطوب واقع می‌شود. چنانکه در نمودارهای دوگانه(DGM) خشکسالی خورشیدی (شکل 2) مشاهده می‌گردد، در ایستگاه کرمانشاه دو شرایط اقلیمی مرطوب و خشک قابل تمیز هستند، چند ماه در شرایط خشکی و چند ماه در شرایط مرطوب قرار می‌گیرند. رابطه خطی بین SSD و SMP از رابطه SSI قوی‌تر است. نتیجه قابل توجه اینکه با توجه به نمودارهای DGM وضعیت خشکی برخی از ماه‌ها نسبت به جدول توصیف کیفی خشکسالی و ترسالی براساس شاخص نمره استاندارد Z-Score (جدول2) تغییر می‌یابد (جدول3).



شکل 2- تقسیم‌بندی‌های دوره‌های خشکی و رطوبتی به صورت ترسیمی

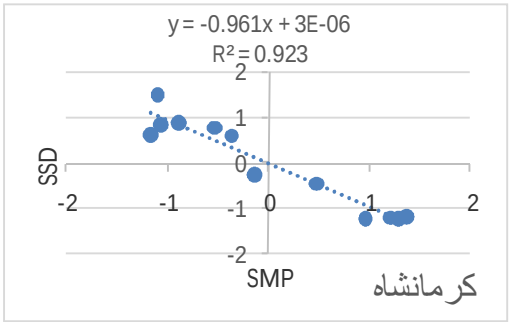
جدول 3- وضعیت خشکی و رطوبتی در نمودارهای DGM و شاخص بارش استاندارد در ایستگاه کرمانشاه

ماه	وضعیت خشکی و رطوبتی ماه‌ها در نمودار رابطه بین تعداد ساعات آفتابی و بارش استاندارد شده	وضعیت خشکی و رطوبتی ماه‌ها در نمودار رابطه بین میزان تابش خورشیدی و بارش استاندارد شده	وضعیت خشکی و رطوبتی ماه‌ها با شاخص بارش استاندارد شده
ژانویه	مرطوب	مرطوب	نزدیک به نرمال
فوریه	مرطوب	مرطوب	نزدیک به نرمال
مارس	مرطوب	مرطوب	بسیار مرطوب
آپریل	مرطوب	مرطوب	نزدیک به نرمال
می	خشکی ملایم	خشکی ملایم	نزدیک به نرمال
ژون	خشکی شدید	خشکی شدید	خشکسالی متوسط
ژولای	خشکی شدید	خشکی شدید	خشکسالی متوسط
آگوست	خشکی شدید	خشکی شدید	خشکسالی متوسط
سپتامبر	خشکی شدید	خشکی شدید	خشکسالی متوسط
اکتبر	خشکی شدید	خشکی شدید	نزدیک به نرمال
نوامبر	نسبتاً مرطوب	مرطوب	نزدیک به نرمال
دسامبر	نسبتاً مرطوب	مرطوب	نزدیک به نرمال

زیرا در محاسبه شاخص بارش استاندارد شده فقط مقادیر بارش ماهانه مدنظر می‌باشد، اما اگر تأثیر هر یک از متغیرهای خورشیدی به عنوان یک عامل هواشناختی در وضعیت خشکی و رطوبتی ماه‌های سال بررسی گردد، مشاهده می‌شود که با منظور نمودن هر یک یا هردوی این متغیرها این وضعیت تغییر نموده و بر این اساس می‌توان شرایط اقلیمی هر ماه بر حسب وضعیت خشکسالی- خورشیدی آن مجدداً تعریف نمود، مثلاً در ایستگاه کرمانشاه با توجه به متغیرهای خورشیدی و بارش استاندارد شده ماه اکتبر وضعیت خشکی شدید ولی با بارش استاندارد شده به تنهایی نزدیک به نرمال (0/99-0/99-) می‌باشد.

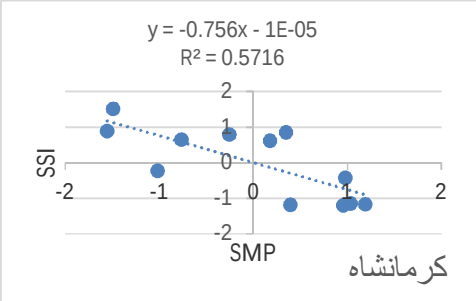
همانگونه که زاده پیشنهاد کرده این قواعد را می‌توان برای یک سیستم استنتاج منطق فازی نیز به کار برد. در این تحقیق برای نمایش ترسیمی روابط بین خشکسالی اقلیمی و هر یک از متغیرهای خورشیدی (ساعات آفتابی و تابش خورشیدی) از این روش شماتیک که به روش ترسیمی دوگانه[1] استفاده شده است و با توجه به متفاوت بودن واحدهای اندازه‌گیری هریک از متغیرهای مذکور این پارامترها به صورت استاندارد شده و بدون بعد استفاده گردیده است (Zadeh., 1968). شرایط و تقسیم‌بندی‌های مذکور به صورت ترسیمی در شکل 2 نشان داده شده‌است.

بنابراین این تمایز اقلیمی را می‌توان براساس یافته‌های فوق از ویژگی‌های اقلیمی این ایستگاه تلقی نمود. با توجه به نمودارهای DGM وضعیت خشکی برخی از ماه‌ها نسبت به جدول توصیف کیفی خشکسالی و ترسالی براساس شاخص SPI تغییر می‌یابد. زیرا در محاسبه شاخص بارش استاندارد شده فقط مقادیر بارش ماهانه مدنظر می‌باشد، اما اگر تأثیر هریک از متغیرهای خورشیدی به عنوان یک عامل هواشناختی در وضعیت خشکی و رطوبتی ماه‌های سال بررسی گردد، مبنایی برای ارائه یک روش جدید تشخیص وضعیت خشکی و رطوبتی ماه‌های سال بدست می‌آید که می‌توان شرایط اقلیمی هر ماه برحسب وضعیت خشکسالی- خورشیدی آن مجدداً تعریف نمود.



شکل3- نمودار رابطه بین تعداد ساعات آفتابی (SSD) و خشکسالی در ایستگاه کرمانشاه

1 - Dual Graphic Method (DGM)



شکل4- نمودار رابطه بین تابش خورشیدی(SSI) و خشکسالی در ایستگاه کرمانشاه

انتخاب برازنده‌ترین مدل درون‌یابی

اولین مرحله قبل از ترسیم نقشه‌های سه‌گانه خشکسالی- خورشیدی، تعیین تغییرنمای تجربی (SV) است. برای انتخاب روش مناسب ابتدا واریوگرام‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار GS+محاسبه و رسم شده‌اند. سپس مدل مناسب به واریوگرام برازش داده شده است که مشخصات آن در جدول زیر استفاده شده است. هر واریوگرامی که بیش‌ترین R^2 (ضریب تبیین) و کم‌ترین RSS را دارا باشد، برازنده می‌باشد (جدول4). با توجه به شکل‌های 3 و 4 در ایستگاه کرمانشاه روش کریجینگ، مدل گوسین با ضریب تبیین 0/935 و RSS =0/247 بهترین برازش را داشت.

نمودار سه‌گانه خشکسالی- خورشیدی

هدف اصلی این شیوه گرافیکی ترکیب سه متغیر متفاوت ولی مرتبط برای بررسی رفتار آن‌ها در دو بعد براساس نقشه کنتور تراز می‌باشد که جزئیات توضیح داده می‌شود. در این پژوهش مربعات حداقل و روش کریجینگ و IDW برای هدف‌های مختلف به کار رفته است. ابتدا از روش مربعات خطا برای بدست‌آوردن رابطه بین دو متغیر خورشیدی استفاده و سپس با انتخاب روش‌های مناسب مانند کریجینگ و IDW، متغیر سوم (SMP) به عنوان نقشه پایه وارد شده‌است (Sirdas et al., 2002). این روش نه‌تنها برای متغیرهای کلیماتولوژی بلکه برای تخمین شدت خشکسالی وابسته به تابش خورشیدی و ساعات آفتابی نیز به کار می‌رود. برخی از متغیرهای مهندسی خورشیدی مانند ضرایب معادله آنگستروم نیز قابل تخمین است. شکل 5 نمودار سه گانه خشکسالی- خورشیدی می‌باشد که تغییرات شرایط خشکسالی وابسته به تابش خورشیدی (H/H_O) و ساعات آفتابی (S/SO) را آشکار می‌سازد. علاوه بر این خط ترسیم شده ضرایب مدل آنگستروم (a و b) را نمایش می‌دهد. اگر یکی از پارامترها موجود نباشد می‌توان از این معادله بدست آورد، همانطور که

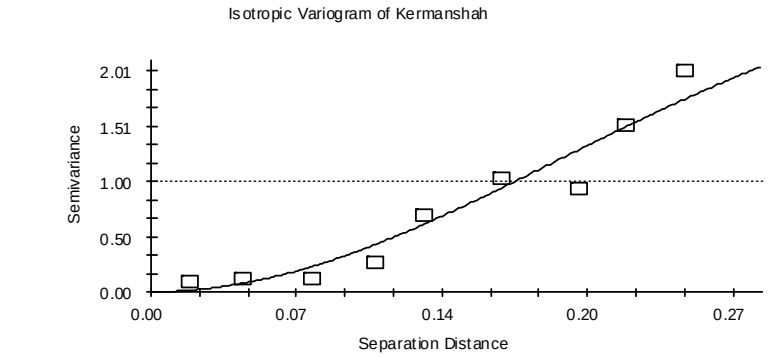
مشهود است با استفاده از این نمودارها دو ناحیه متفاوت و سه متغیر، می‌تواند مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. ایستگاه کرمانشاه در پهنه غربی ایران واقع شده است. روش ارائه‌شده در این پژوهش، در ایستگاه کرمانشاه کارایی زیادی دارد. همانطور که در نمودارهای TGM مشاهده می‌شود در این ایستگاه شرایط خشکی بیش‌تر تابع ساعات آفتابی است و طبق شکل 5 با افزایش نسبت S/S_o مواجه با افزایش شدت خشکی و تداوم ماه‌های خشک می‌باشد. ماه‌های خشک از ماه می آغاز و تا اواخر اکتبر ادامه دارد که شامل ماه‌های می، ژولای، ژون، آگوست، سپتامبر و اکتبر است. در ایستگاه کرمانشاه محدوده متغیرهای تابشی در دوره خشکی H/H_o 0/5-0/56 و S/S_o 0/644-0/84 می‌باشد و خشکی شدید بیش‌تر تحت تأثیر ساعت آفتابی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

می‌توان ویژگی‌های همه‌جانبه خشکسالی اقلیمی مانند زمان آغاز، پایان، تداوم و شدت را در مقیاس‌های ماهانه و حتی کم‌تر براساس مقادیر متغیرهای خورشیدی برآورد نمود. چنانکه در شکل 5 و جدول 4 دیده می‌شود، می‌توان در ایستگاه کرمانشاه با اعتبار بالا (R2=0/89 و RSS=0/574)، مقادیر بارش استاندارد را با توجه به مقادیر استاندارد شده متغیرهای خورشیدی برآورد نمود و هر شدت خشکسالی اقلیمی را بر حسب آستانه‌های کمی هریک از متغیرهای خورشیدی مشخص نمود.

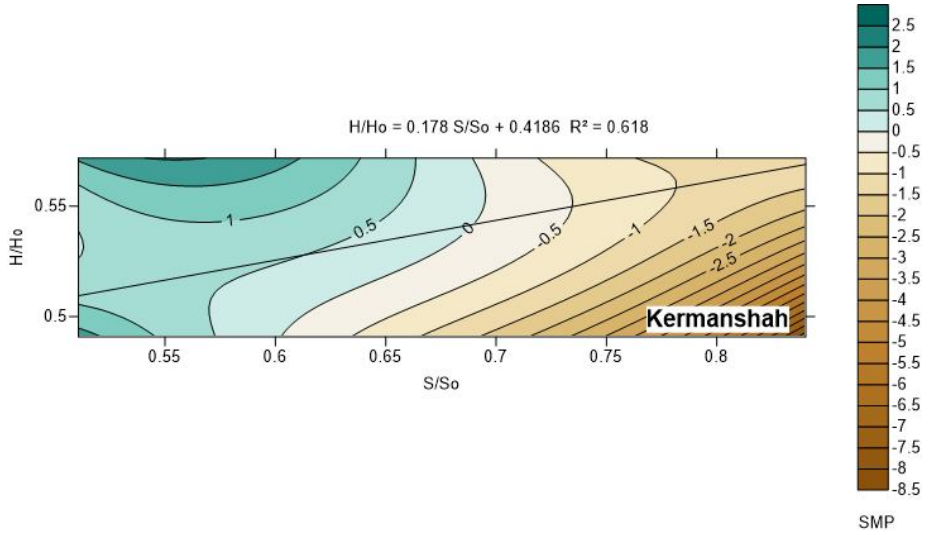
جدول 4- مشخصات واریوگرام حاصل از مقادیر SMP و متغیرهای خورشیدی در روش کریجینگ و مدل‌های مختلف در ایستگاه کرمانشاه

مدل	Nugget Co	Sill Co+C	Range Parameter Ao	Effective Range	Proportion C/(Co+C)	R2	RSS
کروی[1]	0/001	3/012	0/7060	0/7060	1/00	0/852	0/667
نمایی[2]	0/001	3/012	0/3930	1/179	1/00	0/852	0/880
خطی[3]	0/001	2/267	0/3610	0/3610	1/00	0/894	0/62
Linear to sill	0/001	2/267	0/3610	0/3610	1/00	0/894	0/62
گوسی[4]	0/001	3/012	0/2650	0/159	1/00	0/935	0/247



شکل 5- نمودار تغییرنمای ایستگاه کرمانشاه

1 - Spherical
2 - Exponential
3 - Linear
4 - Gausian



شکل 6- نمودار TGM در ایستگاه کرمانشاه

با توجه به جدول 3 محدوده زمانی آغاز دوره خشک، پایان و تداوم دوره خشک مشخص می‌شود. با توجه به این شکل خشکسالی در ایستگاه کرمانشاه از اواخر می شروع شده و شامل ماه‌های ژون، ژولای، سپتامبر، اکتبر است و تا اواخر اکتبر ادامه دارد. محدوده متغیرهای تابشی در دوره‌ی خشکی H/Ho 0/5-0/56 و S/So 0/644-0/84 می‌باشد. نشان می‌دهد که ایستگاه کرمانشاه با افزایش نسبت S/S_o مواجه با افزایش شدت خشکسالی و تداوم ماه-های خشک می‌باشد. در این ایستگاه 6 ماه خشک و 6 ماه مرطوب وجود دارد. روش‌های ترسیمی دوگانه (DGM) و سه‌گانه (TGM)، به شرط دسترسی به داده‌ها و اطلاعات لازم در انجام چنین تحقیقاتی مفید و کارا می‌باشند. بررسی‌های انجام شده بیانگر آن است که تاکنون در این زمینه در ایران مطالعه‌ای صورت نگرفته و پژوهش حاضر در واقع نخستین نمونه تحقیقاتی در کشور محسوب می‌شود. این تحقیق در مقیاس زمانی ماهانه انجام شده اما اگر تحقیقات آتی براساس تقویم ژولیوسی صورت گیرد، موضوع مورد بررسی در مقیاس زمانی روزانه و حتی کم‌تر از آن نیز قابل مطالعه است. میزان شیب خط رگرسیونی معادله مربوط به تخمین خشکسالی اقلیمی برمبنای متغیرهای خورشیدی، پایه‌ای جهت تصمیم‌گیری برای استفاده از روش ترسیمی سه‌گانه در بررسی روابط بین خشکسالی اقلیمی و متغیرهای مذکور و اعتبارسنجی مدل‌های ارائه شده‌است. با بررسی نمودار ایستگاه کرمانشاه مبین آن است که میزان شیب این خط به-نوعی تمایز فصلی دوره خشک و بارشی را نشان می‌دهد. یعنی هرچه شیب این خط بیش‌تر باشد، سال از دو فصل متمایز و متباین خشک و بارشی تشکیل شده و روش‌های تحلیلی DGM و TGM از کارایی بیش‌تری برخوردارند.

علاوه بر این در این نمودارها معادله آنگستروم جهت تخمین تابش خورشیدی در این ایستگاه با دقت و اعتبار بالا ارائه شده است.

چنانکه مشاهده می‌شود با توجه به نمودارهای سه‌گانه می‌توان:

- تغییرات کمی و کیفی خشکسالی و ترسالی بر حسب دو متغیر خورشیدی را بررسی نمود.
- با توجه به ارقام خطوط منحنی میزان می‌توان شدت خشکسالی را در هر ماه و حتی بین هر ماه مشاهده نمود.
- باتوجه به تغییرات شیب خط فرضی که به طور مستقیم هر دو ماه متوالی را به یکدیگر متصل می‌کند می‌توان روند خشکی را بررسی نمود.
- علاوه بر این با توجه به این نمودار می‌توان تشخیص داد که تغییرات ماهانه خشکسالی بیش‌تر تحت تأثیر کدام متغیرهای خورشیدی است مثلاً در ایستگاه کرمانشاه تغییرات بیش‌تر تحت تأثیر تعداد ساعت آفتابی است.
- از همه مهم‌تر روابط خشکسالی را با دو متغیر خورشیدی به صورت ماهانه و بین ماهانه قابل بررسی و می‌توان چنین ادعا نمود که این پژوهش روشی جدید برای تشخیص آغاز، تداوم، شدت و پایان خشکسالی اقلیمی براساس بارش استاندارد شده در مقادیر کمی خورشیدی (تعداد ساعات آفتابی و تابش دریافتی) ارائه نموده‌است.

منابع

کمالی،غ.ع و نیکزاد،م. 1368. شاخص‌های هواشناسی در خشکسالی کشاورزی. نیوار.6

غلام‌نیا،ا.، مبین،م.ح.، سودایی‌زاده،ح. 1393. ارائه یک مدل عمومی برای برآورد انرژی خورشیدی روزانه در یزد، اولین همایش ملی

بهداشت محیط، سلامت و محیط زیست پایدار، همدان، 1393.

میرحسینی،س.ع. 1381. تعیین ضریب صافی هوا برای شهرهای مختلف ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف تهران، 1381.

Allen,R.G. 1998. Evaluation of Procedures for Estimating Mean Monthly Solar radiation from air temperature. FAO, Rome.

Angstrom,A. 1924. Solar and terrestrial radiation. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 50: 121–125.

Banglapedia,E. 2003. National Encyclopedia of Bangladesh, Islam, and S. edited, Asiatic Society of Bangladesh.

Cressie NAC. 1993. Statistics for Spatial Data, revised edition Wiley: New York; 900 pp.

Folland,C.K., Karl,T.R., Salinger,M.J. 2002. Observed climate variability and change. Weather (Royal Meteorological Society) 57.8: 269–278.

Isaaks,E.H., Srivastava,R.M. 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford: Oxford University Press; 561 pp.

Journel,A., Huijbregts,A. 1978. Mining Geostatistics. London: Academic Press.

Karl,T.R., Trenberth,K.E. 2003. Modern global climate change.journal of Science 302: 1719–1723.

Riebsame,W.E., Changnon,S.A., Karl,T.R., 1991: Drought and Natural Resources Management in the United States: Impacts and Implications of the 1987–89 Droughts. Westview Press: Boulder: 174.

Sen,Z.O., ztopal,A., Sahin,AD. 2001. Application of genetic algorithm for determination of Angstrom equation coefficients. Energy Conversion and Management 42: 217–231.

Sen,Z. 2008. Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques. ˙Istanbul Technical University.

Sirdas,S., Sen,Z. 2003. Spatio-temporal drought analysis to the Trakya region, Turkey. Hydrological Sciences Journal 48.5: 809–820.

Sirdas,S. 2002. Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve T¨urkiye Uygulaması (Meteorological drought modelling and application to Turkey). PhD Thesis, Institute of Science and Art, Istanbul Technical University.

Trenberth,K.E., Branstator,G.W. 1992. Issues in establishing causes of the1988 drought over North America. Journal of Climate. 5.2: 159–172.

Wu,H., Hayes,M.J., Weiss,A., Hu,Q. 2001. An evaluation of the Standardized Precipitation Index, the China-Z Index and the statistical Z-Score. International Journal of Climatology 21: 745–758.

Zadeh,L.A. 1968. Fuzzy algorithms. Information and Control 12, pp: 94–102.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 10, Jul.-Agu. 2016, p. 272-283

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 3، جلد 10، مرداد - شهریور 1395، ص. 283-272

Relationship Between Drought and Solar Irradiation variables in Kermanshah Station

M.H. Mobin[1], A. Gholamnia[2], R. ebrahimi[3*]
Recived: Apr.10, 2016 Accepted: Jul.20, 2016

Abstract

Drought prediction for in many regions of the world has critical importance for strategic planning agriculture and water management. The occurrence of droughts cannot be predicted with certainty and thus must be treated as random variables. It is the main purpose of this paper to develop a new concept of drought features assessments based on triple drought related hydro meteorological and meteorological variables, namely, rainfall, solar irradiation and sunshine duration. At first scatter diagram of rainfall, solar irradiation and sunshine duration are drawn as named Dual Graphic Method (DGM) and observed monthly drought condition are change compare SMP values table. Equal standard rainfall lines are drawn as a map with two reference variables as solar irradiation and sunshine duration. These are referred to as the triple graphical method (TGM) approach. It furnishes rich features of drought behavior variation based on the rainfall, solar irradiation and sunshine duration. This analysis and the solar irradiation estimation method are applied to Kermanshah stations in the Republic of Iran for the monthly data period 1970–2010. The linear relations between drought and the variables of the Angstrom equation are found 0.61. TGM graphs help to identify not only precipitation surplus (wet spells) or deficits (dry spells droughts) but also their variations with two more meteorological variables as solar irradiation and sunshine duration.

Key words: Drought, triple graphical method (TGM), Kermanshah, Angstrom equation, Solar irradiation, Sunshine duration, Dry and wet season

1- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University
2 -Ph.D. Student in Combat to Desertification, Faculty of Natural Resources, Yazd University
3- Ph.D Student in Climatology, Yazd University
(* - Corresponding Author Email: Ebrahimi7679@yahoo.com)