

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه خوارزمی

دانشکده علوم جغرافیایی

گروه آب و هواشناسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته آب و هواشناسی سینوپتیک

عنوان :

تحلیل خشکسالی های غرب کشور با استفاده از بررسی الگوهای جوی

استاد راهنما :

دکتر محمد سلیقه

استاد مشاور :

دکتر بهلول علیجانی

نگارش :

مهناز یاوری

مهر ۱۳۹۲

تقدیم به

خدایی که آفرید

جهان را ، انسان را ، عقل را ، علم را ، معرفت را ، عشق را

و به کسانی که عشقشان را در وجودم دمید .

تقدیم به پدر و مادرم

به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کنند....

با تشکر و سپاس از اساتید ارزشمند و پر مایه ام

جناب آقای دکتر محمد سلیقه که از محضر پر فیض تدریسهشان ، بهره ها برده ام و بدون راهنمایی های بی دریغشان پیودن راه بسیار دشوار می نمود و با امتنان از مساعدت های بی شائبه ی جناب آقای پروفهسور مهلول علیجانی که با نکته سنجی های دقیق شان گره گشای مشکلات اینجانب در اهتام این رساله بوده اند ، همچنین از جناب آقای دکتر ابراهیم فتاحی و سرکار خانم دکتر زهرا حجازی زاده که به نوعی مرا در انجام رسانیدن این مهم یاری نموده اند بسیار سپاسگذارم .

فهرست مطالب

۱	فصل اول : طرح تحقیق
۲	۱-۱ بیان مسئله
۴	۱-۲ اهمیت و ضرورت
۶	۱-۳ سوال تحقیق
۶	فصل دوم : پیشینه تحقیق
۸	۱-۲ پیشینه
۱۷	فصل سوم : کلیات منطقه
۱۸	۱-۳ کلیات منطقه
۱۹	۱-۱-۳ موقعیت جغرافیایی منطقه
۲۰	۲-۱-۳ توپوگرافی
۲۰	۳-۱-۳ آب و هوا
۲۱	۱-۳-۱-۳ توده هوای قاره ای قطبی
۲۲	۲-۳-۱-۳ توده هوای اقیانوسی قطبی
۲۲	۳-۳-۱-۳ توده هوای قاره ای حاره ای
۲۲	۳-۱-۳ پوشش گیاهی

۲۳	..... ۴-۱-۳ دما
۲۴	..... ۵-۱-۳ بارش
۲۷	..... ۶-۱-۳ منابع آب
۲۹	..... فصل چهارم : داده ها و روش کار
۳۰	..... ۴-۱ مقدمه
۳۱	..... ۲-۴ تعریف و مفهوم خشکسالی
۳۱	..... ۳-۴ انواع خشکسالی
۳۱	..... ۱-۳-۴ خشکسالی هواشناسی
۳۲	..... ۲-۳-۴ خشکسالی هیدرولوژیکی
۳۲	..... ۳-۳-۴ خشکسالی اقلیم شناسی
۳۳	..... ۴-۳-۴ خشکسالی اقتصادی و اجتماعی
۳۴	..... ۴-۴ ویژگی های فضایی و زمانی خشکسالی
۳۴	..... ۱-۴-۴ آغاز و خاتمه خشکسالی
۳۴	..... ۲-۴-۴ شدت خشکسالی
۳۵	..... ۳-۴-۴ فراوانی خشکسالی
۳۵	..... ۴-۴-۴ وسعت خشکسالی

۳۶	..... ۵-۴-۴ شاخص بارش استاندارد شده SPI
۴۰	..... ۶-۴-۴ روش تحلیل عاملی
۴۲	..... ۷-۴-۴ روش خوشه بندی چند هسته ای K-means
۴۲	..... ۱-۷-۴-۴ مراحل روش خوشه بندی چند هسته ای
۴۳	..... ۵-۴ داده ها و روش پژوهش
۵۲	..... فصل پنجم : تجزیه و تحلیل
۵۳	..... ۱-۵ مقدمه
۵۳	..... ۲-۵ پایش خشکسالی در منطقه مورد مطالعه براساس شاخص SPI
۶۰	..... ۳-۵ تحلیل نقشه های خشکسالی بر اساس شاخص SPI
۶۵	..... ۴-۵ تحلیل الگوهای گردش جوی
۶۵	..... ۱-۴-۵ الگوی ترکیبی همدید شماره یک
۶۷	..... ۲-۴-۵ نقشه آنومالی الگوی شماره یک
۶۸	..... ۳-۴-۵ الگوی ترکیبی همدید شماره دو
۷۱	..... ۴-۴-۵ نقشه آنومالی الگوی شماره دو
۷۱	..... ۵-۴-۵ الگوی ترکیبی همدید شماره سه
۷۴	..... ۶-۴-۵ نقشه آنومالی الگوی شماره سه
۷۶	..... فصل ششم : نتایج و پیشنهادات

۶-۱ نتیجه گیری ۷۷

۶-۲ پیشنهادات ۷۹

منابع فارسی

منابع لاتین

فهرست جدول ها

- جدول (۳-۱) میانگین بارش سالانه ایستگاه های مورد مطالعه در دوره ی آماری ۱۹۹۰-۲۰۱۰ ۲۶
- جدول(۱-۴) طبقه بندی وسعت خشکسالی (سابرامانیام ، ۱۹۶۷)..... ۳۵
- جدول(۲-۴) ضرایب شاخص خشکسالی SPI ۳۸
- جدول(۳-۴) ترکیب های مختلف کمیت های اقلیم شناسی ۴۱
- جدول(۴-۴) مشخصات ایستگاه های منتخب ۴۴
- جدول(۵-۴) ویژگی متغیرهای استفاده شده در تحقیق ۴۵
- جدول(۶-۴) مشخصات ماه های وقوع خشکسالی و مقادیر میانگین بارش آنها ۴۶
- جدول(۷-۴) قسمتی از جدول همبستگی متغیرها ۴۸
- جدول (۸-۴)مقادیر توجیه شده واریانس کل بوسیله عامل ها ۴۹
- جدول(۱-۵) فراوانی وقوع انواع خشکسالی ها بر اساس شاخص SPI در ایستگاه ها در بازه ی زمانی یک ماهه ۵۴
- جدول(۲-۵)درصد وقوع انواع خشکسالی بر اساس شاخص SPI در ایستگاه ها در بازه زمانی یک ماهه..... ۵۴
- جدول(۳-۵) فراوانی ، درصد فراوانی ، حداکثر ، حداقل ماهانه و سالانه جریان الگوهای گردش بر روی ایران..... ۷۵

فهرست نمودارها و شکل ها

شکل (۱-۳) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در دوره ی زمانی ۲۰۱۰ - ۱۹۹۰

..... ۱۸

شکل (۲-۳) نمودار میانگین دمای روزانه ایستگاه های مورد نظر در دوره ی زمانی ۲۰۱۰ -

..... ۱۹۹۰ ۲۴

شکل (۱-۴) شبکه و محدوده ی مورد مطالعه ۴۴

شکل (۲-۴) نمودار غربالی تحلیل مولفه های اصلی ۵۰

شکل (۱-۵) وضعیت پایش خشکسالی یک ماهه غرب ایران بر اساس شاخص بارش استاندارد شده

(می ۱۹۹۰) ، (نوامبر ۱۹۹۰) ، (آوریل ۱۹۹۱) ، (می ۱۹۹۱) ، (نوامبر ۱۹۹۱) ، (اکتبر ۱۹۹۲)

..... ۵۵

شکل (۲-۵) وضعیت پایش خشکسالی یک ماهه غرب ایران بر اساس شاخص بارش استاندارد شده

(اکتبر ۱۹۹۵) ، (نوامبر ۱۹۹۵) ، (دسامبر ۱۹۹۵) ، (نوامبر ۱۹۹۶) ، (فوریه ۱۹۹۷)

..... ۵۶

شکل (۳-۵) وضعیت پایش خشکسالی یک ماهه غرب ایران بر اساس شاخص بارش استاندارد شده

(دسامبر ۱۹۹۸) ، (مارس ۱۹۹۹) ، (آوریل ۱۹۹۹) ، (می ۱۹۹۹) ، (فوریه ۲۰۰۰) ، (آوریل ۲۰۰۰)

..... ۵۷

شکل (۴-۵) وضعیت پایش خشکسالی یک ماهه غرب ایران بر اساس شاخص بارش استاندارد شده

(می ۲۰۰۰) ، (فوریه ۲۰۰۱) ، (آوریل ۲۰۰۱) ، (فوریه ۲۰۰۴) ، (اکتبر ۲۰۰۵) ، (ژانویه ۲۰۰۷)

..... ۵۸

شکل (۵-۵) وضعیت پایش خشکسالی یک ماهه غرب ایران بر اساس شاخص بارش استاندارد شده (اکتبر ۲۰۰۷) ، (نوامبر ۲۰۰۷) ، (مارس ۲۰۰۸) ، (آوریل ۲۰۰۸) ، (می ۲۰۰۸) ، (دسامبر ۲۰۰۸) ۵۹

شکل (۶-۵) وضعیت پایش خشکسالی یک ماهه غرب ایران بر اساس شاخص بارش استاندارد شده (مارس ۲۰۰۹) ، (ژانویه ۲۰۰۹) ، (اکتبر ۲۰۱۰) ، (ژانویه ۲۰۱۰) ۶۰

شکل (۷-۵) نقشه ترکیبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به الگوی شماره یک ۶۶

شکل (۸-۵) نقشه ترکیبی فشار سطح دریا مربوط به الگوی شماره یک ۶۷

شکل (۹-۵) نقشه آنومالی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به الگوی شماره یک ۶۸

شکل (۱۰-۵) نقشه ترکیبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به الگوی شماره دو ۷۰

شکل (۱۱-۵) نقشه ترکیبی فشار سطح دریا مربوط به الگوی شماره دو ۷۰

شکل (۱۲-۵) نقشه آنومالی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به الگوی شماره دو ۷۱

شکل (۱۳-۵) نقشه ترکیبی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به الگوی شماره سه ۷۳

شکل (۱۴-۵) نقشه ترکیبی فشار سطح دریا مربوط به الگوی شماره سه ۷۳

شکل (۱۵-۵) نقشه آنومالی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به الگوی شماره سه ۷۴

چکیده

خشکسالی یک پدیده محیطی تکرار شونده در اقلیم های مختلف است و اثرات آن صرفاً به محیط های خشک و نیمه خشک محدود نمی شود بلکه رخداد این پدیده در ارتباط با تکرار سیستم های سینوپتیکی و تیپ های هوا می باشد. از این رو، مطالعه و شناسایی الگوهای گردشی جوی پدیده مذکور برای درک وقوع خشکسالی های پهنه غرب کشور این ضرورتی اجتناب ناپذیر است. در این مطالعه از داده های مجموع بارندگی ماهانه ۱۱ ایستگاه سینوپتیک منطقه طی دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۹۰ استفاده شده است. به منظور ارزیابی مکانی پایش خشکسالی بر روی منطقه مورد مطالعه، پس از محاسبه مقادیر عددی حاصل از شاخص بارش استاندارد شده با مقیاس زمانی یک ماهه برای ایستگاه های مورد نظر، سطح آستانه پوشش ۷۰ درصدی خشکسالی در این ایستگاه ها ۳۴ ماه به عنوان ماه خشک انتخاب گردید و با استفاده از روش میانبایی IDW در محیط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، تغییرات مکانی و زمانی الگوهای خشکسالی ۳۴ ماه خشک ترسیم و نتایج نقشه ها مورد تحلیل قرار گرفت. جهت طبقه بندی و استخراج الگوهای خشکسالی های منطقه داده های میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل روزهای بارشی، در محدوده شبکه مختصاتی ۶۰-۱۰ درجه شمالی و ۸۰-۱۰ درجه شرقی با دقت مکانی $2/5^*2/5$ درجه از مجموعه داده های بازسازی شده NCEP استخراج شد. ابتدا تحلیل مولفه های اصلی با آرایه S-MODE بر روی ماتریس داده ها انجام شد و با استفاده از آزمون غربالی تعداد ۹ مولفه اول که در مجموع ۹۳ درصد واریانس کل داده ها را توجیه می کنند انتخاب شدند سپس به کمک خوشه بندی چند هسته ای K-means همه روز های مورد مطالعه به سه گروه دسته بندی شدند. نقشه های ترکیبی برای سطوح ۵۰۰ هکتوپاسکال، سطح دریا و به عنوان یک الگوی گردشی ترسیم و مورد تحلیل واقع شد. الگوهای بدست آمده بیانگر تسلط زبانه موثر پرفشار آזור در الگوی اول، قرارگیری یک ریح و به دنبال آن فرونشینی هوا در جلوی ریح کم ارتفاع در الگوی دوم نشانه نبود شرایط بارشی در منطقه می دانیم. در الگوی سوم تقویت شاخص مداری بادهای غربی در عرض های میانی مانع از هرگونه واگرایی در تراز میانی تروپوسفر شده است و بر همین اساس انتظار پایداری جوی در منطقه، می رود. نتایج بدست آمده نشان دهنده نبود سیستم موثر بارشی در تروپوسفر میانی و تسلط پایداری بر منطقه می باشد.

واژگان کلیدی: خشکسالی، غرب کشور، الگوهای گردشی، تحلیل مولفه های اصلی، خوشه بندی

فصل اول

طرح تحقیق

۱-۱ بیان مسئله

شرایط اقلیمی هر منطقه بوسیله تکرار و اثرات تجمعی سامانه های آب و هوایی که از آن ناحیه عبور می کنند تعیین می شود. تکرار، تغییر و یا تداوم سیستم های هوای هر مکان در تعیین و شناسایی اقلیم آن مکان اهمیت بسزایی دارد. از اینرو می توان تغییرات عناصر آب و هوایی مانند دما و بارش در هر محل را با مطالعه تغییرات الگوهای گردش جوی و توده های هوا که عوامل اصلی تعیین کننده ی اقلیم های محلی و منطقه ای به شمار می روند توجیه نمود. با توجه به وجود ارتباط تنگاتنگ میان الگوهای گردش جوی و عناصر اقلیمی می توان پدیده های فرین آب و هوایی مانند سیل و خشکسالی و یا دوره های خشک و تر را نیز به تغییرات الگوهای گردش جوی نسبت داد.

خشکسالی یکی از پدیده های آب و هوایی و از جمله رخدادهایی است که هر ساله خسارت های زیادی را باعث می شود. این پدیده در واقع از ویژگی های اصلی و تکرار شونده ی اقلیم های متفاوت به شمار می آید و اثرات آن صرفاً به نواحی خشک و نیمه خشک محدود نمی شود، بلکه خشکسالی هم در نواحی خشک و هم در نواحی مرطوب به وقوع می پیوندد و باعث کمبود منابع آب می گردد (Dracup et al, 1980). اما ویژگی های خشکسالی از قبیل فراوانی، شدت و تداوم خشکسالی از مکانی به مکان دیگر متفاوت است. خشکسالی ها گرچه زیان های اقتصادی، خسارات محیطی و اجتماعی زیادی را باعث می شوند؛ ولی نسبت به سایر پدیده های هواشناسی کمتر مورد توجه قرار گرفته اند زیرا تعریف، تعیین و پایش آنها مشکل است.

خشکسالی یکی از پدیده های ناگوار اقلیمی است که بطور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است، زیرا خشکسالی به طور مستقیم جوامع را از طریق تغییرات در فراوانی با قابلیت دسترسی به

مواد غذایی، پوشاک، منابع آب و ذخایر انرژی تحت تأثیر قرار می‌دهد و همچنین اثر غیر مستقیم بر کیفیت محیط زیست دارد .

کشور ایران در مقایسه با سایر کشورهای جهان به سبب داشتن تنوع محیطی رتبه بالایی را در بروز بحران ناشی از سوانح طبیعی داراست؛ به طوری که، از چهل نوع بلای طبیعی جهان، ۳۱ مورد آن در ایران رخ داده است (میرزاخانی، ۱۳۷۸) . همچنین موقعیت جغرافیایی ایران در منطقه جنب حاره‌ای باعث قرار گرفتن آن در کمربند خشک جهان شده است . این موقع جغرافیایی، همراه عوامل طبیعی دیگری، در پیدایش خصوصیات بیابانی کشور اثرات زیادی دارد و باعث می‌شود، میزان بارندگی متوسط سالیانه کم‌تر از یک سوم متوسط بارندگی جهانی شود (سلیقه، ۱۳۸۰) . در این شرایط می‌بینیم که ایران در بیشتر مواقع با نوسانات عناصر اقلیمی و جوی همراه است و تحت تأثیر جریان‌های جوی الگوهای سینوپتیکی، بی‌نظمی در الگوی بارش و دمای کشور بوجود می‌آید، از آنجاییکه کمبود بارش ویژگی مهم نواحی خشک و نیمه خشک می‌باشد و واکنش محیط به نوسانات بارش بویژه کاهش بارندگی (خشکسالی) بیش از سایر نواحی اقلیمی است، بررسی خشکسالی در این نواحی جهت جلوگیری از بحران محیطی و خسارات ناشی از آن اهمیت بسزایی دارد . بنابراین ناحیه‌ی غرب کشور نیز از این مسئله مستثنی نمی‌باشد . بعلاوه منطقه مورد مطالعه ، اقتصاد کشاورزی مبتنی بر شیوه کشت دیم دارند بطوریکه هر گونه کاهش در مقدار بارش، سبب کاهش در میزان تولید و بازدهی محصول شده و سطح درآمد را پایین می‌آورد . بنابراین این ضرورت ایجاب می‌شود که پدیده خشکسالی از آن جهت که جنبه‌های مختلف زیستی، اجتماعی و اقتصادی را تحت شعاع خود قرار می‌دهد و اختلالات زیست محیطی بویژه در جامعه گیاهی بوجود می‌آورد و تأثیر مهمی بر روند کاهش فعالیت‌های انسانی و بازدهی آنها دارد و برنامه‌ریزی‌های محیطی را با مشکلات و محدودیت‌هایی مواجه می‌سازد، مورد بررسی قرار گیرد .

با توجه به مواردی که در بالا مطرح گردید؛ یعنی عدم یکنواختی در توزیع زمانی و مکانی بارش ایران و ناکافی بودن بارندگی آن، مطالعه‌ی خشکسالی‌ها در مناطق مختلف ایران امری ضروری به نظر می‌رسد، در این تحقیق نیز سعی شده است که با توجه به الگوهای فشار سطح ۵۰۰، علت وقوع خشکسالی‌های استان‌های غربی کشور (کرمانشاه، کردستان، لرستان، همدان و ایلام)؛ که به عنوان قطب‌های کشاورزی و دامداری امرار معاش می‌کنند، با استفاده از روش سینوپتیکی مورد تحلیل قرار دهیم چرا که خطرات خشکسالی خیلی بیشتر از خشکی است، زیرا سیستم‌های حیاتی منطقه خیلی کمتر از حد متوسط باشد رطوبت حاصل نیاز سیستم‌های حیاتی را به آب تأمین نمی‌کند و چه بسا که این سیستم‌ها متلاشی شوند و از بین بروند، پدیده‌ی خشکسالی در صورت تکرار زیاد ویژگی مشخصه‌ی چنین منطقه‌ای می‌شود و سیستم‌های حیاتی سازگار با شرایط ایجاد شده جدید در آن توسعه می‌یابند؛ با توجه به همه‌ی این مسائل ضرورت مطالعه‌ی خشکسالی بیش از پیش احساس می‌شود تا در برنامه‌ریزی‌های مختلف از نتایج بدست آمده در مطالعه‌ی خشکسالی، به نحوه مطلوبی استفاده شود.

۱-۲ اهمیت و ضرورت تحقیق

به سبب موقعیت خاص جغرافیایی حوضه غرب کشور و توپوگرافی ویژه آن در نواحی مختلف و با توجه به اینکه یکی از مناطق مهم جمعیتی و یکی از قطب‌های کشت محصولات استراتژیک به روش دیم، ناحیه غربی کشور است، و در سال‌های اخیر با کاهش چشمگیر نزولات جوی و از طرفی دیگر افزایش حفر چاه‌های عمیق و هدر رفت بی‌رویه آب در مصارف شهری، مشکل کم‌آبی را به یک بحران ملی تبدیل کرده است. در پی آن، کشت سنتی و دیم در این خطه از ایران که امروزه با رکودی در زمینه کشت برخی غلات و مشکل تأمین علوفه برای نگهداری دام در مناطق روستایی بوجود آمده است؛ احساس می‌شود تنگنای ناشی از کمبود بارش نمود خاصی پیدا می‌کند. نظر به اینکه تمام خشکسالی‌ها با کمی بارش آغاز می‌شوند و برخی از

تحلیل های خشکسالی اقلیمی در روش های تحلیل سینوپتیکی بارش جای می گیرد، اگر چه در اقلیم شناسی سینوپتیک تمام تغییرات هوا یا نوسان های اقلیمی مانند خشکسالی ها و ترسالی ها، بر اساس حرکات اتمسفری سطوح بالای جو (عامل مستقیم) قابل توجیح و تبیین است . با وجود این، خلأ پژوهش هایی که از دیدگاه جغرافیایی و با استفاده از روش مناسب و نسبتاً دقیق آماری به بررسی و تحلیل الگوهای گردشی جو که در ارتباط با وقوع این پدیده است، احساس می شود .

عامه مردم و برخی مسئولان فکر می کنند زلزله و سیل بلایای طبیعی است؛ به خشکسالی اهمیت زیادی نمی دهد ولی خشکسالی به صورت خزنده جلو می رود و کل کشور را در بر خواهد گرفت و تبعات آن به حدی است اگر چاره ایی اندیشیده نشود و مطالعات کاربردی در این رابطه صورت نگیرد، برون رفت از آن در آینده غیر ممکن خواهد بود . در این مطالعه سعی شده با بررسی الگوهای گردشی موثر بر وقوع این پدیده به درک شرایط وقوع اقلیمی آن در منطقه مذکور پرداخته شود .

۳-۱ سوال تحقیق

- توزیع مکانی و زمانی رخداد خشکسالی‌های اقلیمی در منطقه مورد مطالعه به چه صورت است .
- نقش الگوهای گردش عمومی جو در کنترل خشکسالی‌های منطقه غرب ایران به چه صورت است .

۴-۱ اهداف تحقیق

هدف کلی :

هدف کلی این مطالعه شناخت شرایط جوی و الگوهای سینوپتیکی منجر به وقوع پدیده خشکسالی به عنوان یکی از زیان‌بارترین بلایای طبیعی در منطقه مورد مطالعه، امری ضروری و لازم بوده، تا بتواند در راستای مدیریت و کاهش آثار ناشی از خشکسالی به تصمیم‌گیران کمک کرده باشد .

اهداف مرحله ای :

- شناخت دوره‌های خشک منطقه در مورد نظر با استفاده از شاخص SPI
- شناخت خصوصیات سینوپتیکی برای وقوع خشکسالی
- ارائه راهکارهای کاهش اثرات خشکسالی در منطقه

فصل دوم

پیشینه تحقیق

از ابتدای شکل‌گیری تمدن انسانی تاکنون، همواره خشکسالی تاثیراتی شدید و گاهی فاجعه‌آمیز بر فعالیت‌های حیاتی انسان داشته است. خشکسالی به خودی خود یک بلا (فاجعه) محسوب نمی‌شود، بلکه تاثیر آن بر مردم و محیط زیست است که فاجعه‌آمیز بودن یا نبودن آن را مشخص می‌کند؛ بنابراین نکته کلیدی درباره خشکسالی، درک ابعاد طبیعی و اجتماعی آن است (ویلهاйт، ۲۰۰۰) و تردیدی نیست که اقلیم در اشکال گوناگون از جمله خشکسالی نقش تعیین‌کننده‌ای در وضعیت اقتصادی و به تبع آن شرایط اجتماعی جوامع دارد.

شناخت و تحلیل خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها یکی از مباحث عمده و مهم در علم اقلیم‌شناسی می‌باشد. آنچه مسلم است آغاز این بررسی‌های علمی را می‌توان به اظهارات کلی در اوایل قرن بیستم مربوط دانست که دانشمندان برای ارائه روش‌های مختلف طبقه‌بندی اقلیمی در پی شناخت اقلیم مناطق موردنظر برآمده بودند و این طبقه‌بندی‌ها نوعاً در خود وجود نواحی خشک و مرطوب را به همراه داشته است.

پالمر (Palmer, 1965) محقق آمریکایی را می‌توان جزء اولین کسانی دانست که به طور عملی با استفاده از قوانین فیزیکی، ریاضی و روش‌های آماری خشکسالی را مورد بررسی قرار داده است وی با انتشار گزارشی تحت عنوان خشکسالی هواشناسی که متکی بر داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی است خشکسالی را در آمریکا مورد مطالعه قرار داده است. روش وی توسط محققین مختلف جهت تحلیل خشکسالی در آمریکا و نقاط دیگر دنیا مورد استفاده قرار گرفت.

گیبس و ماهر (Gibbs, W.J. and maher, J.V. 1967) دهک‌های بارندگی سالانه را به عنوان نمایه خشکسالی در استرالیا مورد استفاده قرار داده و نشان دادند که بارندگی بازه دهک اول با خشکسالی‌هایی که توسط فولی (۱۹۵۰) بر پایه اخبار روزنامه‌ها و دیگر گزارشات از اثرات