Archive of SID

جغرافیا و توسعه شماره ۳۵ تابستان ۱۳۹۳
وصول مقاله : ۱۳۹۰/۱۲/۲۴
تأیید نهایی : ۱۳۹۲/۸/۲۶
صفحات : ۱۸-۱

شناسایی توده‌های هوای ایران به روش طبقه‌بندی همدید مکانی

رامین بیدل[۱]، دکتر سیدابوالفضل مسعودیان[۲]

چکیده

این مقاله به شناسایی و طبقه‌بندی همدید مکانی توده‌های هوای ایران با نگاهی جدید می‌پردازد بطوری‌که تا پایان مرحله محاسبات تیپ‌بندی هوا، از چارچوب روش‌های SSC[۳] و SSCWE[۴] پیروی شده ولی موضوع شناسایی توده‌های هوا و انتخاب روزهای مرجع، با رویکردهای جدیدی مطرح گردیده است.

در این پژوهش، از نه عنصرشامل ابرناکی روزانه، دمای کمینه و دمای بیشینه، میانگین فشار سطح دریا، کمبود دمای اشباع (12GMT)، دامنه درجه حرارت روزانه، دامنه نقطه شبنم روزانه، حداکثر و حداقل کمبود دمای اشباع مربوط به ۶۳ ایستگاه سینوپتیک در ایران برای تیپ‌بندی هوای هر ایستگاه یا به دست آوردن شاخص همدید زمانی استفاده گردید. پس از تقسیم‌بندی فصلی اقلیم و انتخاب پنجره‌های فصلی، با تشکیل ماتریسی از داده‌های هر ایستگاه (۹×۱۶۰۷۱) و با انتخاب مُد P، تیپ‌بندی هوا با بهره‌گیری از تکنیک‌بردارهای ویژه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و سپس تحلیل خوشه‌ای انجام گردید. پس از آن گروه‌بندی تیپ‌های هوای ایستگاه‌ها در فصول مختلف با استفاده از دمای پتانسیل مجازی که از نظر هواشناسی عنصری پایستار تلقی می‌شود و همچنین بهره‌گیری از دو رویکرد محاسباتی جدید در انتخاب روزهای مرجع، ۱۳ توده هوای فصلی با ویژگی‌های مختلف شناسایی گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که روش‌های انتخاب روزهای مرجع همپوشانی مناسبی با هم داشته و توده‌های هوای منبعث از آن‌ها دارای ویژگی‌های مشابهی می‌باشند. با توجه به میانگین ویژگی‌های توده‌های هوای فصلی ایران، و در مقایسه با طبقه‌بندی ایالات متحده و برژرون مشخص شدکه دو نوع توده DP و MM از طبقه‌بندی آمریکایی و سه نوع توده mE، CP و CA از تقسیم‌بندی برژرون در بین توده‌های ایران قابل مشاهده نبوده و بنابراین قابل تطبیق نمی‌باشند. از لحاظ مشابهت الگوهای فراوانی توده‌ها در فصول مختلف، می‌توان چهار تیپ الگو را که مبتنی بر فراوانی حضور توده‌ها در مناطق سرزمینی معینی می‌باشند با عناوین ۱- تیپ ساحل شمالی ۲- تیپ میانه جنوبی – جنوب‌شرق ۳-تیپ سواحل جنوبی، شمال‌شرق و شمال‌غرب و ۴-تیپ البرز جنوبی و نیمه‌غربی معرفی نمود که هریک توده‌های خاصی را در برمی‌گیرند.

کلیدواژه‌ها: ایران، تیپ‌های هوا، توده‌های هوا، طبقه‌بندی همدید مکانی، روزهای مرجع.

۱- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان (نویسنده مسؤول) r.bidel@areo.ir
۲- استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان porcista@geog.ui.ac.ir

3-Spatial Synoptic Classification
4-Spatial Synoptic Classification of Western Europe

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مناطق ویژه‌ای بر روی کره زمین، خاستگاه توده‌های هوا می‌باشند که عمدتاً با شرایط واچرخندی و ماندگاری حجم وسیعی از هوا برای مدّت زمان خاصی و کسب خصوصیات سطح زیرین همراه است، این مناطق منشأ، در هر دو نیمکره ثابت بوده و جغرافیای هر سرزمین، و نسبتی که با این مناطق دارد میزان تأثیرپذیری از توده‌های اصلی را بازگو می‌نماید. آب و هوای سرزمین ایران، متأثر از سه عامل: ۱- درونی (*ارتفاع، عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به دریا*) و ۲) همسایه (*سیستم‌های پرفشار و کم‌فشار منطقه‌ای*) و ۳) سیاره‌ای (*پرفشار جنب‌حاره، رودباد جنب‌حاره، بادهای غربی، جبهه قطبی*) می‌باشد که سازنده‌ی اقلیم آن محسوب می‌گردد *(مسعودیان، ۱۳۸۸: ۲۱)*. توده‌های هوا را که حجم وسیعی از هوا با تجانس حرارتی و رطوبتی افقی تعریف کرده‌اند در هنگام ورود به سرزمین ایران، با اثرگذاری عامل درونی، به ایجاد آب و هوای متفاوت می‌انجامد. مطالعه‌ی این اقسام متفاوت آب و هوا در مکان‌های مختلف، به شناسایی تیپ‌های هوا[1] منجر شده که مقدمه شناسایی توده‌های هوا به‌شمار می‌آید. بنابراین برای به دست آوردن تصویر روشنی از اقلیم و درک واکنش محیط سطحی به آن، ضروریست تا شناسایی توده‌های هوا و شناخت رفتار زمانی و مکانی آن صورت پذیرد. انجام این مسأله، منوط به استخراج تیپ‌های هوا بوده زیرا تکرار نوع خاصی از تیپ‌های هوا در یک مکان که متعلق به توده‌ی خاصی از هوا می‌باشد اقلیم محل را تبیین می‌نماید. در سراسر این مقاله، منظور از تیپ‌بندی هوا در هر ایستگاه، محاسبه شاخص‌همدید زمانی[2] می‌باشد. در این زمینه تحقیقات متعددی صورت گرفته که به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

باور و همکاران (۲۰۰۷) طرح طبقه‌بندی همدید مکانی را با شیوه‌ای جدیدتر برای اروپای غربی توسعه دادند. ایشان با استفاده از شش متغیّر در ۴۸ ایستگاه تیپ‌های هوا را در هر ایستگاه مطابق با ۶ نوع توده هوای امریکا تعریف و مشخص ساختند *(Bower et al,2007:2017)*.

دیویس و کالکستاین (۱۹۹۰) بر اساس شش عنصر هواشناسی، روزهای سال ۱۹۸۴ را به گروه‌های زمانی مشابه تقسیم کردند و شاخص همدید زمانی را مورد مطالعه قرار دادند ایشان تقویم به‌دست آمده و طبقات زمانی را دوره‌های اقلیمی نامیدند *(Davis & kalkstein, 1990: 771)*.

دیویس و واکر (۱۹۹۲) یک روش طبقه‌بندی چهار بُعدی را به وجود آوردند و از تکنیک شاخص همدید زمانی برای مشاهدات دو بار در روز ارتفاع ژئوپتانسیل، درجه حرارت، نقطه شبنم و مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد در چهار تراز فشار و برای شبکه‌ای با ۲۱ ایستگاه از ساحل اقیانوس آرام تا کوه‌های راکی مورد استفاده قرار داده و ۱۳ تیپ هوا را شناسایی و معرفی کردند *(Davis & Walker, 1992: 1452)*.

گرین و کالکستاین (۱۹۹۶) تحلیل کمّی توده‌های هوای تابستانی را در شرق ایالت متحده و کاربرد آن را در مرگ و میر انسان‌ها مورد بررسی قرار دادند *(Green kalkstein, 1996: 45)*.

کالکستاین (۱۹۹۱) رویکردی جدید را برای ارزیابی تأثیر اقلیم بر مرگ و میر انسانی با استفاده از شیوه اقلیم‌شناسی همدید ارائه نمود که با روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای، گروه‌های همدید شناسایی و میانگینی روزانه مرگ و میر را بررسی کرد *(Kalkstein,1991:146)*.

1-Weather types
2-Temporal synoptic Index (TSI)

www.SID.ir

Archive of SID

کالکستاین و همکاران (۱۹۹۶) روشی جدید در طبقه‌بندی همدید مکانی توده‌های هوا ارائه نمودند که مبتنی بر تعیین روزهای مرجع[1] توده‌های هوا بود *(Kalkstein et al, 1996: 985)*.

کالکستاین و همکاران (۱۹۹۸) با استفاده از طبقه‌بندی همدید مکانی به تعیین تغییرات ویژگی و فراوانی در همه‌ی توده‌های هوا در ۱۰۰ شهر ایالات متحده طیّ دوره‌ی ۱۹۹۳-۱۹۴۸ پرداختند *(Kalkstein et al, 1998: 1224)*.

شریدان (۱۹۹۷) تحقیقی در تگزاس و به منظور ارزیابی روند تغییرات اقلیم با استفاده از سیستم طبقه‌بندی همدید بر مبنای شناسایی روزهای معرف ۶ نوع توده هوا انجام داد *(Sheridan, 1997: 287)*.

شریدان و همکاران (۱۹۹۹) به ارزیابی تغییرات خصوصیتی توده‌ی هوا بین مناطق شهری و روستایی با بهره‌گیری ازطرح طبقه‌بندی همدید مکانی پرداختند *(Sheridan et al, 1999:3)*.

شریدان (۲۰۰۲) طبقه‌بندی همدید مکانی را برای شمال امریکا و ۳۲۷ ایستگاه از سال ۱۹۴۸ برای اکثر ایالت‌ها و از سال ۱۹۵۳ تا ۱۹۹۳ نیز برای بیشتر ایستگاه‌های کانادا مورد استفاده قرار داد *(Sheridan, 2002: 54)*.

ابری‌فام (۱۳۸۰) تحلیل همدید توده‌های هوای ورودی به غرب ایران در سال ۱۹۸۴-۱۹۸۳ را انجام داد و منشأ و مسیر توده‌های هوا و برخی ویژگی‌های آن‌ها از جمله بارش در غرب کشور را به روش سنتی (دستی) ردیابی کرد *(ابری‌فام،۱۳۸۰: ۲۲)*. امام‌هادی (۱۳۸۳) توده‌های هوای مؤثر بر ایران در فصل سرد سال را با استفاده از داده‌های جو بالای ایستگاه‌های کرمانشاه، تهران و شیراز در دوره‌ی ۱۹۹۰-۱۹۸۱و متغیّرهای رطوبتی و حرارتی لایه‌های سطح زمین و ترازهای ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰ هکتوپاسکال بررسی نمودند *(امام‌هادی، ۱۳۸۳: ۳۷)*.

حبیبی (۱۳۷۷) نحوه‌ی شناسایی توده‌های هوایی که ایران را مورد تهاجم قرار می‌دهند مورد بررسی قرار داد و کمیّت‌های دمای پتانسیل تر- وار دمای پتانسیل هم ارز- وار که از روی نمودارهای ترمودینامیکی استخراج می‌شوند را مناسب‌ترین پارامترها برای شناسایی توده‌ها عنوان کرد *(حبیبی، ۱۳۷۷: ۶۳)*.

فتاحی (۲۰۰۵) از روش طبقه‌بندی همدید مکانی به منظور ارزیابی غلظت آلودگی جو در تهران و ارتباط آن با توده‌های هوا استفاده نمود *(فتاحی، ۲۰۰۵: ۶۷)*.

فتاحی (۱۳۸۳) اقدام به طبقه‌بندی همدید فضایی توده‌های هوا در فصل زمستان با تأکید بر دوره‌های خشک در حوضه‌های آبریز جنوب غرب کشور نمود *(فتاحی، ۱۳۸۳: ۱۳)*.

اهداف اصلی این پژوهش عبارتند از:

۱- شناسایی توده‌های هوایی که قلمرو ایران را تحت تأثیر قرار داده و می‌دهند؛

۲- تعیین فراوانی و روند استحاله توده‌های هوا؛

۳- فراهم‌آوری زیج خودکار به منظور شناسایی توده‌های هوای ایران در آینده.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، برای تیپ‌بندی هوا از نُه متغیّر هواشناسی شامل ابرناکی روزانه، دمای کمینه و دمای بیشینه، میانگین فشار سطح دریا، کمبود دمای اشباع (12GMT)، دامنه درجه حرارت روزانه، دامنه نقطه شبنم روزانه، حداکثر و حداقل کمبود دمای اشباع، در ۶۳ ایستگاه سینوپتیک در کشور ایران و در دوره‌ی ۲۰۰۴-۱۹۶۱ استفاده گردید. نقشه‌ی ایستگاه‌های مورد استفاده در شکل (۱) ارائه شده است. برای مطالعه و تفسیر نقشه‌های همدید جوی چارچوب

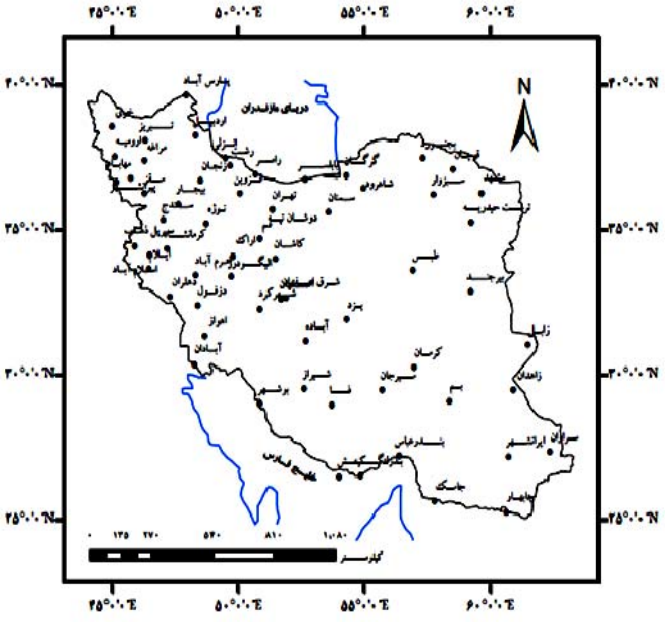
1- Seed Days

روز مرجع، یک روز واقعی در دوره‌ی آماری هر ایستگاه بوده که شامل ویژگی‌های متنوع هواشناسی نوع مخصوصی از هوا در آن مکان می‌باشد (Sheridan, 2002).

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعاتی از ۰° تا ۱۲۰° شرقی و ۰° تا ۹۰° شمالی انتخاب شد. پنجره‌های فصلی[1] دو هفته‌ای برای یافتن و انتخاب روزهای مرجع به واسطه‌ی حداقل و حداکثر دمای روزانه برای فصول زمستان و تابستان و مقادیر بینابین برای فصول بهار و پاییز به دست آمد که سپس برای افزایش احتمال انتخاب روزهای مرجع، پنجره‌های فصلی به شش هفته مطابق جدول (۱) توسعه داده شد.



شکل ۱: ایستگاه‌های مورد استفاده در تحقیق

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۳۹

جدول ۱: دوره‌های زمانی پنجره‌های فصلی

فصل	دوره دوهفته‌ای میلادی	دوره دو هفته‌ای خورشیدی	دوره شش‌هفته‌ای توسعه داده شده میلادی	دوره شش‌هفته‌ای توسعه داده شده خورشیدی
زمستان	۱۴ لغایت ۲۷ ژانویه	۲۴ دی لغایت ۷ بهمن	۱۰ فوریه لغایت ۳۱ دسامبر	۱۰ دی لغایت ۲۱ بهمن
بهار	۸ لغایت ۲۱ آوریل	۱۹ فروردین لغایت ۱ اردیبهشت	۵ می لغایت ۲۵ مارس	۵ فروردین لغایت ۱۵ اردیبهشت
تابستان	۱۲ لغایت ۲۵ جولای	۲۱ تیر لغایت ۳ مرداد	۲۸ جولای لغایت ۸ اوت	۷ تیر لغایت ۱۷ مرداد
پاییز	۱۸ اکتبر لغایت ۳۱ اکتبر	۲۶ مهر لغایت ۹ آبان	۴ اکتبر لغایت ۱۴ نوامبر	۱۲ مهر لغایت ۲۳ آبان

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۵۹

متغیّرهای گفته شده در طول دوره‌ی آماری هر ایستگاه و در هر فصل با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی[2] و به روش برون‌سو به تعداد کمتری مؤلفه که بیشترین مقدار واریانس را تبیین می‌کردند تبدیل گردید؛ سپس برای محاسبه‌ی شاخص همدید زمانی و یا شناسایی تیپ‌های هوا، امتیازات عاملی مؤلفه‌های

1-Seasonal Windows

2-Principal Components Analysis

www.SID.ir

Archive of SID

منتخب به کمک تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی[1] به گروه‌های‌متجانس طبقه‌بندی شد.این فرآیند محاسباتی که تیپ‌بندی هوا نامیده می‌شود به طور جداگانه برای هر یک از ایستگاه‌ها در هر فصل انجام گردید. سپس برای شناسایی اولیه توده‌های هوا در هر فصل، با استفاده از متغیّر پایستاری همچون دمای پتانسیل مجازی[2]، طبقاتی از تیپ‌های هوا که از این نظر همگن بودند به وسیله‌ی تحلیل خوشه‌ای تفکیک گردید. کلیه‌ی محاسبات این مرحله با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. در این پژوهش برای شناسایی و انتخاب روزهای مرجع و در طبقات به دست آمده که به آن‌ها توده‌های هوا اطلاق می‌شود از دو رویکرد استفاده گردید. در اولین رویکرد، پس از شناسایی توده‌های هوای فصلی و ترکیب تیپ‌های هوای آن‌ها، براساس دمای پتانسیل مجازی و با محاسبه‌ی شاخص ریشه‌ی دوم میانگین مربعات خطا[3] برای هر توده هوا، ده روز با کمترین مقدار این شاخص، به عنوان روزهای مرجع انتخاب شدند (*روش دکتر مسعودیان*).

رویکرد دوم نیز مبتنی بر روش جدیدی که درطرح طبقه‌بندی همدید مکانی اروپای غربی انجام شده بود (*Bower et al,2007:2017-2040*) دنبال شد؛ منتها به جای مبنا قرار گرفتن تیپ‌های هوا، توده‌های هوا بستر کار قرار گرفت. تعریف و نحوه‌ی محاسبه‌ی شاخص ریشه‌ی دوم میانگین مربعات خطا و دمای پتانسیل مجازی به شرح زیر ارائه می‌گردد.

شاخص ریشه‌ی دوم میانگین مربعات خطا

این شاخص در تحلیل‌های مختلف آماری به عنوان معیاری برای سنجش قوت نتایج، تأیید فرض صفر، وایازی خط رگرسیون، همقوارگی مشاهدات و پیش‌بینی‌ها به کار می‌رود.

$$RMSE = N^{-1}\sum_{i=1}^{N}[(Pi-Oi)^2]^{1/2}$$

Pi = پیش‌بینی

Oi = مشاهدات

N = تعداد نمونه

دمای پتانسیل مجازی

به دمایی گفته می‌شود که یک نمونه هوا با دمای مجازی مربوطه، در صورت انتقال به تراز ۱۰۰۰ میلی باری به آن می‌رسد و تقریباً معادل دمای پتانسیل تر بوده و به عنوان توصیفگر، در شناسایی توده‌های هوا کاربرد مؤثری دارد.

$$\theta = Tv(\frac{1000}{P})^K$$

T v= دمای مجازی نمونه هوا

P= فشار اولیه نمونه هوا

k= ضریبی است که برای هوای خشک معادل ۰/۲۸۶ در نظر گرفته می‌شود

سپس در ادامه با تکنیک جدیدی مبتنی بر محاسبه میانگین طولانی‌مدت عناصری همچون دمای کمینه و بیشینه، حداکثر تغییر روزانه‌ی نقطه شبنم، ابرناکی روزانه، کسری اشباع و سپس با معیار قرار دادن دامنه اعداد به صورت یک انحراف معیار بالاتر و پایین‌تر از میانگین داده‌ها، روزهای مرجع هر توده هوا شناسایی و تصمیم‌گیری درخصوص آن‌ها طیّ فرآیند سه مرحله‌ای ذیل به منظور نهایی کردن روزهای مرجع اولیه انجام پذیرفت:

الف- از نقشه‌های همدید هر عنصر روزهای مرجع هر توده هوا و در هر فصل، نقشه ترکیبی ساخته شد و سپس نقشه‌های هر روز از نظر حضور سامانه‌های همدید با آن مقایسه و در صورت احراز عدم هماهنگی، آن روز کنار گذاشته شد.

ب- هماهنگی نقشه‌های جوی تمامی متغیّرهای مربوط به یک روز مرجع مورد بررسی قرارگرفت.

1-Agglomerative Heirarchical Clustering
2-Virtual Potential Temperature
3-Root Mean Square Error

www.SID.ir

Archive of SID

پ- ویژگی‌های اقلیمی همچون دما، رطوبت و بارش هر روز مرجع از لحاظ وجود هماهنگی با نقشه‌های جوی همان روز ارزیابی گردید.

پس از انجام سه مرحله بالا، روزهای مرجع نهایی که منعکس‌کننده‌ی خصوصیات توده‌های هوای فصلی بودند انتخاب و برای محاسباتی بعدی مورد استفاده و تفسیر قرار گرفتند. نقشه‌های جوی این روزهای منتخب شامل میانگین فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۸۵۰ و۵۰۰ هکتوپاسکال، دما در ترازهای ۹۲۵، ۸۵۰ ، ۷۰۰، ۶۰۰ و۵۰۰ هکتوپاسکال، نسبت اختلاط تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری باد در ترازهای ۳۰۰ و ۲۵۰ هکتوپاسکال از لحاظ وجود سامانه‌های همدید و انطباق با سری زمانی داده‌های اقلیمی هر ایستگاه در هر روز مرجع با رویکرد درون‌سویی تفسیر و در نتیجه روزهای مرجع نهایی مربوط به هر توده هوای فصلی مشخص و انتخاب گردید. به منظور فراهم کردن تقویم روزانه توده‌های فصلی هوا، با استفاده از تحلیل ممیز[1]، طبقه‌بندی روزها نسبت به توده‌های هوا و بر اساس ویژگی‌های هواشناسی روزهای مرجع نهایی صورت پذیرفت. این فرآیند محاسباتی برای ۶۳ ایستگاه در ایران انجام گردید که به وسیله‌ی تابع خطی به دست آمده از این تحلیل، می‌توان تعلق روزهای آینده هر ایستگاه به توده‌های هوا را نیز پیش‌بینی نمود. فراوانی حضور توده‌های فصلی هوا بر اساس نتایج تحلیل ممیز مورد محاسبه قرار گرفت و نقشه‌های مربوطه نیز ترسیم گردید.

بحث و تحلیل

نکته‌ای که لازم است در ابتدا یادآوری شود این است که در کل قلمرو ایران، به صورت یکپارچه، تاکنون به موضوع طبقه‌بندی توده‌های هوا آن هم به صورت همدید مکانی پرداخته نشده است. همه‌ی تلاش‌های انجام شده قبلی که قابل احترام نیز می‌باشند بخشی از پهنه ایران و یا ایستگاه‌های معدودی را شامل شده‌اند. با توجه به سابقه‌ی جهانی این پژوهش و خاستگاه اصلی آن که ایالات متحده می‌باشد درمی‌یابیم انجام و یا ادعای طبقه‌بندی همدید نه به صورت یک طرح مجرد، بلکه به مثابه یک طرح ادامه‌دار بوده که ریشه در شناخت توده‌های هوای بخشی از قاره‌ی آمریکا به وسیله‌ی تفسیر نقشه‌های جوی در دوره‌ی طولانی دارد. به عبارت دیگر، کوشش طاقت فرسا و هدفدار پژوهشگرانی مانند لورنس کالکستاین، در تحلیل نقشه‌های همدید جوی و شناسایی اولیه توده‌های هوا و لحاظ قرار دادن محل‌های تشکیل، حرکت و ردیابی آن‌ها، موجب به وجود آمدن روشی به نام طبقه‌بندی همدید مکانی گردید.

انجام دقیق مراحل مختلف این روش با توجه به عدم تفسیر منسجم و یکپارچه از نقشه‌های جوی در ایران ممکن نبوده و در صورت اصرار به چنین کاری، فرض اولیه مبنی بر لحاظ تعداد توده‌های شناخته شده‌ی ایالات متحده را برای هر تحقیقی و در هر منطقه‌ای باید در نظر گرفت تا مشکل استخراج و شناسایی مقدماتی توده‌های هوا از روی نقشه‌های جوی برطرف شود. پژوهشگرانی که در خارج از ایران این فرض را پذیرفته‌اند مراحل مختلف روش‌شناسی مربوطه را نیز پیموده‌اند. در این تحقیق، نه فرض اولیه را پذیرفتیم و نه به صورت تمام و کمال، روش را دنبال کردیم (به جز برخی مراحل) به ویژه در بحث انتخاب روزهای مرجع که مهم‌ترین بخش پژوهش می‌باشد از دو روش ابتکاری استفاده کردیم الف- روش دکتر مسعودیان و ب- روش دو رگه که روش اخیر، نوعی نحوه‌ی ساماندهی ابداعی نیز در آن گنجانده شده است به این معنی که مبنای عمل، توده‌های هوا که

1- Discriminant Analysis

www.SID.ir

Archive of SID

متشکل از تیپ‌های مختلف هوا است در نظر گرفته شده است. همه‌ی محاسبات به تفکیک فصول تقویم هجری خورشیدی انجام گردید تا از ابتدا فصل‌زدایی کرده باشیم و در واقع، اثرات فصلی را در موقعیت ویژه خود لحاظ نماییم. دربرگیری حدود شصت درصد روزهای مرجع نهایی در فصول اقلیمی و یا به عبارت دیگر پنجره‌های فصلی نشان‌دهنده‌ی مناسب بودن منطق حاکم بر محاسبه و تعیین پنجره‌های فصلی در این خصوص می‌باشد که توانسته است پس از عبور از سه شرط برشی، این نسبت را به دست آورد.

تحلیل نتایج این پژوهش و بحث پیرامون آن در سه بخش قابل ارائه می‌باشد:

۱- تیپ‌بندی هوای ایستگاه‌ها و شناسایی اولیه توده‌های هوا،

در این مرحله، پس از محاسبه شاخص همدید زمانی هر ایستگاه گروه‌بندی تیپ‌های هوا بر اساس دمای پتانسیل مجازی انجام یافت. در این مرحله، ۱۳توده هوای اولیه در چهار فصل به دست آمد که در جدول (۲) تعداد تیپ‌های هوای هر یک از توده‌های هوا در فصول مختلف تنظیم شده است.

جدول ۲: توده‌های هوای شناسایی شده و تعداد تیپ‌های مربوطه

توده هوا / فصل	یک	دو	سه	چهار	جمع
زمستان	۱۰۳	۷۱	۵۴	-	۲۲۸
بهار	۹۴	۸۰	۴۲	-	۲۱۶
تابستان	۷۴	۷۰	۷۵	۱۸	۲۳۷
پاییز	۶۷	۶۸	۷۰	-	۲۰۵

مأخذ : مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۸۵

۲- شناسایی روزهای مرجع

پس از تشکیل ماتریسی از مُد روزانه عناصر ابرناکی، حداکثر و حداقل دما، کمبود دمای اشباع (12GMT) و حداکثر تغییر روزانه نقطه شبنم مربوط به تیپ‌های هوای هر توده‌ی فصلی هوا، با به‌کارگیری معیار $\text{mean} \pm 1\text{std}$، درمجموع و با استفاده از هر دو رویکرد، ۳۸۳ روز مرجع اولیه برای توده‌های فصلی انتخاب گردید.

برای مرحله‌ی اول از فرآیند پیش گفته، پس از محاسبه و ترسیم نقشه‌ی ترکیبی یا میانگین روزهای مرجع (Composite map) هر توده هوا، به ترتیب برای رویکردهای اول و دوم، ۱۱۸ و ۷۷ روز مرجع برای پانزده توده هوا انتخاب گردید.

در مرحله‌ی دوم، برای هر روز مرجع خاص (باقیمانده از مرحله‌ی اول) ، نقشه‌های جوی اشاره شده مورد بررسی قرار گرفت و روزهای مرجع باقیمانده رویکردهای اول و دوم به ۷۲ و ۵۱ روز تقلیل پیدا کرد.

مرحله‌ی سوم به مقایسه ویژگی‌های اقلیمی ایستگاه‌ها و شرایط نقشه‌های جوی مرتبط گردید، که با در نظر گرفتن میانگین ایستگاه‌ها برای ایران و توجه به نوع سامانه‌های جوی حاکم بر قلمرو ایران، روزهای مرجع نهایی برای رویکردهای اول و دوم به ترتیب ۵۳ و ۴۰ روز انتخاب گردیدند که ضمن مشخص بودن توزیع آن‌ها برای توده‌های هوای فصلی مبنای محاسبات مراحل بعدی این پژوهش قرارگرفتند.

۳- ویژگی‌های توده‌های هوا

پس از مشخص شدن ترکیب روزهای مرجع نهایی، با استفاده از تحلیل ممیز، طبقه‌بندی روزهای ۶۳ ایستگاه در ایران برای اختصاص به هر توده هوا به تفکیک هر فصل انجام شد. که در پایان این فرآیند محاسباتی، تقویمی از حضور توده‌های هوا در هر فصل برای هر ایستگاه بر اساس ویژگی‌های هواشناسی منتخب، تنظیم گردید. میانگین خصوصیات هواشناسی هر یک از توده‌های هوا با استفاده از هر دو رویکرد در بین کلیه‌ی ایستگاه‌ها که به واسطه‌ی اجرای تحلیل ممیز و طبقه‌بندی روزها و تعیین تعلق آن‌ها به توده‌های هوا مشخص گردید نیز در جداول ۳و۴ آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: میانگین کلی ویژگی‌های هواشناسی توده‌های فصلی (ایستگاه‌ها باهم)- رویکرد اول

ویژگی / توده هوا	بارش (میلی‌متر)	میانگین دمای‌روزانه (سلسیوس)	رطوبت نسبی%	میانگین روزانه‌کمبود دمای اشباع (سلسیوس)	دمای‌پتانسیل مجازی (سلسیوس)	میانگین روزانه ابرناکیoctaz	بیشینه دما (سلسیوس)	کمینه دما (سلسیوس)	حداکثرتغییرروزانه نقطه شبنم (سلسیوس)
یک زمستان	۵/۹	۶/۵	۶۳/۷	۶/۹	۱۵/۲	۳/۴	۱۲/۲	۱/۳	۳/۷
دو زمستان	۵/۵	۱۲/۳	۵۱/۸	۱۰/۸	۲۲/۳	۳/۲	۱۸/۲	۶	۴/۵
سه زمستان	۶/۱	۱/۷	۷۶/۶	۳/۹	۷	۴/۱	۶/۵	-۲/۵	۳/۳
یک بهار	۳/۱	۲۱/۵	۴۴/۱	۱۴/۴	۳۱/۱	۲/۷	۲۷/۹	۱۴	۴/۸
دوبهار	۵/۷	۱۵	۶۳/۵	۷/۸	۲۱/۱	۳/۹	۲۰/۴	۹/۵	۳/۷
سه بهار	۱/۵	۲۷	۲۵/۷	۲۳/۲	۳۹/۶	۱/۵	۳۴	۱۷/۶	۵/۳
یک تابستان	۲/۳	۲۸/۲	۲۷/۴	۲۲/۳	۴۰	۰/۷	۳۵/۹	۱۸/۹	۵/۱
دو تابستان	۲/۸	۲۷/۳	۴۵/۲	۱۵/۱	۳۴/۹	۰/۹	۳۳/۹	۱۹/۹	۴/۴
سه تابستان	۱/۷	۳۰/۵	۲۲	۲۵/۷	۴۵	۱	۳۷/۶	۲۱	۵/۱
چهارتابستان	۹/۴	۲۴/۴	۷۳/۷	۵/۴	۲۵/۵	۳/۵	۲۸/۸	۲۰	۲/۵
یک پاییز	۵/۷	۱۴/۴	۵۳/۵	۱۰/۳	۲۳/۱	۲/۵	۲۱/۱	۷/۹	۴/۲
دوپاییز	۱۰	۸/۴	۶۹/۵	۵/۸	۱۴/۴	۳/۵	۱۴	۳/۵	۲/۳
سه پاییز	۲/۶	۲۰/۸	۳۶/۸	۱۶/۹	۳۱/۳	۱/۴	۲۸/۲	۱۲/۴	۴/۹

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۵۴

جدول ۴ : میانگین کلی ویژگی‌های هواشناسی توده‌های فصلی (ایستگاه‌ها باهم)- رویکرد دوم

ویژگی / توده هوا	بارش (میلی‌متر)	میانگین دمای‌روزانه (سلسیوس)	رطوبت نسبی%	میانگین روزانه‌کمبود دمای اشباع (سلسیوس)	دمای‌پتانسیل مجازی (سلسیوس)	میانگین روزانه ابرناکیoctaz	بیشینه دما (سلسیوس)	کمینه دما (سلسیوس)	حداکثرتغییرروزانه نقطه شبنم (سلسیوس)
یک زمستان	۵/۸	۶/۱	۶۴/۹	۶/۷	۱۴/۶	۳/۴	۱۱/۷	۰/۹	۳/۷
دو زمستان	۵/۶	۱۲	۵۲/۷	۱۰/۶	۲۱/۹	۳/۲	۱۸	۵/۸	۴/۴
سه زمستان	۶/۳	۱/۶	۷۷/۱	۳/۸	۶/۶	۴/۲	۶/۳	-۲/۶	۳/۳
یک بهار	۳/۲	۲۱/۴	۴۳/۹	۱۴/۵	۳۱/۱	۲/۷	۲۷/۹	۱۳/۹	۴/۸
دوبهار	۵/۸	۱۴/۸	۶۴/۴	۷/۵	۲۰/۶	۴	۲۰/۱	۹/۴	۳/۶
سه بهار	۱/۵	۲۷/۲	۲۵	۲۳/۶	۴۰	۱/۵	۳۴/۲	۱۷/۸	۵/۳
یک تابستان	۲/۳	۲۸/۱	۲۸	۲۲/۱	۳۹/۸	۰/۷	۳۵/۸	۱۸/۸	۵/۱
دو تابستان	۲/۹	۲۷/۲	۴۸/۵	۱۳/۹	۳۴/۱	۱	۳۳/۵	۲۰/۱	۴/۲
سه تابستان	۱/۷	۳۰/۶	۲۱/۸	۲۵/۸	۴۳/۵	۱	۳۷/۷	۲۱/۱	۵/۱
چهارتابستان	۹/۴	۲۴/۳	۷۵	۵	۲۵	۳/۷	۲۸/۷	۲۰/۱	۲/۴
یک پاییز	۵/۹	۱۴	۵۴/۵	۱۰	۲۲/۵	۲/۶	۲۰/۶	۷/۵	۴/۱
دوپاییز	۱۰/۲	۸/۱	۷۰/۴	۵/۶	۱۳/۸	۳/۶	۱۳/۶	۳/۳	۳/۴
سه پاییز	۲/۷	۲۰/۷	۳۷/۳	۱۶/۸	۳۱/۱	۱/۴	۲۸	۱۲/۴	۴/۹

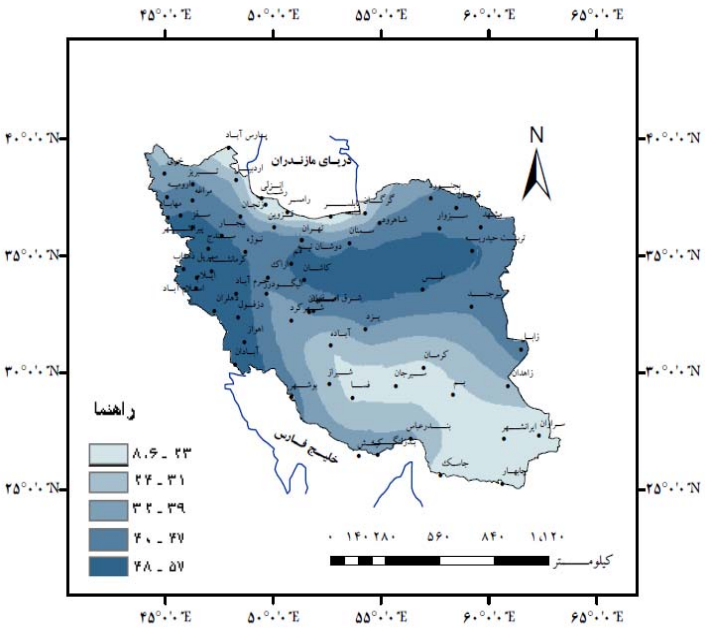
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۵۷

همانگونه که از مندرجات جداول ۳ و ۴ استنباط می‌شود نتایج حاصل از انتخاب روزهای مرجع با دو رویکرد متفاوت محاسباتی، شباهت بسیار زیادی با هم دارند که نشان‌دهنده‌ی تجانس منطق اقلیمی حاکم بر هر دو روش علی‌رغم اختلاف در سبک انتخاب روزهای مرجع می‌باشد. نکته‌ی اساسی در مورد ویژگی‌های مندرج در این جداول این است که هر گونه قضاوت در مورد خصوصیات هر توده‌ی فصلی، می‌بایست با روشن شدن این دو موضوع صورت پذیرد: ۱- محدوده‌ی تأثیر توده‌های هوا و ۲- زمان حاکمیّت توده‌های فصلی. به عنوان مثال، خنکترین توده هوا در فصل تابستان، توده چهار می‌باشد که در نگاه اول رطوبت و بارش آن برای

www.SID.ir

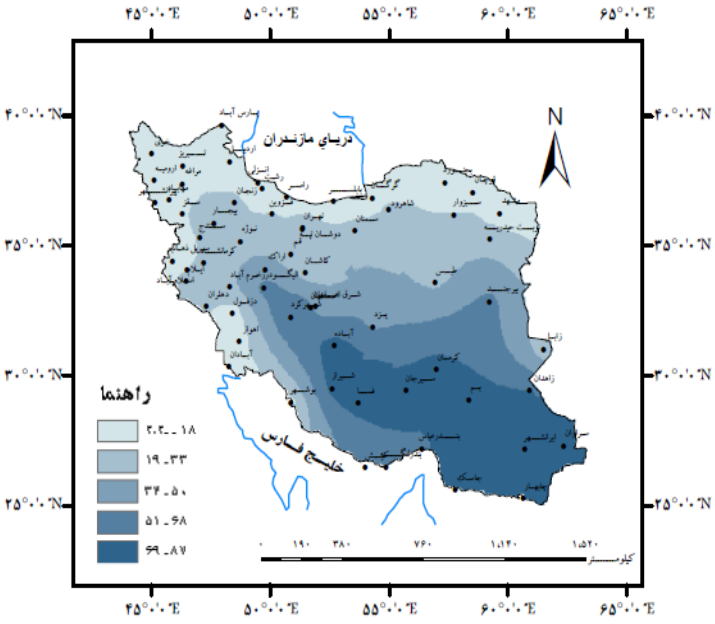
Archive of SID

تابستان کمی عجیب به نظر می‌رسد اما ایستگاه‌هایی که بالاترین حضور این توده را داشته‌اند شامل نوار ساحلی دریای مازندران تا پارس‌آباد بوده که با توجه به جغرافیای منطقه، ویژگی‌های آن قابل توجیه می‌باشد. اشکال ۲ تا ۱۴ فراوانی حضور توده‌های فصل زمستان تا پاییز را نشان می‌دهد.



شکل ۲: درصد فراوانی حضور توده ۱ زمستان

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۶۲

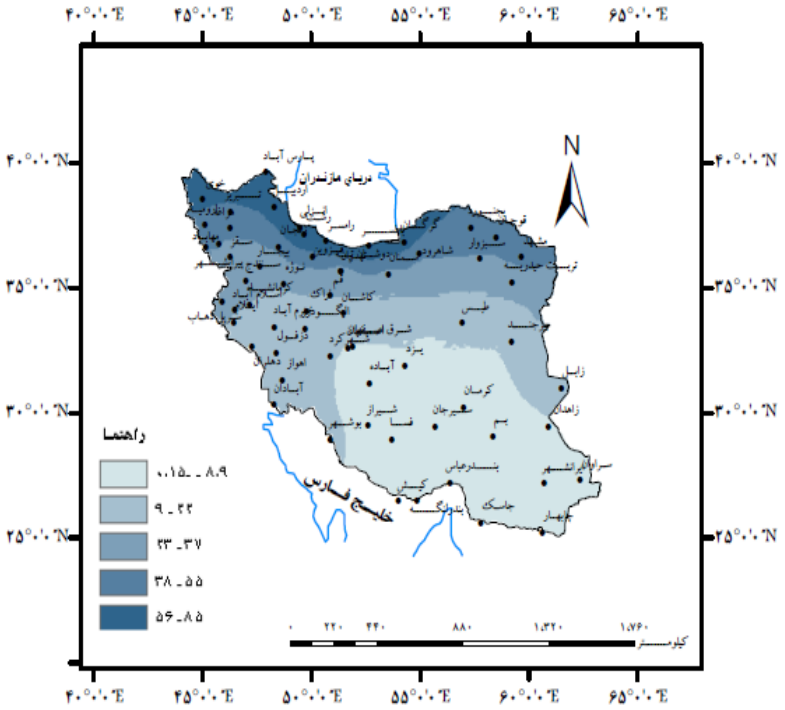


شکل ۳: درصد فراوانی حضور توده ۲ زمستان

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۶۳

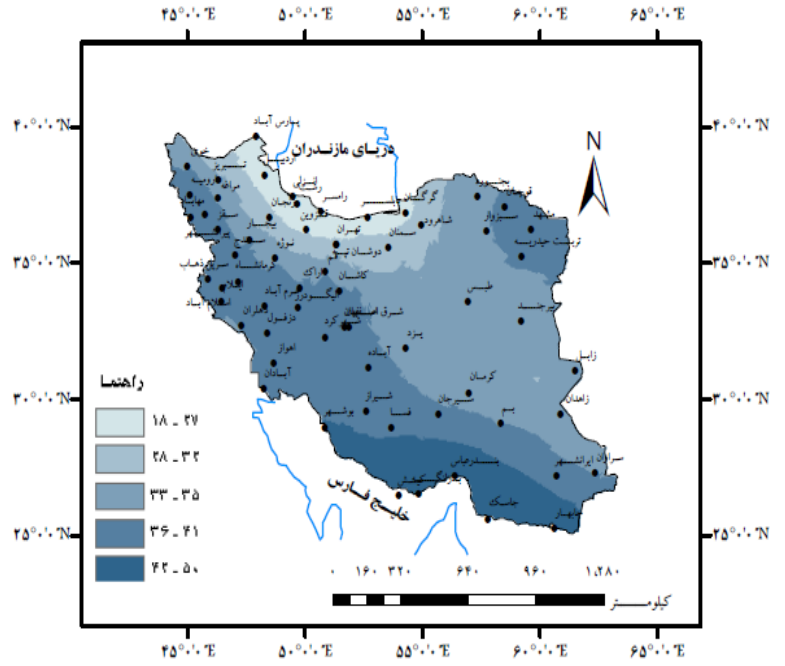
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴: درصد فراوانی حضور توده ۳ زمستان

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۶۴

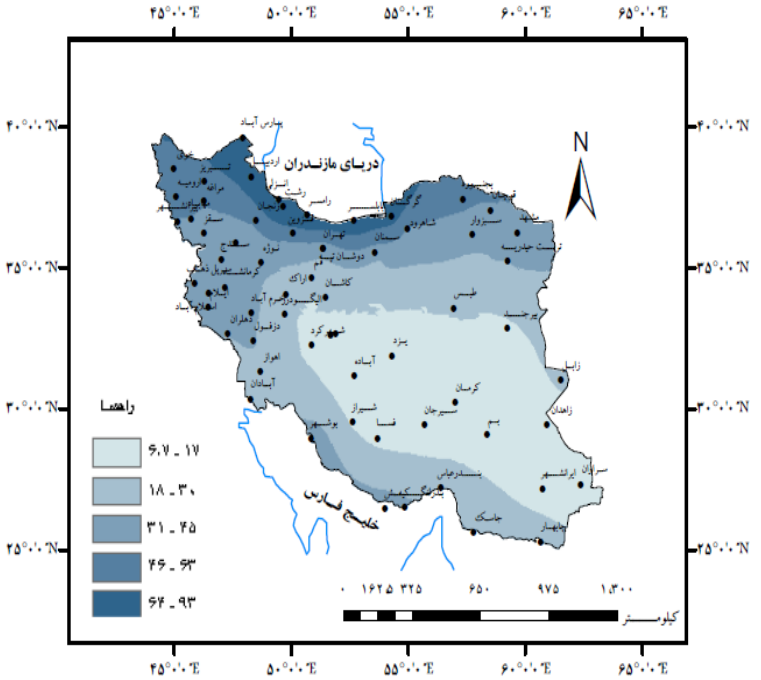


شکل ۵: درصد فراوانی حضور توده ۱ بهار

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۶۶

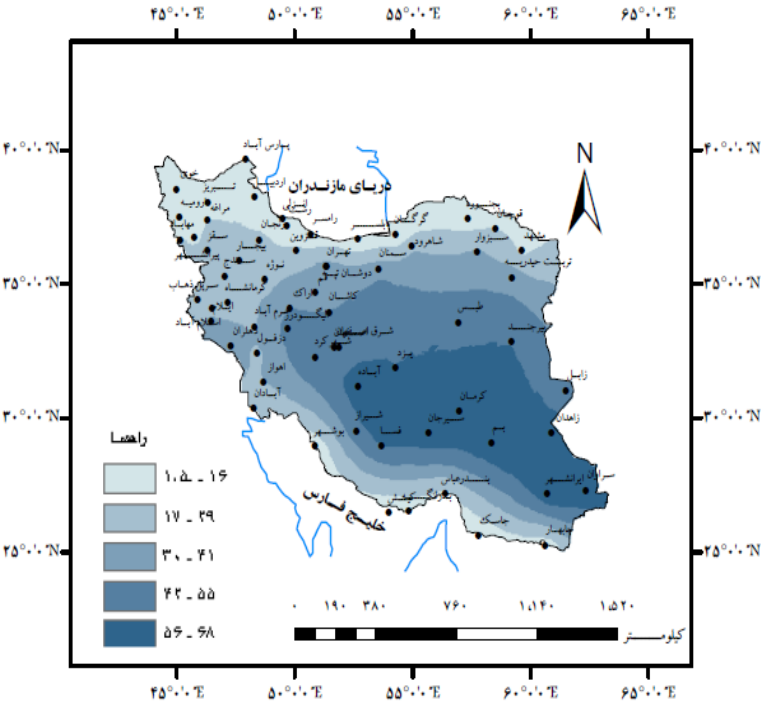
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶: درصد فراوانی حضور توده ۲ بهار

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۶۷

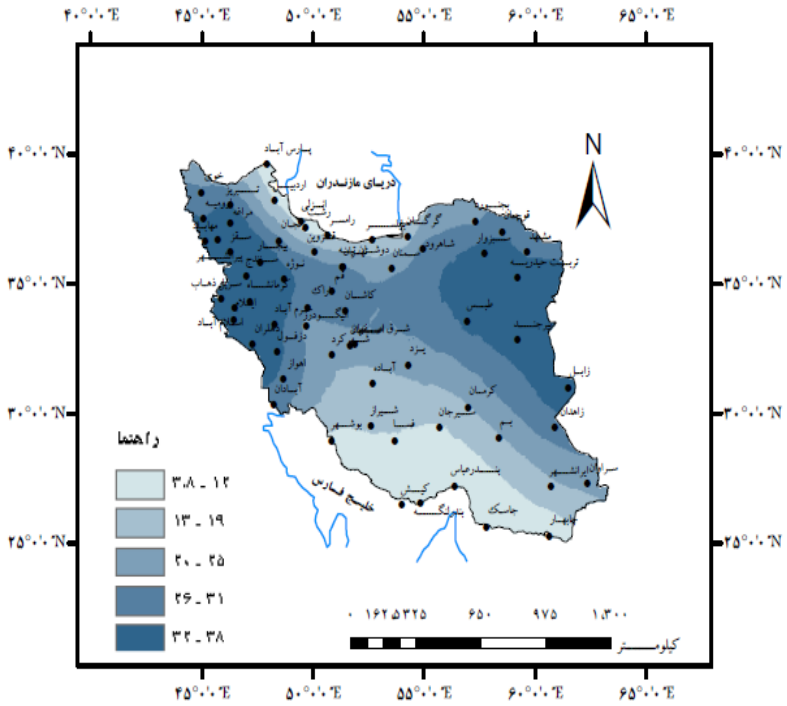


شکل ۷: درصد فراوانی حضور توده ۳ بهار

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۶۸

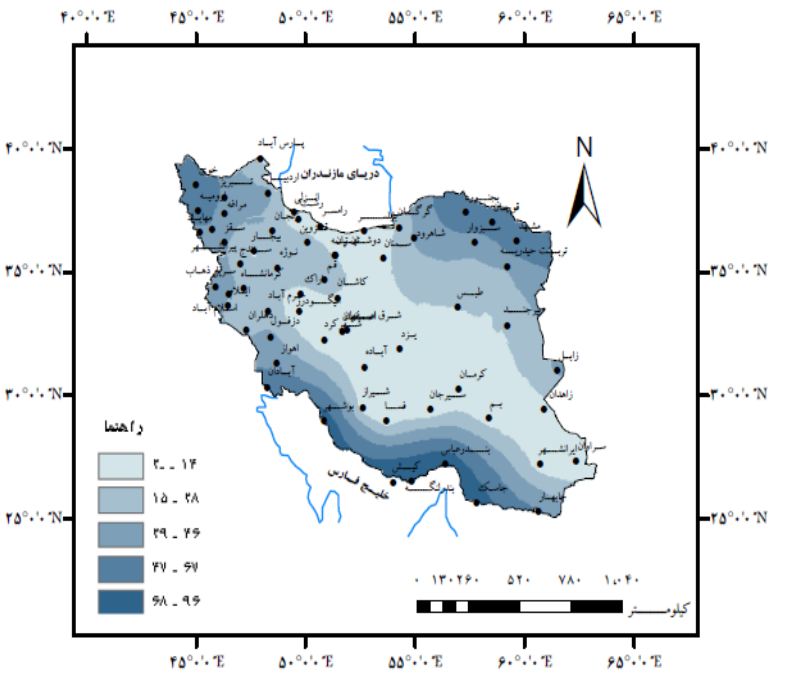
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸: درصد فراوانی حضور توده ۱ تابستان

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۷۰

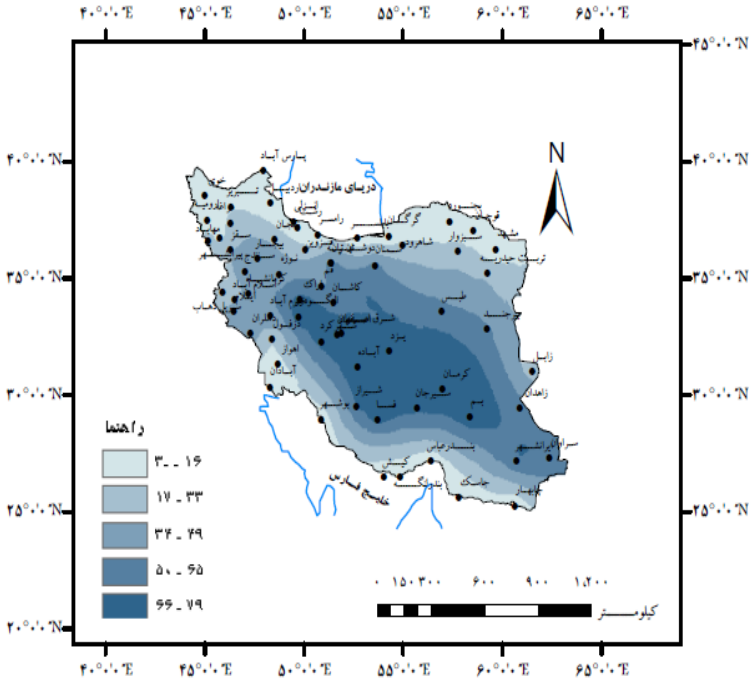


شکل ۹: درصد فراوانی حضور توده ۲ تابستان

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۷۱

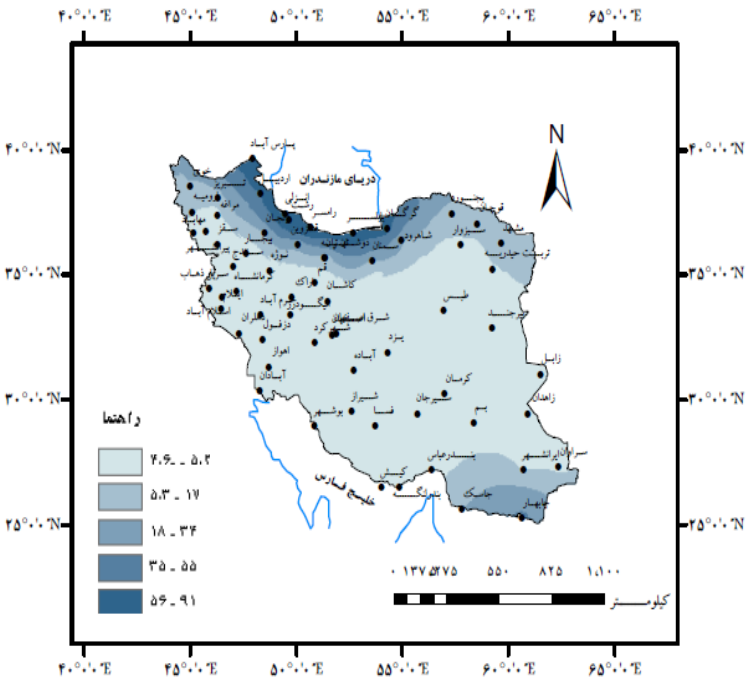
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰: درصد فراوانی حضور توده ۳ تابستان

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۷۲

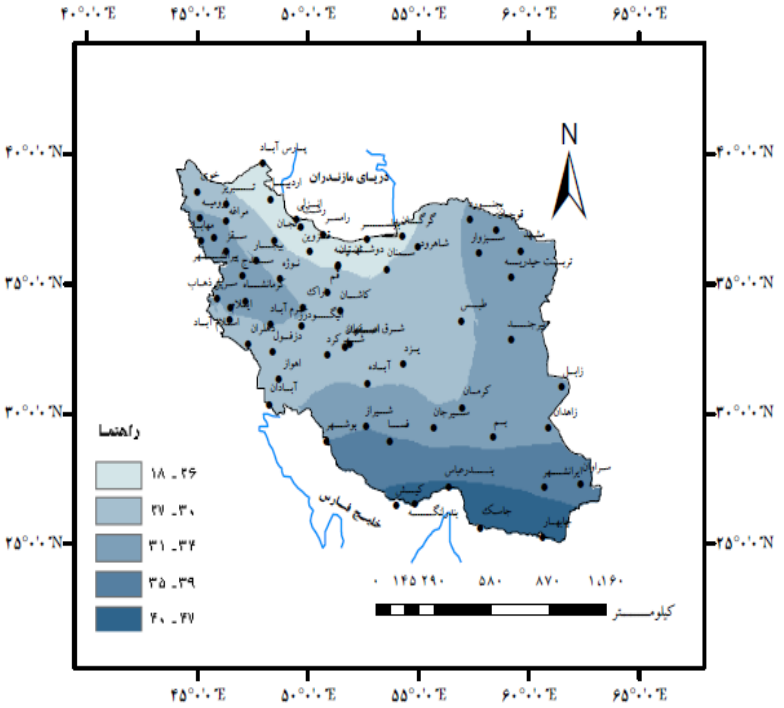


شکل ۱۱: درصد فراوانی حضور توده ۴ تابستان

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۷۳

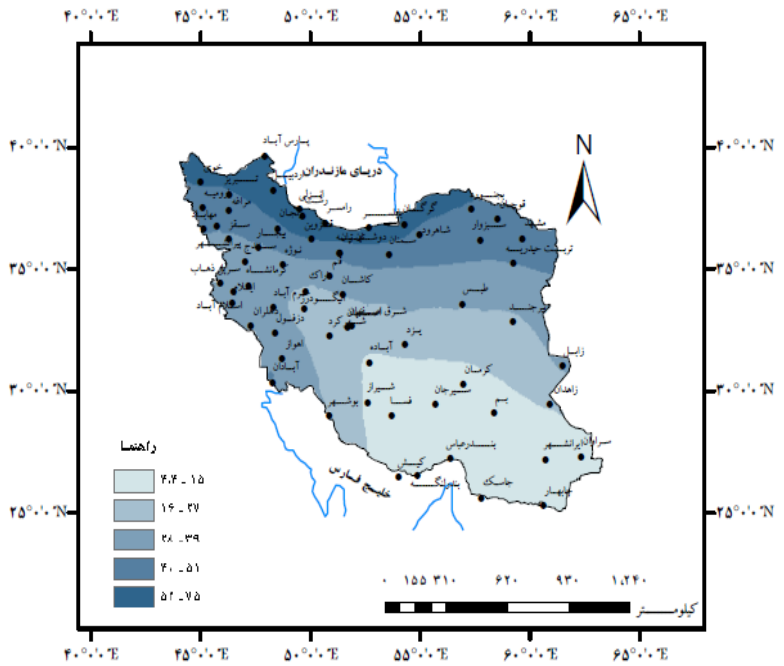
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۲: درصد فراوانی حضور توده ۱ پاییز

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۷۵

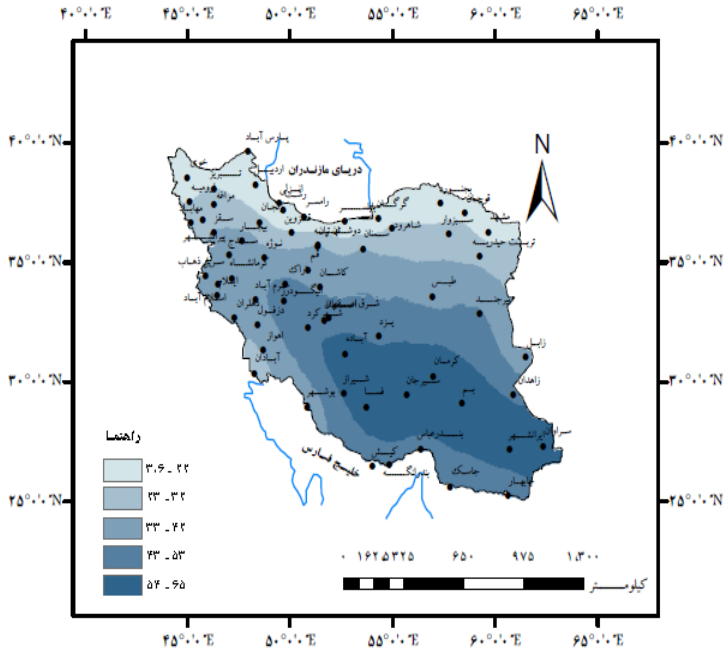


شکل ۱۳: درصد فراوانی حضور توده ۲ پاییز

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۷۶

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۴: درصد فراوانی حضور توده ۳ پاییز

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۸۷: ۱۷۷

با توجه به خصوصیات هواشناسی توده‌های فصلی و همچنین ویژگی‌های توده‌های شش‌گانه ایالات متحده و حتی توده‌های برزرون، می‌توان توده‌های فصلی ایران را به منظور مقایسه و از نظر تأثیراتی که دوری از منشاء تشکیل به‌جای گذاشته با آن‌ها تطبیق داد؛ البته باید توجه داشت آنچه که از ویژگی‌های توده‌های فصلی ایران در جداول ۳ و ۴ ارائه شده حاصل میانگین روزانه توده‌ها در همه‌ی ایستگاه‌ها بوده و طبیعی است چنانچه هر روز در هر ایستگاه که متعلق به توده هوای خاصی می‌باشد به صورت جداگانه انطباق داده شود، ممکن است شرایطش با توده‌های آمریکا و برزرون همخوانی داشته و یا آستانه‌های بالا و پایین را نشان دهد. بنابراین و مطابق مندرجات جدول ۳، نتایج زیر به تفکیک هر فصل به دست آمد:

فصل‌زمستان: توده‌های این فصل ازنظر شرایط حرارتی و رطوبتی با توده هوای MP (قطبی مرطوب) ایالات متحده و mp طبقه‌بندی برزرون قابل تطبیق است، فقط توده‌ی دو زمستان را با توجه به دما و رطوبتش می‌توان معادل Semi MP را برای آن در نظر گرفت چون دمایش کمی بالاتر و رطوبتش کمتر است.

فصل بهار: توده یک بهار با مشخصات توده DM (معتدل خشک) آمریکا مشابه بوده و فاقد معادلی در طبقه‌بندی برزرون می‌باشد. توده دو بهار با Semi MP و mp همخوانی دارد. توده سه بهار، با توده DT (حاره‌ای خشک) آمریکا و Ct برزرون معادل است.

فصل تابستان: توده‌های یک، دو و سه مشابه توده DT آمریکا و cT برزرون می‌باشد با این توضیح که به دلیل بالاتر بودن رطوبت توده دو، از Semi DT برای آن استفاده می‌گردد. توده چهار که بر اساس قلمرو حضورش که ساحل دریای مازندران می‌باشد و شرایط رطوبتی و حرارتی و بارشی خاص، معادل توده MT (حاره‌ای مرطوب) آمریکا و mt برزرون تلقی گردیده است.

www.SID.ir

Archive of SID

فصل پاییز: توده‌های یک و سه این فصل، با توده DM آمریکا شرایط مشابهی داشته هر چند توده یک با رطوبت بیشتر، بهتر است معادل Semi DM در نظر گرفته شود، این توده‌ها مشابهی در طبقه‌بندی برژرون ندارند. توده دو نیز، معادل توده MP آمریکا و mp برژرون محسوب گردیده است.

از مطالب گفته شده بالا چنین نتیجه گرفته می‌شود که با توجه به میانگین ویژگی‌های توده‌های هوای فصلی ایران، از لحاظ انطباق شرایط هواشناسی توده‌ها با طبقه‌بندی ایالات متحده و برژرون، دو نوع توده DP و MM از طبقه‌بندی آمریکایی و سه نوع توده mE، cAوcP از تقسیم‌بندی برژرون در بین توده‌ها مشاهده نگردید و قابل تطبیق نیست. نکته‌های ضروری که قبل از نتیجه‌گیری، می‌بایست در مورد آن‌ها توضیح داد این است که در بحث شناسایی اولیه توده‌های هوا درمی‌یابیم که فصول زمستان و بهار، توده‌های هوای یک تا سه آن‌ها، به ترتیب از کاهش تعداد تیپ‌های هوا برخوردارند در حالی‌که در فصول تابستان و پاییز، این روند تقریباً یکنواخت و در یک حد مشاهده می‌گردد. تعداد زیاد تیپ‌های هوا در توده‌های یک و دو فصول زمستان و بهار، نشانگر افزایش حضور زمانی این توده‌ها در قلمروهای اولیه تلقی می‌شود و لزوماً به معنای افزایش پوشش مکانی این توده‌ها محسوب نمی‌گردد، هرچند که این احتمال نیز می‌تواند وجود داشته باشد. در مورد نقشه‌های جوی روزهای مرجع، در هر فصل تقویمی، به طور قاطع نمی‌توان الگوی خاصی از لحاظ حضور سامانه‌های همدید مختص هر توده هوا در هر فصل معرفی نمود اما کانون جغرافیایی سامانه‌ها و محل عبور زبانه‌های ارسالی تاحدودی بین توده‌ها متفاوت می‌باشد اما به اندازه‌ای نیست که قاطعانه الگوی ویژه هر یک از توده‌ها را بتوان معرفی نمود و شکل‌گیری هر الگویی در آینده و بررسی هر نقشه‌ای از گذشته را دلیلی بر حضور و حاکمیت آن توده هوا محسوب نمود زیرا در بررسی‌های به عمل آمده مشخص گردیدهیچ توده هوایی در یک روز خاص، حاکمیت مطلق درقلمرو ایران نداشته است بلکه حداقل دو توده هوا پوشش ایستگاهی ایجاد کرده‌اند.به عبارتی، هیچ روزی وجود نداشته که تمام ایستگاه‌های تحت‌مطالعه، یک‌نوع توده‌ی هوای خاص را نشان‌بدهند.

نتیجه

نتیجه‌گیری این تحقیق را می‌توان حول چندین محور و به شرح زیر مطرح کرد :

در فرآیندی که منجر به شناسایی و طبقه‌بندی توده‌های هوا گردید نتایج حاصل از تیپ‌بندی هوا که به روش برون‌سو انجام شد توانست به صورت نقطه‌ای و ایستگاهی، مشخص کند که در صورت نبودن سابقه‌ی کافی علمی در خصوص شناخت مقدماتی توده‌های هوا به واسطه‌ی نقشه‌های جوی، می‌توان به راحتی از این روش بهره گرفت و احتمال بروز خطا در تحلیل نقشه‌ها را به روش درون سو علی‌رغم مزایای مربوطه، به حداقل رساند. بنابراین روش مناسبی برای شناسایی توده‌های هوا ارزیابی می‌گردد چون مبتنی بر اصول علم هواشناسی و روش‌های پیشرفته آماری می‌باشد. کاربرد روش‌شناسی مورد اشاره، به معرفی ۱۳ نوع توده هوا در کل چهار فصل انجامید که برخلاف روش آمریکایی و اروپایی است که برای هر فصل ۶ نوع توده‌ی هوا را به طور ثابت در نظر گرفتند. قرار دادن شروط سه‌گانه برای تأیید نهایی روزهای معرف هر توده‌ی هوای فصلی از جمله روش‌های درون‌سویی بوده که تصمیم‌گیری را از رایانه به دانش کارشناسی منتقل نموده است، نتایج حاصل از تلفیق روش‌های برون‌سو و درون‌سو ضمن برگرداندن قدرت انتخاب به پژوهشگر، چارچوب مناسبی را نیز برای انتخاب روزهای نماینده توده‌ها مطرح کرده که این موضوع نیز برای اولین بار و در این پژوهش به‌کار گرفته شده است. استفاده از دو

www.SID.ir

Archive of SID

رویکرد محاسباتی روزهای مرجع نهایی و تحلیل ممیز نشان داد علی‌رغم گستردگی قلمرو مورد مطالعه و ویژگی‌های جغرافیایی آن، مجموعه روش‌ها و فنون به‌کار رفته توانسته است توزیع روزانه توده‌های هوای فصلی را در هر ایستگاه به خوبی انجام دهد بررسی نشان داد که می‌توان توده‌ها را در قلمرو ایران بر اساس ویژگی‌های هواشناسی از جمله دما، بارش و رطوبت و غیره به طبقات سرد، گرم، مرطوب و خشک و ترکیباتی از آن‌ها منتسب کرد و تا حدودی قابلیت انطباق و مقایسه با برخی از توده‌های برژرون و حتی توده‌های شش‌گانه ایالات متحده را نیز دارد اما به معنای مشابهت کامل با ویژگی‌های آن‌ها نمی‌باشد. در بحث فراوانی حضور توده‌های هوا در هر فصل، و با توجه به شیب نقشه‌های مربوطه به این نتیجه می‌رسیم که ویژگی‌های هواشناسی هر توده هوا با مکان‌هایی که بیشترین حضور را داشته‌اند کاملاً هماهنگی داشته و از صحت فرآیند محاسباتی حکایت دارد. ضمن آن‌که، مکان‌های با تمرکز بالاترین فراوانی حضور توده‌های زمستانی و بهاری، عمدتاً در شمال، شمال‌شرق و جنوب‌شرق و غرب کشور استقرار داشته و برای فصل تابستان، جنوب‌شرق، سواحل دریای مازندران، مسیر غرب به شرق دامنه‌ی جنوبی البرز و سواحل خلیج‌فارس و برای فصل پاییز، نیمه‌ی شمالی کشور و جنوب شرق را می‌توان نام بردکه این مسأله بر اساس فعالیّت سامانه‌های مورد انتظار در هر فصل به خوبی قابل توجیه می‌باشد و به عنوان نکته پایانی، می‌توان به نتایج بسیار مشابه به دست آمده در حد ۸۵٪ دو رویکرد محاسباتی (روش‌های انتخاب روزهای مرجع) اشاره کرد که به خصوص در طبقه‌بندی و تحلیل ممیز و فراوانی توده‌های فصلی اثر خود را نشان داده و قابل تأمل است که این تجانس، نشان از منطق مشابه با وجود متفاوت بودن روش محاسباتی دارد و از یافته‌های ارزشمند این تحقیق به شمار می‌رود.

منابع

- امام‌هادی، ماندانا (۱۳۸۳). توده‌های هوای مؤثر بر ایران در دوره‌ی سرد سال، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۵.
- فتاحی، ابراهیم (۱۳۸۳). طبقه‌بندی همدیدی فضایی توده‌های هوا با تأکید بر دوره‌های خشک در حوضه‌های آبریز جنوب غربی ایران، پایان‌نامه دکتری. دانشگاه تربیت معلم.
- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۸). اقلیم‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه اصفهان.
- حبیبی، فریده (۱۳۷۷). بررسی و نحوه‌ی شناسایی توده‌های هوایی که ایران را مورد تهاجم قرار می‌دهند، نیوار ۳۹.
- ابری‌فام،محمدرضا (۱۳۸۰). تحلیل‌سینوپتیک توده‌های هوای ورودی به‌غرب ایران درسال ۸۴-۱۹۸۳، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه رازی. کرمانشاه.
- Bower D, Mc Gregor GR, Hannah DM, Sheridan SC (2007). Development of a spatial synoptic classification scheme for Western Europe. Int J Climatology 27.
- Davis RE, Kalkstein LS (1990). Development of an automated spatial synoptic climatological classification. International Journal of climatology 10.
- Davis RE, Walker DR (1992). An upper synoptic climatology of the western united states. Journal of climate 5.
- Fattahi E (2005). Using Spatial Synoptic Classification to Assess Atmospheric Pollution Concentration in Tehran. Proceeding of the Third International Symposium on Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales.26-30 September 2005, Istanbul-Turkey.
- Green JS, Kalkstein LS (1996). Quantitative analysis of summer air masses in the Eastern united states and application to human mortality. Climate research 7.

www.SID.ir

Archive of SID

- Kalkstein LS (1991). A new approach to evaluate the impact of climate on human mortality. Environmental health perspectives 96.
- Kalkstein LS, Nichols MC, Barthel CD, Greene JS (1996). A new spatial synoptic classification: application to air-mass analysis. International Journal of Climatology 16.
- Kalkstein LS, Sheridan SC, Graybeal DY (1998). A determination of character and frequency changes in air masses using a spatial synoptic classification. International Journal of Climatology 18.
- Sheridan SC (1997). Using a synoptic classification system to assess climate trends and variability in Texas. Proceeding,10th conference on applied climatology,American Meteorological Society.
- Sheridan SC, Kalkstein LS, Scott JM (1999). An evaluation of the variability of air mass charater between urban and rural areas. Proceeding, 15th International congress of Biometeorology and International conference on urban climatology, International Society of Biometeorology,5pp.
- Sheridan SC (2002). The redevelopment of a weather-type classification scheme for North America.International Journal of Climatology 22.

www.SID.ir