فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۷، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۱، شماره پیاپی ۱۰۶
سید ابوالفضل مسعودیان، استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان
S.A. Masoodian
E-mail: s.a.masoudian@geo.ui.ac.ir
شماره مقاله: ۸۶۷
شماره صفحه پیاپی ۱۸۳۴۰-۱۸۳۱۸

شناسایی گونه‌های هوای اصفهان*

چکیده

بررسی ۴۵ سال داده‌های دما، بارش، رطوبت جوی و باد ایستگاه همدید اصفهان به روش تحلیل خوشه‌ای بر پایه محاسبه فواصل اقلیدسی و روش ادغام وارد نشان داد که در اصفهان ۹ گونه هوا وجود دارد. این گونه‌ها عبارتند از: گونه‌سرد، یخبندان آرام؛ گونه سرد، یخبندان، خشک؛ گونه معتدل؛ گونه بسیار سرد، یخبندان، آرام، مه‌آگین؛ گونه سرد، بادی؛ گونه گرم و خشک؛ گونه بارشمند؛ گونه بادی؛ گونه بسیار گرم و خشک. تغییرات فصل در اصفهان به سبب پیدایش و میرش این گونه‌های هواست.
واژه‌های کلیدی: اقلیم‌شناسی همدید، گونه هوا، تحلیل خوشه‌ای.

پیشگفتار

در متون علمی آب و هواشناسی گاهی مفاهیم گونه هوا، گونه‌ی همدید و الگوی نقشه‌ای به جای هم به کار گرفته شده است. به سبب همین اختلاط معانی نخست می‌کوشیم تا اندکی مفهوم گونه‌ی هوا را از دیدگاهی که در این نوشتار به کار رفته روشن سازیم و سپس به ادامه بحث بپردازیم.

به شرایط آنی جو هوا می‌گویند. شرایط جوی با مجموعه متغیرهای جوی تعریف می‌شود که در ایستگاه‌های هواسنجی اندازه‌گیری می‌شوند. برای اندازه‌گیری هر *متغیر جوی*، یا دستگاهی وجود دارد (مانند دما، بارش، رطوبت و ...) و یا قراردادی وضع شده است که دیده‌بان بر اساس آن قرارداد متغیرجوی را می‌سنجد (مانند ابر). در ایستگاه‌های هواسنجی اندازه‌گیری‌های جوی در فواصل زمانی ثابت و به‌طور همزمان انجام می‌گیرد. در واقع،

Archive of SID
www.SID.ir

دیده‌بان در هر بار دیده‌بانی یک هوا را می‌خواند. البته تعداد و نوع متغیرهایی که می‌توانند بیانگر هوای یک محل باشند، متفاوت است و اقلیم‌شناس از راه انجام تحلیل‌های آماری درمی‌یابد که چه متغیرهایی در تمایز هواهای یک محل معین نقش معنادار بازی می‌کنند و چه متغیرهایی نقش معنادار ندارند. به بیان دیگر، یک هوا برداری n ستونی از متغیرهایی است که در تمایز هواهای یک محل معین نقش معنادار دارند؛ مثلاً هر سطر از آرایه جدول ۲ می‌تواند نماینده‌ی یک هوا باشد. یک گونه‌ی هوا دربرگیرنده همه هواهایی است که از دیدگاه آماری آنقدر با یکدیگر همانندی داشته باشند که بتوان آنها را در یک گروه جا داد. بنابراین ، دو گونه‌ی هوا معرف دو نوع شرایط جوی مختلف است. هر گونه‌ی هوا را می‌توان حاصل حاکمیت یک الگوی گردشی معین دانست؛ هرچند کاملاً محتمل است که یک الگوی گردشی معین در نقاط جغرافیایی مختلف گونه‌های هوای متفاوتی ایجاد کند. الگوی گردشی دربرگیرنده‌ی همه‌ی آرایش‌های گردشی (بر روی نقشه‌ی هم‌فشار یا نقشه‌ی هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل) است که از دیدگاه آماری به اندازه کافی به یکدیگر شباهت داشته باشند. یک نقشه‌ی هم‌فشار یا نقشه‌ی هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل را یک آرایش گردشی می‌نامیم، چون جریان هوا کم‌وبیش در راستای خطوط هم‌فشار یا خطوط هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل برقرار می‌شود. باتوجه به ارتباطی که بین الگوهای گردشی و گونه‌های هوا وجود دارد، مطالعه‌رابطه گردش‌های جوی با رویدادهای محیط سطحی که هدف اصلی اقلیم‌شناسی همدید است آسان‌تر می‌شود. به کمک مفهوم گونه‌ی هوا درک تغییرات اقلیمی نیز آسانتر می‌شود. از این منظر، تغییر اقلیم همان کاهش یا حذف فراوانی یک گونه‌ی هوا به بهای افزایش فراوانی یا ظهور یک گونه‌ی هوای دیگر است. شناسایی گونه‌های هوا و بررسی فراوانی آنها می‌تواند دلیل بروز برخی پدیده‌های اقلیمی همچون خشکسالی را روشن کند. دوام یک گونه‌ی هوای گرم و خشک می‌تواند به معنی بروز خشکسالی باشد یا رخداد یک گونه‌ی هوای سرد در زمانی که به‌طور معمول انتظار مشاهده آن نمی‌رود، می‌تواند به معنی بروز سرمازدگی باشد.

این‌طور که پیداست ، مفهوم گونه‌ی هوا موضوع ساده‌ای نیست که در کنار دیگر مقولات اقلیم‌شناسی همدید قرار گیرد؛ بلکه مفهومی کلیدی است که تا حد یک نظریه ارزش و

Archive of SID

www.SID.ir

ظرفیت دارد. در پرتو این نظریه مفاهیم نوینی می‌زایند و مفاهیم و مقـولات اقلیمـی موجـود تعریف تازه‌ای پیدا می‌کنند و مفهومی نو می‌یابند.

پیشینه

از آنجا که یکی از اهداف اصلی اقلیم‌شناسی همدید، شناسایی گونه‌های هوا ست ادبیـات، اقلیم‌شناسی از این جهت غنی است. کالکسـتاین و همکـاران (۱۹۹۸:۱۲۳۵) بـرای بررسـی تغییرات اقلیمی از روش تحلیل توده‌های هوا بهره برده‌اند. ایشان بر این باورنـد کـه تحلیـل فراوانی توده‌های هوا نسبت به تحلیل روند متغیرهای اقلیمی ابزار سـودمندتری بـرای تبیـین تغییرات اقلیمی است. کونوایاندجونز (۳۹۵:۱۹۹۸) سه روش مختلف شناسایی گونه‌های هوای بریتانیا را با یکدیگر مقایسه کرده و نشان دادند که همبستگی گونه‌های هوایی که با توجـه به تاوایی بدست آمده‌اند، با روزهای بارانی قوی‌تر بوده است. لیتمن (۱۶۹:۲۰۰۰) به کمـک تحلیل خوشه‌ای داده‌های فشار و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسـکال را طبقـه‌بنـدی و رابطه‌ی گونه‌های همدید حاصله را با بارش‌های حوضه‌ی مدیترانه بررسی کرده اسـت. او ۲۰ گونه‌ی هوای مختلف را شناسایی کرده و معتقد است این گونه‌ها الگوی بارش مدیترانه را تا اندازه‌ی زیادی تبیین می‌کنند. کریچاک و همکاران (۲۱۵:۲۰۰۰)رابطه‌ی الگوهای گردشی و دوره‌های پربارش و کم بارش شرق مدیترانه را بررسی کرده‌اند. ایشـان نشـان داده‌انـد کـه ناهنجاری‌های فشار تراز دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل تـراز ۵۰۰ هکتوپاسـکال تبیـین کننـده‌ی رخداد دوره‌های پربارش و کم‌بارش شرق مدیترانه است. فولر و کیلسبی (۱۹۱:۲۰۰۲)رابطه‌ی خشکسالی‌های هیدرولوژیک منطقه یورکشایر بریتانیا با گونه‌های هـوای لامـب را بررسـی کرده و دریافته‌اند که خشکسالی‌ها گاهی حاصل شرایط جوی هستند و بنابراین با گونه‌هـای هوا رابطه نشان می‌دهند و گاهی حاصل سوء مدیریت هستند و ارتباطی بـا گونـه‌هـای هـوا ندارند. شریدان (۶۶:۲۰۰۲) روش طبقه‌بندی همدید مکانی را از جهات مختلف بازنگری کرده و معتقد است این روش ابزار سودمندی برای مطالعات محیطی است. وی همچنـین رابطـه‌ای قوی بین گونه‌های هوای امریکای شمالی و شاخص‌های پیوند از دور (نوسان اطلـس شـمالی

Archive of SID

www.SID.ir

NAO و اقیانوس آرام – امریکای شمالی *PNA*) یافته است (شریدان ۲۰۰۳:۴۳). راینهام و همکاران (۲۰۰۵:۳۵۸) به کمک طبقه‌بندی همدید مکانی به تبیین مرگ و میر در شهر تورنتو کانادا پرداخته‌اند. بررسی ایشان نشان داد که در مجموع کیفیت هوا (آلودگی هوا) تابعی از گونه‌ی همدید است اما برای درک رابطه‌ی شرایط جوی و سلامتی، مطالعات بیشتری لازم است. بیسولی و همکاران (۱۳:۲۰۰۶) پس از مطالعه‌ی گونه‌های هوا، در آلمان و مقایسه‌ی آن با رخداد توفند نتیجه می‌گیرند که بین فراوانی روزهای توفندی و گونه‌ی هوا وابستگی معنادار وجود دارد. مورابیتو و همکاران (۲۰۰۶:۵۶) به روش همدید به بررسی رابطه‌ی بین گونه‌های هوای زمستانه‌ی فلورانس ایتالیا با بروزحلمه‌ی قلبی پرداختند و نشان دادند که هر چند به علل محدودیت‌های روش‌شناختی نمی‌توانند یافته‌های خود را به دیگر مناطق جغرافیائی تعمیم دهند اما به نظر می‌رسد بین گونه‌های هوا و رخداد سکته‌ی قلبی در فلورانس ارتباط آماری وجود دارد.

داده ها

توده هوا حجم بزرگ و یکپارچه‌ای از هواست که به اندازه‌ی کافی بر روی سطحی معین استقرار داشته و خصوصیات سطح زیر خود را کسب کرده است (استال ۲۰۰۰:۲۵۲). توده‌هواها را معمولاً بر حسب دو متغیر طبقه‌بندی می‌کنند: دمای بالقوه و رطوبت. طبق تعریف مقدار این دو متغیر در سراسر یک توده‌هوا کم و بیش یکدست است. با این حال معیارهای دیگری نیز مبنای طبقه‌بندی توده‌هواها قرار می‌گیرند که از آن جمله‌اند: دید افقی، غلظت گرد و غبار، غلظت گرده گیاهان، غلظت آلاینده‌ها، غلظت مواد رادیواکتیو، غلظت هسته‌های چگالش، ابرناکی، پایداری ایستا و تلاطم (استال ۲۰۰۰:۲۵۳).

یک گونه‌ی هوا نماینده‌ی هواهایی است که از نظر متغیرهای جویِ مُمیز، به اندازه کافی همانند یکدیگرند. اگر تحلیل گونه‌های هوا در بازه روزانه انجام گیرد، یک گونه‌ی هوا در برگیرنده روزهایی است که از هوای همانندی برخوردار بوده‌اند. ظهور یک گونه‌ی هوا در یک محل معین از یک سو به توده هوایی بستگی دارد که به محل وارد شده و از سوی دیگر

Archive of SID

www.SID.ir

بازتاب شرایط جغرافیایی (ناهمواری، همسایگی با توده‌های آب، ..) آن محل است. چون شرایط جغرافیایی محل معمولاً ثابت است تفاوت گونه‌های هوایی که در یک محل یکی پس از دیگری می‌آیند و می‌روند تابع توده‌های هوایی است که به محل وارد می‌شوند. بنابراین بین سری زمانی (زیج) گونه‌های هوای محل با توده هوایی که منطقه‌ی بزرگی شامل محل مورد نظر را می‌پوشاند مرتبط است. بر اساس همین منطق است که در ادبیات اقلیم شناسی پس از تحلیلِ ایستگاهیِ گونه‌های هوا در بُعد زمانی، تحلیل مکانی گونه‌های همدید جای خود را باز کرده است (کالکستاین و همکاران (۹۸۳:۱۹۹۶).

بر اساس آنچه، گفته شد برای شناسایی گونه‌های هوا باید آن دسته از متغیرهای جوی را به کار گرفت که نماینده شرایط دمایی و رطوبتی جو باشند. از میان متغیرهای مختلفی که در ایستگاه همدیداصفهان اندازه‌گیری می‌شوند ۲۲ متغیر برگزیده شد که فهرست آنها در جدول ۱ آمده است. این متغیرها به این دلیل برگزیده شده‌اند ،که هم نماینده‌ی شرایط دمایی و رطوبتی جو هستند و هم مقدار آنها در ایستگاه‌های کلیماتولوژی نیز اندازه‌گیری می‌شود. به این ترتیب گ.نه‌های هوا را می‌توان بر اساس متغیرهای مشترک برای تعداد زیادتری از ایستگاه‌های هواسنجی بدست آورد و با یکدیگر مقایسه کرد. مقدار این ۲۲ متغیر از ۱۳۳۹/۱۰/۱۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ در آرایه‌ای با آرایش P(متغیرهای جوی بر روی ستون‌ها و روزها بر روی سطرها)فراهم شد (جدول ۲). بنابراین آرایه‌ی داده‌ها به ابعاد ۲۲*۱۶۰۷۱ آماده شد.

چون داده‌ها دارای دامنه و یکاهای مختلفی هستند پیش از انجام تحلیل انجام استانداردسازی ضروری است تا وزن همه‌ی متغیرها در تفکیک گونه‌های هوا یکسان باشد. چون در اینجا هدف ما تنها هم وزن کردن متغیرها بود از رابطه‌ی زیر برای استانداردسازی بهره بردیم:

$$stnd_{ij} = \frac{Data_{ij} - Min_j}{Max_j - Min_j}$$

$stnd_{ij}$ مقدار استاندار شده‌ی متغیر j ام در روز i ام؛ $Data_{ij}$ مقدار متغیر j ام در روز i ام؛ Min_j مقدار کمینه‌ی متغیر j ام؛ Max_j مقدار بیشینه‌ی متغیر j ام.

Archive of SID

www.SID.ir

پس از استانداردسازی سطرهایی که دارای نبود آماری بودند (ولو بر روی یک متغیر) از آرایه حذف شدند و به این ترتیب آرایه‌ی نهایی به ابعاد ۲۲*۱۵۹۴۰ بدست آمد($stnd_{15940,22}$). این آرایه مبنای محاسبه‌ی فواصل اقلیدسی قرار گرفت.

روش شناسایی گونه‌های هوا

چون قبل از انجام دسته‌بندی هیچ ایده‌ای درباره‌ی تعداد گونه‌های هوا نداریم انجام تحلیل خوشه‌ای برای شناسایی گونه‌های هوا عملی به نظر می‌رسد. دراین صورت مثلاً k متغیرِ متعلق به یک روز (t_1)با kمتغیر متعلق به روزی دیگر (t_2)تک تکبایکدیگر مقایسه می‌شوند تا درجه‌ی همانندی آنها با یکدیگر آشکار شود. سپس تمامی t هابرحسب درجه‌ی همانندی با یکدیگر خوشه می‌شوند. بنابراین دریک تحلیل خوشه‌ای دوگام اساسی وجود دارد.گام اول محاسبه‌ی درجه‌ی همانندی افراد با یکدیگر است وگام دوم چگونگی ادغام افراد برحسب درجه همانندی آنها با یکدیگر.

جدول ۱) فهرست داده‌های پایه برای شناسایی گونه‌های همدید ایستگاه اصفهان

ردیف	نماد	شرح	یکا
۱	*DRY*03	دمای خشک ساعت سه زولو (ساعت ۶/۵ محلی)	درجه سلسیوس
۲	*DRY*09	دمای خشک ساعت نه زولو (ساعت ۱۲/۵ محلی)	درجه سلسیوس
۳	*DRY*15	دمای خشک ساعت پانزده زولو (ساعت ۱۸/۵ محلی)	درجه سلسیوس
۴	*DRYMD*	میانگین روزانه دمای خشک	درجه سلسیوس
۵	*WET*03	دمای تر ساعت سه زولو (ساعت ۶/۵ محلی)	درجه سلسیوس
۶	*WET*09	دمای تر ساعت نه زولو (ساعت ۱۲/۵ محلی)	درجه سلسیوس
۷	*WET*15	دمای تر ساعت پانزده زولو (ساعت ۱۸/۵ محلی)	درجه سلسیوس
۸	*WETMD*	میانگین روزانه دمای تر	درجه سلسیوس
۹	*MAXDT*	بیشینه دمای روزانه (دمای روزهنگام)	درجه سلسیوس
۱۰	*MENDT*	میانگین دمای شبانروز	درجه سلسیوس
۱۱	*MINDT*	کمینه دمای روزانه (دمای شب هنگام)	درجه سلسیوس
۱۲	*RRRMD*	ارتفاع بارش روزانه	میلیمتر

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳	$RHM03$	درصد نم نسبی ساعت سه زولو (ساعت ۶/۵ محلی)	درصد
۱۴	$RHM09$	درصد نم نسبی ساعت نه زولو (ساعت ۱۲/۵ محلی)	درصد
۱۵	$RHM15$	درصد نم نسبی ساعت پانزده زولو (ساعت ۱۸/۵ محلی)	درصد
۱۶	$RHMMD$	میانگین روزانه درصد نم نسبی	درصد
۱۷	$M03$	سرعت باد در ساعت سه زولو (ساعت ۶/۵ محلی)	گره
۱۸	$M09$	سرعت باد در ساعت نه زولو (ساعت ۱۲/۵ محلی)	گره
۱۹	$M15$	سرعت باد در ساعت پانزده زولو (ساعت ۱۸/۵ محلی)	گره
۲۰	$A03$	سمت باد در ساعت سه زولو (ساعت ۶/۵ محلی)	درجه
۲۱	$A09$	سمت باد در ساعت نه زولو (ساعت ۱۲/۵ محلی)	درجه
۲۲	$A15$	سمت باد در ساعت پانزده زولو (ساعت ۱۸/۵ محلی)	درجه

جدول ۲) نمونه سطرهای ابتدا و انتهای آرایه‌ی داده‌ها

YEAR	MONTH	DAY	DRY03	DRY09	DRY15	DRYMD	WET03	WET09	WET15	WETMD	MAXDT	MENDT	MINDT	RRRMD	RHM03	RHM09	RHM15	RHMMD	M03	M09	M15	A03	A09	A15
1339	10	11	4.6	7.0	6.4	2.0	-7.0	2.4	2.4	-1.2	10.0	2.5	-5.0	0.0	30.0	40.0	45.0	47.8	2.0	2.0	4.0	270.0	90.0	90.0
1339	10	12	-5.0	3.6	6.0	2.4	-6.5	1.0	3.0	-0.6	8.0	1.5	-5.0	0.0	62.0	61.0	59.0	57.6	2.0	5.0	5.0	220.0	90.0	130.0
1339	10	13	2.6	9.0	7.6	5.8	-0.6	3.5	2.4	1.8	11.0	3.5	-4.0	0.0	68.0	33.0	35.0	45.9	5.0	5.0	5.0	230.0	90.0	270.0
1339	10	14	0.0	8.6	6.0	4.5	-2.8	2.6	1.5	0.5	9.0	4.0	-1.0	0.0	48.0	29.0	37.0	43.4	0.0	5.0	3.0	0.0	270.0	360.0
1339	10	15	4.4	6.0	5.0	1.5	-5.8	1.8	0.5	-1.5	9.0	1.5	-6.0	0.0	67.0	43.0	91.0	58.8	2.0	2.0	5.0	270.0	270.0	90.0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1383	10	7	2.0	4.8	3.0	2.5	0.4	1.4	0.8	0.2	5.8	3.7	1.6	0.0	74.0	54.0	66.0	64.6	0.0	4.0	6.0	0.0	30.0	300.0
1383	10	8	-1.6	2.2	0.4	-0.2	-3.0	-2.0	-2.4	-2.9	4.4	1.2	-2.0	0.0	72.0	36.0	52.0	54.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1383	10	9	-5.8	2.4	0.6	-1.0	-6.8	-2.2	-2.6	-3.7	6.0	-0.2	-6.4	0.0	71.0	31.0	46.0	53.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1383	10	10	-6.6	3.2	5.4	0.4	-7.0	-1.0	1.2	-2.2	9.4	1.1	-7.2	0.0	84.0	40.0	43.0	59.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1383	10	11	-3.4	8.6	10.2	4.8	-4.0	3.8	5.0	1.4	15.0	5.3	-4.4	0.0	84.0	43.0	42.0	58.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

بسته به روشی که برای محاسبه درجه‌ی همانندی وچگونگی ادغام انتخاب می‌کنیم یک تحلیل خوشه‌ای را می‌توان به شیوه‌های مختلفی اجرا کرد. برای محاسبه‌ی درجه‌ی همانندی روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که برخی از آنها عبارتند از: فاصله‌ی اقلیدسی، فاصله‌ی همبستگی، فاصله‌ی هِمینگ، فاصله‌ی ماهالانوبیس، فاصله‌ی مینکوسکی، فاصله‌ی کوسینوسی، فاصله‌ی بلوک‌شهری، فاصله‌ی جاکارد و فاصله‌ی چبیشف. روشن است که برای n مشاهده فاصله قابل محاسبه است.فرض کنید X_r بردار مشاهدات بر روی r و x_s بردار مشاهدات بر روی s باشد در این صورت فواصل اقلیدسی به صورت زیر محاسبه می‌شوند. $\frac{n(n-1)}{2}$

$$d_{rs}^2 = (X_r - X_s)(X_r - X_s)'$$

Archive of SID

www.SID.ir

درمطالعات اقلیمی‌غالباً برای محاسبه‌ی درجه‌ی ناهمانندی (همانندی)از روش فاصله‌ی اقلیدسی استفاده می‌شود.درمواردی که مقیاس اندازه‌گیری متغیرها متفاوت و دارای دامنه‌های مختلفی باشند استفاده از فاصله‌ی اقلیدسی استاندارد شده توصیه می‌شود.

پس از اندازه‌گیری درجه‌ی همانندی باید شیوه‌ای برای ادغام اقلامی کهبالاترین همانندی را نشان داده‌اند بکار برد. شیوه‌های مختلفی برای ادغام معرفی شده‌اند که از آن جمله‌اند: پیوند تکی ، پیوند کامل، پیوند متوسط، پیوند وزنی، پیوند مرکزی، پیوند میانه و پیوند وارد. در روش واردگروه‌های rو sدر صورتی ادغام می‌شوند که افزایش پراش ناشی از ادغام آنها نسبت به ادغام هریک از آنها با دیگر گروه‌ها کمینه باشد یعنی:

$$d(r,s)=\frac{n_r n_s d_{rs}^2}{(n_r+n_s)}$$

دراینجا d_{rs}^2فاصله‌ی بین گروه rو گروه sاست که به روش پیوند مرکزی بدست آمده باشد.

درمطالعات اقلیم‌شناختی عمدتاً از روش ادغام وارد استفاده می‌شود زیرا در این‌صورت میزان پراش درونگروهی به حداقل می‌رسد و همگنی گروه‌های حاصله بیشینه می‌شود.

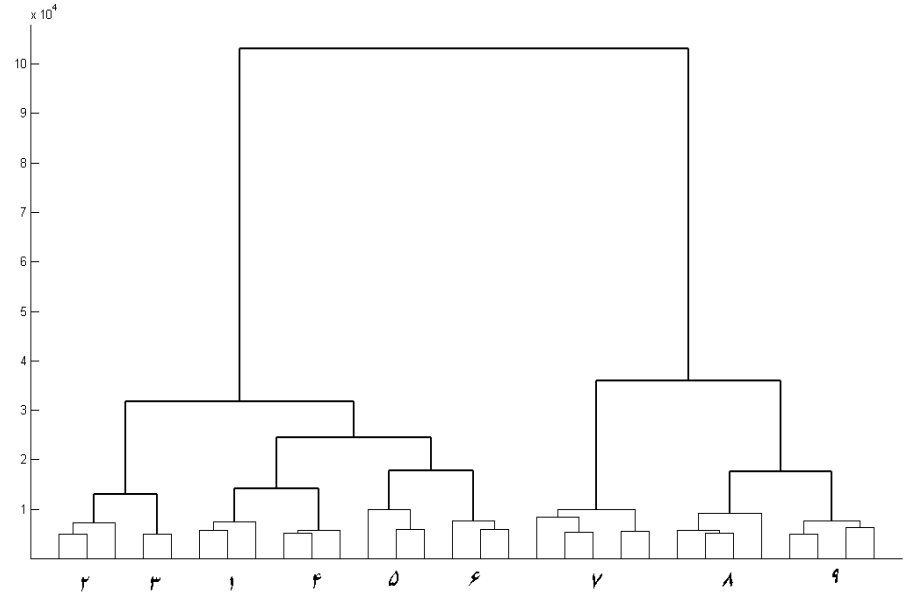
گونه‌های هوای اصفهان

انجام یک تحلیل خوشه‌ای بر روی فواصل اقلیدسی آرایه‌ی استاندارد داده‌های جوی اصفهان ($stnd_{15940,22}$) و ادغام روزها به روش وارد نشان داد که اصفهان دارای نُه گونه هوای متمایز (شکل ۱) به شرح زیر است:

۱	گونه سرد، یخبندان، آرام	۴	گونه سرد، یخبندان، خشک	۷	گونه معتدل
۲	گونه بسیار سرد، یخبندان، آرام، مه‌آگین	۵	گونه سرد، بادی	۸	گونه‌گرم و خشک
۳	گونه بارشمند	۶	گونه بادی	۹	گونه‌بسیار گرم و خشک

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱) دارنمای نُه گونه هوای اصفهان

۱- گونه‌ی سرد، یخبندان، آرام

این گونه‌یِ هوا از میانه‌ی آبان تا پایان اسفند (شکل۱-۲، جدول۳) یعنی حدود ۹ درصد از روزهای سال فعال است. دمای روز حدود ده درجه سلسیوس و در شب حدود ۲/۵- درجه سلسیوس است. در ۸۶ درصد اوقاتی که این گونه‌ی هوا رخ می‌دهد یخبندان پدید می‌آید (جدول ۳). در دهه‌ی هشتاد فراوانی این گونه‌ی هوا افزایش نسبی نشان داده است (شکل۱-۳) با این که رخداد مه در اصفهان اندک است اما در ۲ درصد مواردی که این گونه‌ی هوا دیده می‌شود مه پگاهی رخ می‌دهد. با این حال پس از طلوع آفتاب، نم نسبی به شدت کاهش می‌یابد و هوا خشک می‌شود.

۲- گونه‌ی بسیار سرد، یخبندان، آرام، مه آگین

این گونه‌ی هوا از اوایل آذر تا اوایل اسفند دیده می‌شود (شکل۲-۲) در زمان حاکمیت این گونه‌ی هوا که در ۴/۴ روزهای سال دیده می‌شود اصفهان سردترین روزهای خود را

Archive of SID

www.SID.ir

سپری می‌کند. میانگین دمای روزانه نزدیک به صفر است و در نیمروز به ۵ درجه سلسیوس نمی رسد و در هنگام شب از ۴- درجه سلسیوس هم سردتر است. در ۹۵ درصد اوقاتی که این گونه‌ی هوا رخ می‌دهد اصفهان با یخبندان روبرو می‌شود. بالاترین احتمال رخداد مه پگاهی به این گونه‌ی هوا تعلق دارد. تقریباً در ۵ درصد روزهای حاکمیت این گونه‌ی هوا مه پگاهی رخ می‌دهد (جدول ۳). از سوی دیگر تقریباً در یک چهارم مواردی که این گونه‌ی هوا حاکم است احتمال رخداد بارش نیز می‌رود. فراوانی این گونه‌ی هوا در دهه‌ی ۶۰ یک افزایش نسبی داشته است (شکل ۲-۳).

۳- گونه‌ی بارش مند

این گونه‌ی هوا از اوایل آبان تا نیمه‌ی دوم فروردین دیده می‌شود (شکل ۳-۲). هرچند فراوانی آن از همه‌ی گونه‌های هوای دیگر کمتر است اما گونه‌ی هوا بسیار مهمی است زیرا در ۷۵ درصد موارد با بارش همراه است و میانگین بارش در هر روز بارشی نزدیک به ۶ میلیمتر است. از دیدگاه احتمال رخداد مه پگاهی نیز (۴/۴ درصد) در جایگاه دوم قرار دارد. میانگین دمای روزانه ۷ درجه سلسیوس است که در طول شبانه روز ۳ تا ۱۱ درجه سلسیوس تغییر می‌کند (جدول ۳). پس این گونه‌ی هوا از نظر دمایی سرد به شمار می‌رود. اصولاً فراوانی این گونه‌ی هوا در کل دوره‌ی مورد مطالعه زیر ۵ درصد بوده است (شکل ۳-۳) .

۴- گونه‌ی سرد یخبندان، خشک

این گونه‌ی هوا از ۱۶آبان تا ۲۳ فروردین دیده می‌شود. فراوانی آن یک بار ۲۶ بهمن و بار دیگر در ۵ آذر به اوج می‌رسد (شکل ۴-۲). یخبندان مهم‌ترین پدیده‌ای است که با این گونه‌ی هوا همراه بوده است. در ۷۰ درصد رخدادهای این گونه‌ی هوا یخبندان نیز دیده می‌شود. دمای شبانه روز بین ۱- تا ۱۳ درجه سلسیوس در نوسان است. با وجود هوای سرد نم نسبی بسیار پایین است و به طور متوسط به ۴۰ درصد هم نمی‌رسد (جدول ۳). این هوای سرد

Archive of SID

www.SID.ir

و خشک در ۸ درصد روزهای سال در اصفهان دیده می‌شود. بررسی سری سالانه‌ی فراوانی رخداد این گونه‌ی هوا بیانگر رفتاری شبه تناوبی است (شکل۴-۳).

۵- گونه‌ی سرد بادی

در فصول گذار یعنی فصل پاییز و بهار و دقیق‌تر بگوییم از ۱۱ مهر تا ۲۵ اردیبهشت هوای سرد همراه با وزش باد در اصفهان دیده می‌شود (شکل ۵-۲). این نوع هوا دو اوج نشان می‌دهد یک اوج اصلی در ۲۲ آبان و یک اوج فرعی در اول فروردین. در زمان حاکمیت این گونه‌ی هوا که فراوانی آن حدود ۱۰ درصد است دما بین ۴/۵ درجه تا ۱۶/۵ درجه سلسیوس در طی شبانه روز نوسان می‌کند (جدول ۳) و با گذشت روز بر سرعت باد افزوده می‌شود. به نظر می‌رسد در طی دهه‌های گذشته از فراوانی این گونه‌ی هوا کاسته شده است (شکل۵-۳).

۶- گونه‌ی بادی

این گونه‌ی هوا در فصول گذار دیده می‌شود. از ۱۵ مهر تا ۱۷ اردیبهشت امکان مشاهده این گونه‌ی هوا وجود دارد (شکل ۶-۲). اوج فراوانی این گونه‌ی هوا یکی در ۴ فروردین و دیگری در ۱۶ آبان است. بویژه در هنگام بعدازظهر شدیدترین بادهایی که در اصفهان دیده می‌شود در هنگام حاکمیت این گونه‌ی هوا رخ می‌دهد (جدول ۳). احتمال وزش باد در زمان حاکمیت این گونه‌ی هوا نزدیک به ۶۰ درصد است که نسبت به دیگر گونه‌های هوا بالاترین مقدار را دارد. این گونه‌ی هوا به طور متوسط در ۹ درصد اوقات سال دیده می‌شود اما فراوانی آن در دهه‌های گذشته به نسبت کاهش یافته است (شکل ۶-۳).

۷- گونه‌ی معتدل

هوای اصفهان در اواخر تابستان و اوایل پاییز از یک سو و اواخر زمستان و تا نزدیکی‌های اواخر بهار می‌تواند از اعتدال برخوردار باشد. همچنین از ۴ شهریور تا ۲۷ آبان

Archive of SID

www.SID.ir

ماه که در ۲۳ مهر به اوج خود می‌رسد و از ۱ اسفند تا ۲۳ خرداد که در ۲ اردیبهشت به اوج خود می‌رسد این گونه‌ی هوا دیده می‌شود (شکل ۷-۲). دما در این هنگام پس از ۱۱ تا ۲۵ درجه سلسیوس نوسان می‌کند (جدول ۳) در زمان حاکمیت این گونه‌ی هوا تقریباً همه‌ی متغیرهای جوی به مقادیر میانگین کل نزدیک‌تر است بنابراین از نظر رطوبت، باد، احتمال بارش و دما شرایط جوی متوسط بر اصفهان حاکم است. این گونه‌ی هوا به طور متوسط در ۱۷ درصد اوقات سال دیده می‌شود. در طی دهه‌های گذشته فراوانی این گونه‌ی هوا از ثبات چشمگیری برخوردار بوده است (۷-۳).

۸- گونه‌ی گرم و خشک

این گونه‌ی هوا از فراوانی دو قله‌ای برخوردار است. دوره‌های فعالیت آن از ۱۰ فروردین تا ۱ آبان که یک بار در ۲۷ شهریور و بار دیگر در ۳۰ اردیبهشت به اوج خود می‌رسد. در زمان حاکمیت این گونه‌ی هوا دما بین ۱۵/۵ تا ۳۱ درجه‌ی سلسیوس نوسان می‌کند (شکل ۸-۲). نم‌نسبی در این زمان به ۲۵ درصد هم نمی‌رسد(جدول ۳). فراوانی این گونه‌ی هوا در دهه‌های گذشته رفتاری شبه تناوبی داشته است (شکل ۸-۳). در طی حاکمیت این گونه‌ی هوا تنها در ساعات اولیه‌ی صبح بیش از طلوع خورشید هوا اندکی ملایم است و پس از آن گرم و خشک می‌شود. در ۱۴ درصد موارد اصفهان یک چنین هوایی را تجربه می‌کند.

۹- گونه‌ی بسیار گرم و خشک

این گونه‌ی هوا فراوان‌ترین هوای قابل مشاهده در اصفهان است تقریباً در یک چهارم اوقات سال چنین هوایی بر اصفهان حاکم است. از ۲۵ اردیبهشت تا ۷ مهر دوره‌ی فعالیت این گونه‌ی هوا است و در ۱۵ تیر که به اوج فراوانی خود می‌رسد هرگز هوایی جز هوای بسیار گرم و خشک دیده نشده است (۹-۲). دما بین ۲۰ تا ۳۶ درجه سلسیوس در طی شبانه روز تغییر می‌کند (جدول ۳). رطوبت نسبی به کمترین مقدار خود می‌رسد. در طی دهه‌های اخیر فراوانی این گونه‌ی هوا در اصفهان به نسبت افزایش یافته است (شکل ۹-۳).

Archive of SID

www.SID.ir

همگنی گونه‌های هوا

هر گونه‌ی هوا شامل هواهایی است که هر چند به یکدیگر شبیه‌اند اما برابر نیستند. به همین سبب همواره با مسئله‌ی پراش درون‌گروهی دست به گریبانیم. پراش درون‌گروهی آنقدر مهم است که می‌تواند معیار ارزشمندی یا بی‌ارزشی طبقه‌بندی باشد. شاخص‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری همگنی درون‌گروهی وجود دارد. ریشه‌ی دوم میانگین مربعات خطا یکی از این شاخص‌هاست که به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

$$RMSE_i = \sum_{j=1}^{22} \sqrt{\frac{1}{n_i} \sum_{d=1}^{n_i} \left[Data_{ijd} - Avg_{ij} \right]^2}$$

Avg_{ij} میانگین متغیر j ام روی گروه i ام

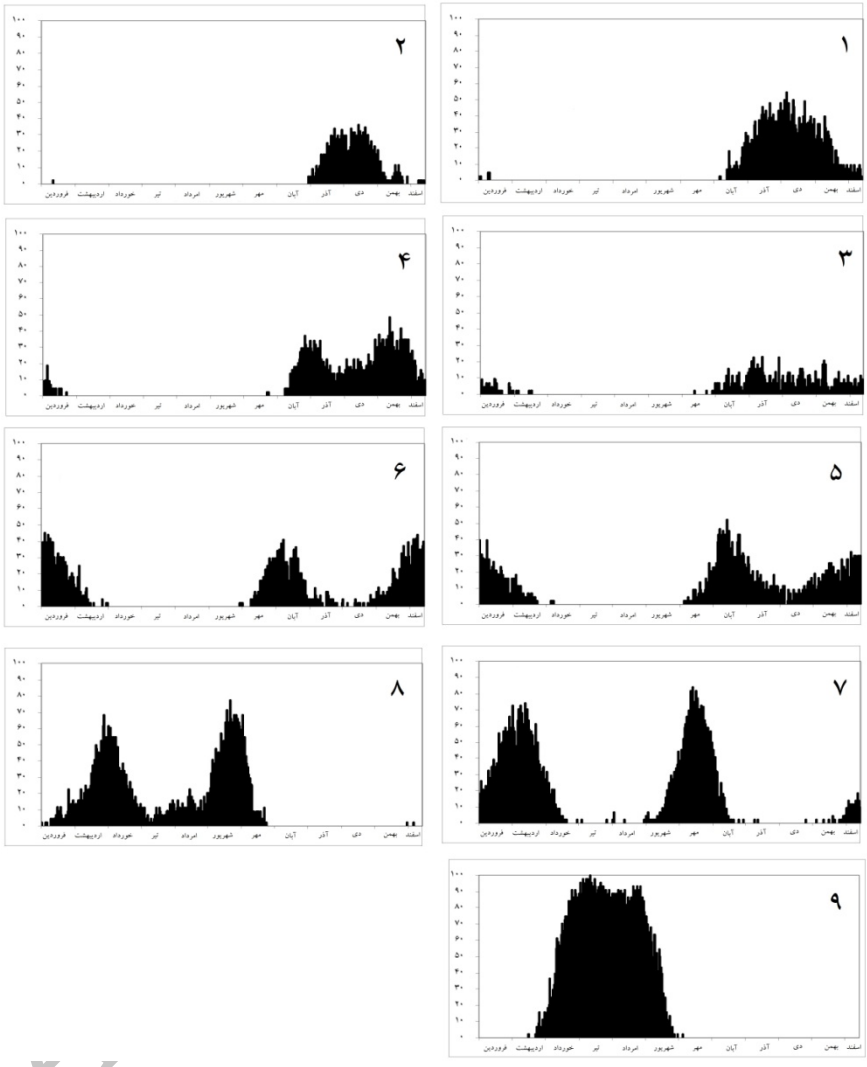
$Data_{ijd}$ میانگین متغیر j ام روی گروه i ام در روز d ام

n_i تعداد هواهای عضو گروه i ام

هوای بسیار گرم و خشک که فراوان‌ترین هوای اصفهان است همگن‌ترین هوا هم هست. از سوی دیگر هوای سرد و خشک و یخبندان نیز از همگنی زیادی برخوردار است (جدول ۳). این ویژگی نشان می‌دهد که اصفهان دارای دو فصل مشخص سرد و گرم است و در فصول گذارهواهایی دیده می‌شوند که با همگروه‌های خود همانندی کمتری دارند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲) درصد فراوانی روزانه نه گونه هوای اصفهان

جدول ۳) ویژگی‌های آماری گونه‌های هوای اصفهان

شماره گونه هوا	درصد فراوانی وقوع	درصد احتمال بارش	درصد احتمال یخبندان	درصد احتمال مه پگاهی	میانگین بارش در روزبارشی	درصد احتمال وزش	زمان آغاز گونه هوا	زمان اوج گونه هوا	زمان پایان گونه‌ی هوا	RMSE
۱	۸/۹	۷/۱	۸۶/۴	۲/۱	۱/۶	۳۲/۹	۲۱/آبان	۱۸/دی	۲۹/اسفند	۸۷/۳
۲	۴/۴	۲۷/۲	۹۵/۳	۵/۴	۳/۹	۲۸/۳	۹/آذر	۲۸/دی	۹/اسفند	۹۷/۶
۳	۳/۷	۷۴/۷	۱۳/۵	۴/۴	۵/۷	۴۳/۱	۶/آبان	۲۳/آذر	۲۱/فروردین	۱۰۹/۵
۴	۸/۲	۱/۸	۷۰/۳	۰/۴	۱/۰	۴۶/۹	۱۶/آبان	۲۶/بهمن ۵/آذر	۲۳/فروردین	۸۱/۵

www.SID.ir

۵	۱۰/۲	۲۷/۴	۹/۹	۰/۷	۲/۹	۴۹/۴	۱۱/مهر	۲۲/آبان ۱/فروردین	۲۵/اردیبهشت	۱۰۹/۸
۶	۹/۲	۲/۹	۲/۲	۰/۱	۱/۱	۵۸/۶	۱۵/مهر	۴/فروردین ۱۶/آبان	۱۷/اردیبهشت	۹۹/۷
۷	۱۷/۰	۸/۱	۰/۰	۰/۰	۱/۶	۵۴/۱	۴/شهریور ۱۰/اسفند	۲۳/مهر ۲/اردیبهشت	۲۷/آبان ۲۳/خرداد	۹۷/۰
۸	۱۴/۰	۲/۵	۰/۰	۰/۲	۱/۵	۵۵/۰	۱۰/فروردین	۲۷/شهریور ۳۰/اردیبهشت	۱/آبان	۸۴/۷
۹	۲۴/۴	۰/۳	۰/۰	۰/۱	۰/۶	۵۶/۶	۲۵/اردیبهشت	۱۵/تیر	۷/مهر	۶۶/۵
میانگین		۹/۶	۱۹/۴	۰/۱۲	۳/۳					

جدول ۳ دنباله

	دمای خشک۰۳	دمای خشک۰۹	دمای خشک۱۵	میانگین دمای خشک	دمای تر ۰۳	دمای تر ۰۹	دمای تر ۱۵	میانگین دمای تر	میانگین دمای بیشینه	میانگین دمای روزانه	میانگین دمای کمینه
۱	-۲/۰	۷/۴	۶/۲	۳/۴	-۳/۲	۲/۷	۲/۰	۰/۳	۱۰/۲	۳/۸	-۲/۵
۲	-۳/۹	۲/۵	۱/۵	-۰/۳	-۴/۶	۰/۰	-۰/۴	-۱/۹	۴/۸	۰/۲	-۴/۴
۳	۴/۰	۸/۵	۷/۷	۴/۴	۲/۹	۵/۸	۵/۳	۴/۴	۱۱/۰	۷/۱	۳/۲
۴	-۰/۴	۱۰/۳	۹/۲	۵/۸	-۲/۹	۳/۶	۲/۸	۰/۹	۱۳/۳	۶/۱	-۱/۰
۵	۵/۲	۱۴/۱	۱۲/۷	۱۰/۲	۳/۳	۷/۹	۷/۰	۵/۸	۱۶/۵	۱۰/۶	۴/۶
۶	۵/۹	۱۶/۹	۱۵/۵	۱۲/۲	۱/۹	۷/۷	۶/۹	۵/۳	۱۹/۴	۱۲/۳	۵/۲
۷	۱۱/۵	۲۲/۷	۲۱/۴	۱۸/۰	۷/۱	۱۲/۱	۱۱/۳	۹/۹	۲۵/۱	۱۷/۹	۱۰/۸
۸	۱۶/۴	۲۸/۱	۲۷/۵	۲۳/۳	۹/۵	۱۴/۳	۱۴/۱	۱۲/۴	۳۰/۷	۲۳/۰	۱۵/۴
۹	۲۱/۲	۳۳/۱	۳۳/۴	۲۸/۴	۱۲/۱	۱۶/۶	۱۶/۷	۱۴/۸	۳۵/۸	۲۸/۰	۲۰/۱
میانگین	۱۰/۳	۲۰/۸	۲۰/۰	۱۶/۴	۵/۴	۱۰/۴	۹/۹	۸/۳	۲۳/۴	۱۶/۴	۹/۵

جدول ۳ دنباله

	میانگین بارش روزانه	نم نسبی ۰۳	نم نسبی ۰۹	نم نسبی ۱۵	نم نسبی روزانه	سرعت باد ۰۳	سرعت باد ۰۹	سرعت باد ۱۵	جهت باد ۰۳	جهت باد ۰۹	جهت باد ۱۵
۱	۰/۱	۷۵/۲	۴۰/۱	۴۴/۶	۵۵/۴	۵/۸	۵/۹	۶/۶	۲۴۱	۱۸۳	۲۰۰
۲	۱/۱	۸۲/۶	۶۱/۷	۶۹/۰	۷۲/۵	۴/۴	۵/۰	۵/۲	۲۲۶	۱۹۷	۲۰۳
۳	۴/۲	۸۴/۳	۶۸/۳	۶۹/۵	۷۴/۳	۶/۲	۷/۲	۷/۸	۲۰۴	۱۸۵	۲۰۶
۴	۰/۰	۵۵/۳	۲۵/۷	۲۶/۸	۳۷/۸	۵/۰	۶/۶	۷/۴	۲۴۵	۱۹۵	۲۰۵
۵	۰/۸	۷۳/۱	۳۹/۴	۴۱/۶	۵۲/۵	۶/۴	۸/۲	۹/۵	۲۲۹	۱۹۶	۲۱۸
۶	۰/۰	۴۷/۶	۲۱/۳	۲۲/۴	۳۱/۴	۸/۶	۱۰/۳	۱۰/۳	۲۳۶	۲۰۹	۲۱۷
۷	۰/۱	۵۲/۵	۲۳/۹	۲۵/۳	۳۴/۴	۵/۷	۷/۸	۹/۸	۲۴۱	۱۹۶	۲۱۲
۸	۰/۰	۳۷/۴	۱۷/۴	۱۸/۳	۲۴/۶	۵/۰	۷/۱	۸/۱	۲۴۸	۱۸۸	۱۸۳
۹	۰/۰	۳۰/۱	۱۴/۲	۱۴/۲	۱۹/۶	۵/۰	۷/۲	۷/۶	۲۳۷	۱۴۹	۱۴۱
میانگین	۰/۳	۵۱/۳	۲۶/۹	۲۸/۴	۳۶/۳	۵/۸	۷/۵	۸/۴	۲۳۷	۱۸۱	۱۸۸

تنوع روزانه‌ی گونه‌های هوا

چنانکه در تبیین فراوانی ماهانه‌ی رخداد گونه‌های هوا دیدیم هر گونه‌ی هوا تمایل دارد در زمان‌های ویژه‌ای فعال شود. به بیان دیگر گونه‌های هوا دارای رفتار فصلی هستند. به

Archive of SID

www.SID.ir

همین دلیل است که برخی گونه‌های هوا با گونه‌های دیگر ناسازگارند و با برخی گونه‌ها سازگاری زیادی نشان می‌دهند. با این حال گونه‌هایی هم وجود دارند که بتوانند پس از هر گونه‌ی هوای دیگری ظاهر شوند و نقش پل ارتباطی میان الگوهای ناسازگار را بازی می‌کنند. این دو نوع رفتار مختلف از یک سو می‌تواند به این معنا باشد که در برخی روزهای سال تنها باید انتظار مشاهده‌ی گونه‌ی هوای معینی را داشت و از سوی دیگر به این معناست که در برخی از روزها چندین گونه‌ی هوا می‌توانند ظاهر شوند. مثلاً فرض کنید در روز پانزدهم تیر در طی ۴۴ سال مورد بررسی از میان نُه گونه‌ی هوا همواره گونه‌ی هوای بسیار گرم و خشک دیده شده باشد. در این صورت در آینده هم برای این روز انتظار مشاهده‌ی همین الگو را داریم. چنین روزی از نظر گونه‌ی هوا باثبات به شمار می‌آید و از تنوع گونه‌ی هوا برخوردار نیست. در چنین روزهائی شرایط جوی از ثبات برخوردار است. در مقابل در روز ۲۷ اسفند در طی ۴۴ سال هفت گونه‌ی هوا از نُه گونه‌ی هوای اصفهان مشاهده شده است. در این صورت احتمال مشاهده‌ی هفت گونه‌ی هوا در این روز در آینده هم وجود دارد (شکل ۴).

اندازه گیری درجه‌ی تنوع گونه‌های هوا در هر یک از روزهای سال گذشته از ارزش نظری از لحاظ عملی نیز به پیش‌بینی کمک می‌کند. به همین جهت در اینجا کوشش می‌کنیم سنجه‌ای برای اندازه‌گیری درجه‌ی تنوع روزانه‌ی گونه‌های هوا معرفی کنیم. این نکته نیز شایان توجه است که در اوقاتی از سال که شرایط جوی بسیار بی‌ثبات است و گونه‌های هوا یکی پس از دیگری آشکار و ناپدید می‌شوند حتی ممکن است درطی یک روز چندین بار گونه‌ی هوا و شرایط جوی تغییر کند. بنابراین از لحاظ نظری این امکان هم وجود دارد که درجه‌ی تنوع گونه‌های هوا در مقیاس کوتاه‌تر از روزانه هم تعریف شود. مثلاً در یک روز بهاری شرایط جوی صبح، نیمروز، عصر و شب ممکن است کاملاً متباین باشد. در اینجا چون مبنای طبقه بندی گونه‌های هوا، داده‌های روزانه بوده است درجه‌ی تنوع گونه‌های هوا را برای مقیاس روزانه تعریف می‌کنیم.

Archive of SID

www.SID.ir

فرض کنید به هر یک از روزهای سال بتوان یک گونه‌ی هـوای معـین را نسـبت داد و فرض کنید m گونه‌ی هوای مختلف وجود داشته باشد. بعلاوه فرض کنید N سال مختلـف را بررسی می‌کنیم. اگر n_{ij} فراوانی گونه‌ی هوای iام در روز jام باشد آنگاه مـی‌تـوان نوشت.

$$R_{ij} = \frac{n_{ij}}{N} \times 100$$

که n_{ij} درصد فراوانی گونه‌ی هوای iام در روز j ام است. در این صورت درجه‌ی تنوع گونه‌های هوا را به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

$$D_i = 1 - \frac{1}{K} \sum_{j=1}^{m} \left| R_{ij} - \frac{100}{m} \right|$$

که K عبارت است از :

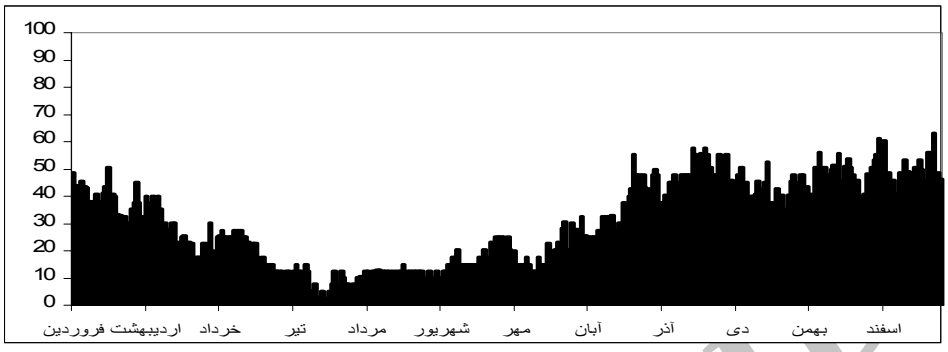
$$K = 200 \frac{m-1}{m}$$

در مورد مسئله‌ی مورد نظر ما تعداد گونه‌های هوا برابر نُه ($m = 9$) و تعداد سـال‌هـای مورد بررسی ۴۴ سال ($N = 44$) است.بدین صورت D_i درجه‌ی تنوع گونه‌های هوا بـرای روز iام رابدست می‌دهد. i برای سال‌های معمولی بین یک تا ۳۶۵ و برای سال‌های کبیسـه بین ۱ تا ۳۶۶ تغییر می‌کند.

برای روزی که در تمام سال‌های مورد بررسی همواره دارای یک گونه‌ی هوا بوده اسـت مقدار D برابر صفر خواهد بود. به بیان دیگر ایـن روز معـین تنهـا یـک گونـه‌ی هـوا را می‌پذیرد و از تنوع گونه‌ی هوا برخوردار نیست. در مقابل برای روزی که همه‌ی گونه‌هـای هوا را پذیرفته و درصد فراوانی وقوع همه‌ی گونه‌های هوا در آن یکسان بوده اسـت مقـدار D برابر یک بدست می‌آید؛ یعنی چنین روزی از حداکثر تنوع گونـه‌هـای هـوا برخـوردار است. بنابراین مقدار D بین صفر تا یک تغییر می‌کند. مقدار صفر معرف یکدستی کامـل و مقدار یک معرف تنوع کامل رخداد گونه‌های هوا در یک روز معین است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴) درصد تنوع رخداد گونه‌های هوا در هر روز سال

پیایی

یکی از ویژگی‌های مهم گونه‌های هوا چگونگی پیایی آنهاست. مقصود از پیایی تعداد دفعاتی است که یک گونه‌ی هوا پس از خود یا پس از یک گونه‌ی هوای دیگر دیده می‌شود. با بررسی پیایی می‌توان گونه‌های هوای ناسازگار و گونه‌های هوای پیآیند را شناسایی کرد. گونه‌ی هوای iرا ناسازگار با گونه‌ی هوای jمی‌نامیم هرگاه هرگز پس از مشاهده گونه‌ی هوای i گونه‌ی هوای j مشاهده نشود. بررسی پیایی گونه‌ی هوای سرد و یخبندان و آرام روشن می‌سازد که این گونه‌ی هوا با گونه‌های هوای معتدل، گرم و خشک و بسیار گرم و خشک ناسازگار است. از سوی دیگر محتمل‌ترین گونه‌ی هوا پس از مشاهده‌ی گونه‌ی هوای سرد و یخبندان و آرام، گونه‌ی هوای سرد و یخبندان و خشک است (جدول ۴). ویژگی مهم دیگری که با شمارش پیایی گونه‌های هوا می‌توان تشخیص داد میزان تداوم هر گونه‌ی هوا است. طبیعی است که احتمال مشاهده یک گونه‌ی هوا پس از رخداد همان گونه‌ی هوا بیشتر است، زیرا گونه‌های هوای همانند تمایل دارند از پی هم ظاهر شوند. حتی برخی از گونه‌های هوا که حد واسط گونه‌های هوای کاملاً متباین هستند وظیفه گذار را بر عهده می‌گیرند.

اگر فراوانی وقوع هر گونه‌ی هوا ، پس از گونه‌ی هوای دیگر (پیایی) را برحسب درصد بیان کنیم معیاری از یکپارچگی گونه‌های هوا به دست می‌آوریم. مثلاً فرض کنید گونه‌ی

Archive of SID

www.SID.ir

هوای بسیار گرم و خشک در طی ۳۸۸۵ روز دیده شده و در همه‌ی موارد به جز یک بار (در آخرین روزی که مشاهده شده) همواره پس از خود تکرار شده باشد در این صورت این الگو در طول دوره ۴۴ ساله یک بار و به مدت ۳۸۸۵ روز رخ داده است و از یکپارچگی کامل برخوردار است در صورتی که می‌توانست مثلاً ۳۹۳ بار و هر بار تقریباً به مدت ده روز روی دهد که در این صورت از یکپارچگی کمتری برخوردار بود. این الگو در ۹۰ درصد موارد پس از خود تکرار شده است (جدول ۴). این ویژگی را به شکل دقیق‌تری نیز می‌توان بیان کرد. اگر N تعدا روزهائی باشد که یک گونه‌ی هوا مشاهده شده و n تعداد دفعات مشاهده‌ی آن گونه‌ی هوا باشد آنگاه شاخص رخداد OI را به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

$$OI = 1 - \frac{n}{N}$$

در مورد گونه‌های هوای کاملاً گسسته این شاخص برابر صفر و برای الگوهای کاملاً پیوسته برابر $1 - \frac{1}{N}$ خواهد بود. شاخص رخداد گونه‌ی هوای بارشمند حدود ۰/۳۷ است. این گونه‌ی هوا در طی دوره ۴۴ ساله ۳۷۲ بار رخ داده است (جدول ۵) و هر بار حدود ۱/۶ روز دوام داشته است. مدت دوام هر گونه‌ی هوا را در هر بار رخداد به نام پایستگی آن گونه‌ی هوا می‌شناسیم. بالاترین پایستگی این گونه‌ی هوا ۱۵ روز بوده است.

در مقابلِ ویژگی‌های پایستگی رخداد، می‌توان ویژگی‌های رُخدَاد هر گونه‌ی هوا را نیز بررسی کرد. همچنان که ویژگی‌های رخداد معلوم می‌سازد که در صورت ظهور یک گونه‌ی هوا تا چند روز باید انتظار ماندگاری آن را داشت ویژگی‌های رخنداد نیز معلوم می‌کند که پس از پایان یک گونه‌ی هوا چه مدت باید سپری شود تا آن گونه‌ی هوا دوباره ظاهر شود. بنابراین واژه‌ی رخنداد در مقابل واژه‌ی رخداد قرار می‌گیرد.

میانگین رخنداد گونه‌ی هوای بارشمند حدود ۴۱ روز است. طولانی ترین دوره‌ی رخنداد این گونه‌ی هوا ۳۷۳ روز به طول انجامیده است. گونه‌ی هوای بارشمند پس از ظهور حدود ۱/۶ روز دوام می‌آورد و سپس به مدت ۴۱ روز ناپدید می‌شود تا دوباره ظاهر شود (جدول ۶).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴) درصد پیایی گونه‌های هوای اصفهان

شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	۵۱/۹	۲۷/۲	۱۷/۹	۱۷/۸	۹/۰	۰/۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰
۲	۱۴/۱	۶۳/۲	۶/۱	۰/۸	۰/۸	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
۳	۹/۴	۶/۶	۳۶/۵	۲/۷	۸/۲	۰/۹	۰/۴	۰/۰	۰/۰
۴	۱۴/۵	۲/۱	۸/۵	۵۶/۱	۹/۴	۱۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
۵	۹/۳	۰/۸	۲۲/۷	۱۲/۱	۴۸/۵	۱۶/۵	۶/۲	۰/۰	۰/۰
۶	۰/۹	۰/۰	۵/۶	۱۰/۲	۱۳/۰	۵۶/۳	۸/۷	۰/۶	۰/۰
۷	۰/۰	۰/۰	۲/۶	۰/۲	۱۱/۰	۱۴/۴	۷۰/۳	۱۷/۷	۰/۱
۸	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۱/۴	۱۴/۲	۶۴/۳	۱۰/۰
۹	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۱۷/۴	۸۹/۹

جدول ۵) ویژگی های آماری رخداد گونه های هوای اصفهان

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
میانگین پایستگی	۲/۰۸	۲/۷۲	۱/۵۸	۲/۲۸	۱/۹۴	۲/۲۹	۳/۳۶	۲/۸۰	۹/۸۹
انحراف معیار	۱/۵۹	۳/۳۶	۱/۲۴	۲/۲۸	۱/۵۸	۲/۰۷	۳/۸۶	۲/۶۸	۱۵/۳۲
تغییرپذیری	۷۷	۱۲۳	۷۹	۱۰۰	۸۲	۹۱	۱۱۵	۹۶	۱۵۵
بیشینه	۱۱	۲۴	۱۵	۲۱	۱۸	۱۶	۳۳	۱۹	۹۰
کمینه	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
رخداد	۶۸۵	۲۶۰	۳۷۲	۵۷۱	۸۳۹	۶۴۰	۸۰۷	۷۹۶	۳۹۳
فراوانی	۱۴۲۳	۷۰۷	۵۸۶	۱۳۰۲	۱۶۳۰	۱۴۶۳	۲۷۱۴	۲۲۳۰	۱۱۰۰
شاخص رخداد	۰/۵۲	۰/۶۳	۰/۳۷	۰/۵۶	۰/۴۹	۰/۵۶	۰/۷۰	۰/۶۴	۰/۶۴

جدول ۵) ویژگی‌های آماری رخنداد گونه های هوای اصفهان

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
میانگین پایستگی	۲۱/۲۲	۵۸/۵۸	۴۱/۲۴	۲۵/۶۳	۱۷/۰۳	۲۲/۵۳	۱۶/۲۹	۱۷/۰۸	۳۰/۳۰
انحراف معیار	۶۳/۹۸	۱۱۶/۹۵	۷۵/۷۷	۶۴/۴۱	۴۰/۶۹	۴۸/۵۷	۳۴/۸۴	۴۲/۹۹	۷۷/۷۳
تغییرپذیری	۳۰۱	۲۰۰	۱۸۴	۲۵۱	۲۳۹	۲۱۶	۲۱۴	۲۵۲	۲۵۷
بیشینه	۳۰۳	۳۷۳	۳۳۳	۲۸۵	۲۳۵	۲۶۶	۱۵۷	۲۲۹	۲۷۸
کمینه	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
رخنداد	۶۸۵	۲۶۰	۳۷۲	۵۷۱	۸۳۹	۶۴۰	۸۰۷	۷۹۶	۳۹۳
فراوانی	۱۴۵۱۷	۱۵۲۳۲	۱۵۳۴۳	۱۴۶۳۵	۱۴۲۸۹	۱۴۴۲۲	۱۳۱۴۳	۱۳۵۹۸	۱۱۹۰۹
شاخص رخنداد	۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۷

Archive of SID

www.SID.ir

جمع بندی

اصفهان در طول سال هواهای گوناگونی را تجربه می‌کند. از هواهای سرد ویخبندان گرفته تا هواهای بسیار گرم و خشک. بسامد هواهای مختلف اصفهان متفاوت است. مثلاً بسامد هوای بارانی در اصفهان به چهار درصد هم نمی‌رسد در حالی که تقریباً یک چهارم سال در اصفهان هوای بسیار گرم و خشک فرمانروایی می‌کند و در چهار دهه گذشته فراوانی این نوع هوا افزایش هم یافته است. در دوره گرم سال هوا بسیار باثبات است و تنها یکی دو هوای مشخص یعنی هوای گرم و خشک و هوای بسیار گرم و خشک در اصفهان دیده می‌شود. اما در دوره سرد سال هوا بی‌ثبات‌تر است و هواهای گوناگونی از پی هم می‌آیند و می‌روند. برخی از هواهای اصفهان با هم ناسازگارند و برخی دیگر تمایل دارند از پی هم ظاهر شوند. مثلاً در اصفهان بسیار محتمل است که پس از هوای سرد و یخبندان و آرام هوای سرد و یخبندان و خشک رخ دهد اما هرگز پی از هوای سرد و یخبندان و آرام هوای گرم و خشک یا هوای بسیار گرم و خشک رخ نخواهد داد. این ویژگی بدان جهت دیده می‌شود که هر هوایی در بخش مشخصی از سال تمایل به ظهور دارد و حتی در پاره‌های مشخصی از سال هرگز رخ نمی‌دهد. آن دسته از هواهای اصفهان که در دوره‌ی گرم سال رخ می‌دهند عمر بلندتری دارند اما هواهای دوره سرد از عمر کوتاه‌تری برخوردارند. مثلاً هوای بسیار گرم و خشک اصفهان به طور متوسط تا ۱۰ روز دوام می‌آورد در حالی که عمر هوای بارشی به دو روز هم نمی‌رسد.

* این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۸۴۰۳۰۶ دانشگاه اصفهان است

منابع:

۱-Bissolli, Peter , Jürgen Grieser, Nikolai Dotzek, Marcel Welsch (۲۰۰۶), Tornadoes in Germany ۱۹۵۰–۲۰۰۳ and their relation to particular weather conditions, Global and Planetary Change, in press

۲- Fowler, H.J., C.G. Kilsby (۲۰۰۲), A weather type approach to analyzing water resource drought in the Yorkshire region from ۱۸۸۱ to ۱۹۹۸, Journal of hydrology, ۲۶۲, pp ۱۷۷–۱۹۲

۳- Kalkstein LS, Nichols MC, Barthel CD, Greene JS. (۱۹۹۶), A new spatial synoptic classification: application to air-mass analysis. *International Journal of Climatology* ۱۶: ۹۸۳–۱۰۰۴.

Archive of SID

www.SID.ir

۴- Kalkstein, Laurence S., Scott C. Sheridan, Daniel Y. Graybeal (۱۹۹۸), A Determination of Character and Frequency Changes in Air Masses Using A Spatial Synoptic Classification, International Journal of Climatology, No.۱۸, pp ۱۲۲۳–۱۲۳۶

۵- Krichak, S. O. , M. Tsidulko, and P. Alpert (۲۰۰۰), Monthly Synoptic Patterns Associated with Wet/Dry Conditions in the Eastern Mediterranean, Theor. Appl. Climatol. ۶۵,pp ۲۱۵–۲۲۹

۶- Littmann, T. (۲۰۰۰), An empirical classification of weather types in the Mediterranean Basin and their interrelation with rainfall, Theor. Appl. Climatol. ۶۶, pp ۱۶۱–۱۷۱

۷- Morabito, Marco, Alfonso Crisci, Daniele Grifoni, Simone Orlandini, Lorenzo Cecchi, Laura Bacci, Pietro Amedeo Modesti, Gian Franco Gensini, Giampiero Maracchi (۲۰۰۶),Winter air-mass-based synoptic climatological approach and hospital admissions for myocardial infarction in Florence, Italy, Environmental Research ۱۰۲,pp ۵۲–۶۰

۸- Rainham, Daniel G. C., Karen E. Smoyer-tomic, Scott C. Sheridan, Richard T. Burnett (۲۰۰۵), Synoptic weather patterns and modification of the association between air pollution and human mortality, International Journal of Environmental Health Research, Vol. ۱۵(No. ۵), pp ۳۴۷ – ۳۶۰

۹- Sheridan, Scott C. (۲۰۰۲),The Redevelopment of a Weather-type Classification Scheme For North America, International Journal of Climatology, No. ۲۲, pp ۵۱–۶۸

۱۰- Sheridan, Scott C. (۲۰۰۳), North American Weather-type Frequency and Teleconnection Indices, International Journal of Climatology, *No.* ۲۳,pp ۲۷–۴۵ (۲۰۰۳)

۱۱- Stull, R. (۲۰۰۰), Meteorology for Scientists and Engineers, Brooks/Cole, Second Edition

Archive of SID

www.SID.ir