شناسایی فصول اقلیمی بااستفاده ازتحلیل خوشه‌ای

(مطالعه موردی: شهر اصفهان)

دکتر امیر گندمکار
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد

مقدمه

تحلیل خوشه‌ای یک روش آماری چند متغیره(*Multivariate*) است که برای گروه بندی مجموعه‌ای از مشاهدات(*Observation*) یا متغیرها(*Variable*) به کارمی‌رود.

ساده‌ترین روش برای تحلیل خوشه‌ای، روش غیرسلسله مراتبی(*K-Means*) است که برای خوشه بندی مشاهداتی به کارمی‌رود که تعداد خوشه‌ها نامشخص باشد (*Johnson and D.Wichern 1988*).

در این روش مشاهدات براساس کمترین اختلاف در میانگین‌ها در خوشه‌های یکسان قرارمی‌گیرند. به این ترتیب که ابتدا K گروه مختلف تشکیل شده و هر کدام از مشاهدات به طور متوالی در گروههای متفاوت قرارمی‌گیرد و فاصله میانگین آن با میانگین گروه محاسبه می‌شود تا اینکه درنهایت در گروهی قرارمی‌گیرد که کمترین فاصله با میانگین آن را داشته باشد (*Milligan,G.W.1980*). برای اندازه‌گیری فاصله بین میانگین مشاهدات از روش فاصله‌ای اقلیدسی استفاده می‌شود که رابطه آن به قرار ذیل است:

(i) ردیف‌ها و(j) ستونها و(k) تعداد گروهها می‌باشد.

$$d_{(i,k)} = \sqrt{\sum_j (X_{ij}-X_{kj})^2}$$

در روش خوشه بندی سلسله مراتبی تجمعی (*Agglomerative hierarchical Clustering*) هر مشاهده برای خود در یک گروه مجزا قرارمی‌گیرد و به تعداد مشاهدات خوشه ایجاد می‌شود. در گام اول دو مشاهده‌ای که بیشترین همانندی را دارند با هم پیوند داده شده و یک خوشه را به وجودمی‌آورند، در گام بعدی سومین مشاهده‌ای که بیشترین همانندی را با دو مشاهده قبلی دارد با خوشه پیوند داده می‌شود، و یا دو مشاهده پیوند داده شده با هم که بیشترین همانندی را با دو مشاهده پیوند داده شده اول دارند به درون خوشه می‌پیوندند. در هر گام تعداد خوشه‌ها کاهش می‌یابد، تا تمام مشاهدات در یک خوشه قرارگیرند.(مسعودیان، ۱۳۸۲)

تفاوت خوشه بندی سلسله مراتبی با خوشه بندی *K-Means* این است که در روش سلسله مراتبی دو مشاهده‌ای که در ابتدا با هم پیوند داده شده‌اند هرگز از هم جدانمی‌شوند ولی در روش *K-Means* هر مشاهده پس از پیوند با مشاهده دیگر، از آن جداشده و بامشاهدات دیگر پیوند داده می‌شود.

در خوشه بندی سلسله مراتبی سه روش برای اندازه‌گیری فاصله بین مشاهدات وجوددارد که عبارتند از روش اقلیدسی که قبلاً بیان شد و روشهای پیرسون و مانهاتان که روابط آن در ادامه می‌آید:

رابطه پیرسون:

$$d_{(i,k)} = \sqrt{\sum (X_{ij}-X_{kj})^2/V_j}$$

(V) واریانس متغیر j می‌باشد.

رابطه مانهاتان:

$$d_{(i,k)} = \sum |X_{ij}-X_{kj}|$$

برای پیوند دادن مشاهدات هم روشهای مختلفی وجوددارد که به اختصار شرح داده می‌شود:

۱ – روش فردی(*Single*): دراین روش که به نام نزدیکترین همسایه هم خوانده می‌شود، مشاهداتی که دارای کمترین فاصله هستند با هم پیوند داده می‌شوند و برای مواردی مناسب است که خوشه‌ها به طور کامل از هم مجزا باشند (*Johnson and D.Wichern 1988*).

۲ – روش حد واسط(*Average*): دراین روش برای پیوند بین خوشه‌ها، فاصله بین متوسط یک مشاهده در یک خوشه با متوسط یکی از مشاهدات در خوشه دیگر محاسبه می‌شود.

۳ – روش مرکز ثقل(*Centroid*): در این روش برای پیوند بین خوشه‌ها، فاصله بین مراکز ثقل یا میانگین‌های دو خوشه محاسبه می‌گردد.

۴ – روش تکمیلی(*Complete*): در این روش که به نام دورترین همسایه هم خوانده می‌شود، فاصله بین خوشه‌ها براساس بیشترین فاصله بین یک مشاهده از یک خوشه با مشاهده‌ای از یک خوشه دیگر محاسبه می‌گردد.

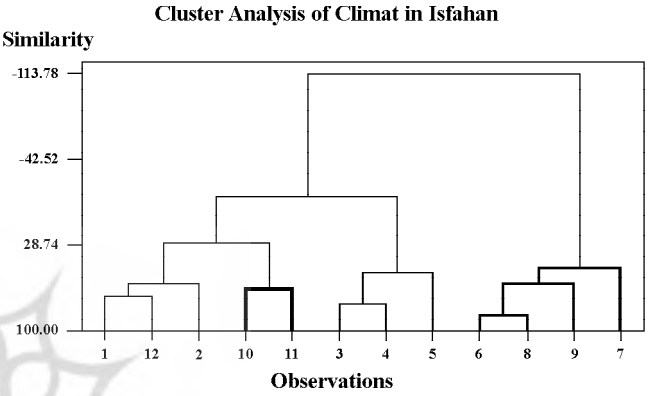
۵ – روش میانه(*Median*): در این روش پیوند بین خوشه‌ها، فاصله بین میانه یکمشاهده دریک خوشه بامیانه یکی ازمشاهدات درخوشه دیگرمحاسبه می‌شود.

۶ – روش محدوده‌ای(*Ward*): در این روش مشاهداتی با هم پیوند داده می‌شوند که کمترین انحراف معیار(پراکندگی از میانگین) ایجاد گردد.(*Lance and W.T.Williams1967*)

داده‌های مطالعاتی و روش انجام پژوهش

برای شناسایی فصول اقلیمی درشهر اصفهان از آمار پنجاه ساله (۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰) ایستگاه سینوپتیک اصفهان استفاده شد. در این پژوهش میانگین ماهانه چهل عنصر اقلیمی به تفکیک مورد بررسی قرار گرفت به طوری که یک ماتریس با دوازده ردیف (ماههای سال) و چهل ستون(میانگین ماهانه عناصر اقلیمی) تشکیل شد. این داده‌ها مربوط به پارامترهای مختلف دما، رطوبت، بارندگی، باد، ابرناکی، فشار و تابش خورشیدی است. ابتدا تمام داده‌ها استاندارد گردید تا مقیاس آنهااز بین برود و اثر عناصر به طور یکسان بررسی گردد، وقتی که داده‌ها استاندارد شوند هر گروه از داده‌ها به داده‌هایی با میانگین صفر و انحراف معیار یک تبدیل می‌گردد. سپس بااستفاده

از خوشه بندی سلسله مراتبی تجمعی و استفاده از هر سه روش فاصله یابی (اقلیدسی، پیرسون و مانهاتان) و روش پیوند محدوده‌ای (*Ward*) خوشه بندی انجام گرفت. با توجه به شکل نمودار درختی خوشه بندی و همچنین آشنایی قبلی با وضعیت آب و هوایی اصفهان، تعداد خوشه‌ها چهار درنظر گرفته شد که بیانگر وجود چهار فصل مختلف و متمایز در اصفهان می‌باشد. در هر سه روش پاسخ یکسانی مطابق نمودار درختی ذیل حاصل شد.



نمودار (۱): نمودار درختی خوشه بندی

مشاهدات در نمودار ماههای سال میلادی است که به ترتیب از شماره یک تا دوازده شامل: ژانویه، فوریه، مارس...و دسامبر است .

بحث

اصفهان از جمله شهرهایی است که به داشتن چهار فصل متمایز معروف است. بهار معتدل و خوش آب وهوا، تابستان گرم وخشک، پاییز برگ ریز و ملایم و زمستان سردوخشک با بارندگی اندک از ویژگیهای بارز اصفهان است. اما محدوده و ویژگیهای فصلها دراصفهان چگونه است؟ آیا فصل زمستان در اصفهان با شروع ژانویه (اواسط دی ماه) آغاز می‌شود یا دی ماه میانه فصل زمستان است و در واقع هنگام شروع تقویمی فصل زمستان، در اصفهان نیمی از فصل زمستان گذشته است؟ بهار اصفهان چه وقت شروع می‌شود و چه ویژگی‌هایی دارد؟ و...

بررسی و تجزیه و تحلیل آمار طولانی مدت عناصر اقلیمی در اصفهان می‌تواند پاسخگوی سؤالات مذکور باشد و دیگر ابهامات در این زمینه را روشن نماید و تحلیل خوشه‌ای می‌تواند به خوبی ماههای همسان را مشخص نموده و فصلها را از هم جدانماید.

نمودار درختی خوشه بندی ماهانه عناصر اقلیمی در اصفهان بیان می‌کند که شهر اصفهان دارای چهار فصل متمایز است که به قرار ذیل می‌باشد:

۱ – فصل بهار شامل ماههای مارس، آوریل و می‌که تقریباً از اواسط اسفند ماه تا اواسط خردادماه می‌باشد.

۲ – فصل تابستان شامل ماههای ژوئن، ژوئیه، آگوست و سپتامبر که از اواسط خردادماه تا اواسط مهرماه می‌باشد.

۳ – فصل پاییز که شامل ماههای اکتبر و نوامبر که تقریباً از اواسط مهرماه تا اواسط آذرماه می‌باشد.

۴ – فصل زمستان شامل ماههای دسامبر، ژانویه و فوریه که تقریباً از اواسط آذرماه تا اواسط اسفندماه می‌باشد.

فصل بهار در اصفهان دارای ویژگیهای ذیل می‌باشد:

الف– در ابتدای فصل بهار اصفهان، که ماه مارس می‌باشد، میانگین دما از ۱۰ درجه سانتیگراد بالاتر رفته و تعداد روزهای یخبندان به نزدیک صفر و در بعضی سالها به صفر می‌رسد و شرایط برای شروع جوانه زدن اغلب گیاهان آغازمی‌شود و در ادامه، دمای هوابه سرعت افزایش می‌یابد به طوری که میانگین دما در آوریل به حدود ۱۵ و در ماه مه به حدود ۲۰ درجه سانتیگراد می‌رسد و یخبندان رخ نمی‌دهد.

ب – با شروع فصل بهار در اصفهان یک افزایش محسوس در میزان بارندگی رخ می‌دهد به طوری که مارس پرباران‌ترین ماه و آوریل هم دومین (برابر با دسامبر) ماه پربارش در اصفهان است و این نظریه که بارندگی در اصفهان زمستانه است رد می‌شود و در واقع باید گفت که بارندگی در اصفهان، زمستانه، بهاره است. در فصل زمستان پرفشار سیبری تقویت شده و در بیشتر اوقات فصل زمستان تا مرکز ایران را تحت تأثیر قرارمی‌دهد و موجب استقرار هوای سرد با آسمان صاف در نواحی مرکزی ایران می‌شود. شهر اصفهان هم در این فصل بیشتر تحت سیطره پرفشار سیبری است که بروز پدیده وارونگی دما (اینورژن) در بیشتر اوقات ماههای ژانویه و فوریه شاهد این امر است، اما با تضعیف پرفشار سیبری در اوایل مارس، توده‌های مرطوب غربی و به ویژه کم فشارهای سودانی از فراز منطقه اصفهان عبور نموده و موجب بارندگی می‌گردند که اثر کم فشارهای سودانی در بارندگی اصفهان خیلی بیشتر از کم فشارهای مدیترانه‌ای و توده‌های هوای غربی است (بررسی سه ساله مسیر حرکت کم فشارهای سودانی و مدیترانه‌ای). زیرا توده‌های غربی در حین عبور از مناطق غربی آسیا و همچنین در برخورد با ارتفاعات زاگرس بیشتر رطوبت خود را از دست می‌دهند و بارش کمی درنواحی شرقی زاگرس مانند اصفهان ایجاد می‌کنند، اما کم فشارهای سودانی که از سمت جنوب غرب و جنوب وارد ایران می‌شوند و موجب بارشهای رگباری در استانهای خوزستان، بوشهر، فارس و کهگیلویه وبویراحمد می‌شوند، پس از عبور از کوههای کم ارتفاع زاگرس جنوبی، موجب بروز بارشهایی در مناطق مرکزی ایران و به ویژه اصفهان می‌گردند. بررسی میزان ابرناکی آسمان هم نشان می‌دهد که بیشترین ابرناکی در اصفهان مربوط به ماههای مارس و آوریل است. نکته بسیار قابل توجه دیگر، تغییر در رژیم بارندگی است، به این ترتیب که با شروع فصل بهار در اصفهان، دیگر اثری از بارش برف نیست و بارندگی فقط به حالت مایع انجام می‌گیرد.

پ – بررسی بادها در شهر اصفهان هم نشان می‌دهد که فصل بهار در شهر اصفهان شاهد وزش قوی‌ترین بادها نسبت به مواقع دیگر سال است و میانگین سرعت باد در ماههای مارس و آوریل به بالای ۶ نات (حدود ۳ متر برثانیه) می‌رسد.

فصل تابستان در اصفهان دارای ویژگیهای ذیل می‌باشد:

الف) فصل تابستان در اصفهان طولانی‌ترین فصل است و به طورکلی هوا گرم وخشک است. میانگین دمای هوا به بالای ۲۵ درجه سانتیگراد و در

اواسط فصل تابستان به بالای ۲۸ درجه هم می‌رسد. البته حداکثر مطلق دما در بعضی اوقات به بالای ۴۰ درجه هم می‌رسد ولی به دلیل کمبود رطوبت نسبی (حدود۲۶٪) باز هم این گرما قابل تحمل است.

ب) در فصل تابستان به علت استقرار پرفشار جنب حاره‌ای در سطوح بالای تروپوسفر بر روی ایران و به ویژه ایران مرکزی، آسمان صاف و بدون ابر است و به ندرت بارندگی رخ می‌دهد.

پ) سرعت متوسط باد حدود ۴ نات(۲ متر بر ثانیه) است که همین وزش آرام باد در تعدیل هوا مؤثر است.

فصل پاییز در اصفهان دارای ویژگیهای ذیل است:

الف) این فصل کوتاهترین فصل در اصفهان است و با کاهش ناگهانی دما در حدود ۱۰ الی ۱۵ درجه شروع می‌شود و اولین یخبندان‌ها رخ می‌دهد. میانگین دما به حدود ۱۳ درجه سانتیگراد می‌رسد. البته پاییز در اصفهان در سالهای مختلف بسیارمتفاوت است و در بعضی سالها دمای هوا باز هم زیاد است.(میانگین حدود ۱۸ درجه) و در بعضی سالها افت دمای شدیدی مشاهده می‌شود.(میانگین حدود ۱۰ درجه)

ب) با تضعیف فشار زیاد جنب حاره‌ای و عبور توده‌های هوای مرطوب غربی اولین بارشها رخ می‌دهد و مقدار آن شروع به افزایش می‌کند.

پ) سرعت باد باز هم روند نزولی طی می‌کند و به کمتر از ۳ نات (۱/۵ متر بر ثانیه) می‌رسد.

فصل زمستان در اصفهان دارای ویژگیهای ذیل است:

الف) فصل زمستان در اصفهان به طورکلی سرد و خشک است. میانگین دمای هوا به حدود ۵ درجه سانتیگراد می‌رسد و در بیشتر اوقات یخبندان رخ می‌دهد و همچنین در بسیاری از روزهای این فصل در اصفهان شاهد بروز پدیده وارونگی دما هستیم.

ب) حدود ۴۲٪ از بارندگی سالانه اصفهان در فصل زمستان ایجاد می‌شود که دارای دو منشأ مدیترانه‌ای و سودانی است که اگر منشأ بارشها مدیترانه‌ای باشد ممکن است شاهد بارش برف هم باشیم ولی در صورتی که منشأ بارندگی سودانی باشد فقط شاهد بارش باران خواهیم بود. به طورکلی در اصفهان زمستان تنها فصلی است که در بعضی سالها بارش برف روی می‌دهد که البته میزان آن هم بسیارکم است و به طور متوسط سالانه فقط ۶ روز برفی در اصفهان وجوددارد و آن هم مواقعی است که پس از چند روز استقرار هوای بسیار سرد ناشی از پرفشار سیبری، یک توده هوای مرطوب غربی از فراز اصفهان عبورکند و ضمن صعود بر فراز پرفشار سیبری موجب بارش برف اندک شود.

پ) در اوایل فصل زمستان میانگین سرعت باد در اصفهان به حدود ۲/۵ نات(۱/۲۵ متر بر ثانیه) که کمترین سرعت در طول سال است می‌رسد.

نتیجه گیری

بررسی و تجزیه و تحلیل ماهانه آمار پنجاه ساله چهل عنصر اقلیمی در اصفهان و انجام تحلیل خوشه‌ای بر روی این عناصر نشان می‌دهد که اصفهان دارای چهار فصل متمایز است.

۱ – بهار که از ماه مارس(اواسط اسفندماه) شروع شده و تا ماه می (اواسط خرداد ماه) ادامه دارد. در این فصل هوای اصفهان معتدل و همراه با بارش حدود ۵۰ میلیمتر باران است که حدود ۴۱٪ بارندگی سالانه اصفهان را شامل می‌شود که بیشتر این بارشها هم دارای منشأ سودانی است. میانگین سرعت باد هم بیشترین مقدار سالانه را نشان می‌دهد.

۲ – تابستان که طولانی‌ترین فصل سال است و از ماه ژوئن (اواسط خرداد ماه) شروع شده و تا ماه سپتامبر(اواسط مهرماه) ادامه دارد. در این فصل هوای اصفهان گرم و خشک است و تقریباً بارندگی مشاهده نمی‌شود ولی کمی رطوبت و وزش باد آرام، هوای این شهر را قابل تحمل می‌نماید.

۳ – پاییز که کوتاه‌ترین فصل سال است و شامل ماههای اکتبر و نوامبر (اواسط مهرماه تا اواسط آذرماه) است و افت ناگهانی حدود ۱۰ الی ۱۵ درجه در میانگین دما رخ می‌دهد و اولین بارش‌ها و یخبندان‌ها هم شروع می‌شود. میزان بارندگی در این فصل حدود ۱۴٪ مجموع بارش سالانه است.

۴ – زمستان که از ماه دسامبر(اواسط آذرماه) شروع شده و تا ماه فوریه (اواسط اسفندماه) ادامه دارد. دراین فصل به طورکلی هوا سردوخشک است و در بیشتر روزهای این فصل حداقل دما به زیر صفر می‌رود و یخ بندان رخ می‌دهد.زمستان تنها فصلی است که در اصفهان ممکن است بارش برف وجودداشته باشد که منشأ آن هم توده‌های هوای مرطوب غربی است و البته بارش باران هم با منشأ مدیترانه‌ای و سودانی در این فصل رخ می‌دهد و حدود ۴۲٪ از مجموع بارش سالانه اصفهان را به خود اختصاص می‌دهد.

منابع و مآخذ

۱ –علیجانی، بهلول، ۱۳۸۱،اقلیم‌شناسی سینوپتیک،انتشارات‌سمت.

۲ –مانلی، بی،اف، جی، ترجمه مقدم،محمود دیگران، ۱۳۷۳، آشنایی با روشهای آماری چندمتغیره،انتشارات‌پیشتازعلم.

۳ –مسعودیان، سیدابوالفضل، ۱۳۸۱، نواحی اقلیمی ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره۲،دردست چاپ.

۴ – مسعودیان،سیدابوالفضل، ۱۳۸۲، شناسایی رژیمهای بارش در ایران به روش تحلیل خوشه‌ای،مجله پژوهشهای جغرافیایی،دردست چاپ.

5 - Anderson(1984).An Introduction to Multivariate Statistical Analysis, Second Edition,John Wiley&Sons.

6 - Dillon and M.Goldstein(1984).Multivariate Analysis,Methods and Applications,JohnWiley&Sons.

7 - Johnson and D.Wichern(1988).Applied Multivariate Statistical Methods, Second Edition,Prentice Hall.

8 - Lance and W.T.Williams(1967),A General Theory of Classificatory Sorting Strategies,I.Hierarchical systems,Computer Journal, 9, 373380.

9 - Milligan,G.W.(1980).An Examination of the Effect of Six Types of Error Perturbation on Fifteen Clustering Algorithms, Psychometrika, 45,325342.

10 -Morrison (1976).Multivariate Statistical Methods,McGraw-Hill.