**فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۳، شماره پیاپی ۱۱۳**

**حسین عساکره**، دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه زنجان
**فاطمه ترکارانی**، کارشناس ارشد اقلیم شناسی از دانشگاه اصفهان
**سعیده اشرفی**، کارشناسی ارشد اقلیم شناسی از دانشگاه زنجان

**H. Asakereh**
**F. Tarkarani**
**S. Ashrafi**

**E-mail: Asakereh@znu.ac.ir**

**شماره مقاله: ۹۵٤** **صص: ۸٦- ۷۳**
**وصول: ۹۲/۳/۱۱** **پذیرش: ۹۲/۱۰/۲۲**

# پهنه بندی احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دمایی در ایران زمین

## چکیده

وجود واقعیت‌ها و رویدادهای تصادفی اقلیمی، زمینهٔ کاربرد « دانشِ احتمال» را در اقلیم شناسی مهیا کرده است؛ به طوری که بسیاری از واقعیت های اقلیمی با به کارگیری ابزارها و تکنیک های احتمالاتی قابلیت توجیه و تفسیر بهتری دارد. کاربرد نظریه احتمال در اقلیم شناسی، رفتار بسیاری از پدیده های اقلیمی به ظاهر غیر قطعی را به شکل قانونمند ارائه و به تصمیم گیری مدیران و آینده نگری برنامه ریزان کمک می‌کند. یکی از رویکردها و ضرورت های مطالعات اقلیم شناسی، مطالعهٔ احتمال رخداد چند رویداد درارتباط با یکدیگر است. شانس وقوع یک رویداد به شرط وقوع رویدادی دیگر را «احتمال شرطی» گویند.

در پژوهش حاضر، احتمال وقوع شرایط بارشی مختلف در سرزمین ایران، براساس شرایط دمایی متفاوت؛ یعنی: احتمال شرطی حالات بارش به شرط وقوع حالات دما بررسی شده است. در این راستا، از دیده‌بانی‌های روزانهٔ دما و بارش پایگاه داده‌ای اسفزاری بهره گرفته شد. نتایج پژوهش به وسیلهٔ تحلیل خوشه‌ای و با استفاده از روش فاصله اقلیدوسی و روش ادغام وارد به صورت نقشه های طبقه بندی احتمالاتی ارائه و تحلیل شد.

براساس این مطالعه، سه پهنهٔ اصلی شمالی، مرکزی و جنوبی در کشور تشخیص داده شد. همچنین، هفت زیرگروه براساس برخی ویژگی های احتمال شرطی بارش به شرط حالات دمایی برای سه پهنه حاصل شد. هریک از پهنه‌ها و زیر گروه‌های مربوط، منعکس کنندهٔ شرایط اقلیمی و سازوکارهای مؤثر برآن است. از این رو، می توان روش به کار رفته دراین پژوهش را رویه ای مناسب برای تحلیل‌های اقلیمی دانست.

**واژه‌های کلیدی:** احتمال شرطی، تحلیل خوشه ای، پهنه بندی، حالات دما و بارش

## مقدمه

اقلیم آکنده از واقعیت ها و رویدادهای تصادفی است که به طور قطعی، قابل برآورد و پیش بینی نیستند. پیشامد این رخدادها با کلمه احتمال توصیف می‌شود. بررسی این حالت‌های نامعین یا تصادفی را « دانشِ احتمال» بر عهده دارد. واژهٔ « احتمال» برعدم اطمینان نسبت به وقوع رویدادها و اندازه‌گیری این عدم اطمینان دلالت دارد (عساکره ۱۳۹۰: ۲۳۹-

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]

۲۴۰). فراوانی نسبی را می توان به عنوان برآوردی از ارزش احتمال در نظر گرفت (خیلیاک[1] و همکاران ۲۰۰۵: ۴۸). در این صورت، احتمال باید به عنوان حدِ فراوانیِ نسبیِ پیشامد تلقی شود (عساکره ۱۳۹۰: ۲۴۲)؛ برای مثال، منظور از این که احتمال بارش باران در روزی معین ۰/۳ (٪۳۰) باشد، آن است که در شرایط جوی روز مفروض از هر ۱۰۰ بار ۳۰ بار بارندگی رخ داده است ( عساکره، ۱۳۸۷ : ۵۷).

در بسیاری مطالعات اقلیم شناختی، بررسیِ سرشتِ احتمالیِ ویژگی ها و پدیده های اقلیمی در کانون علاقه و توجه است؛ برای مثال، می توان به مطالعهٔ احتمالاتی تداوم خشکسالی توسط برگر و گوسنس[2] ( ۱۹۸۳: ۲۱-۳۴) اشاره کرد. ایشان تداوم دوره های خشک و تر یک ایستگاه در بلژیک را براساس روش احتمالاتی زنجیره های مارکوف بررسی کردند. مون و همکاران (۱۹۹۴، ۱۰۰۹-۱۰۱۶) نیز احتمال وقوع بارش های روزانه کره جنوبی را در معرض توجه قرار داده اند. پهنه بندی طول دوره های تر و خشک در اسپانیا براساس مشخصات احتمالاتی، به وسیلهٔ مارتین و گومز[3] (۱۹۹۹: ۵۳۷-۵۵۵) انجام شد. تغییرات اقلیمی نیز به وسیله بنزی[4] و همکاران (۱۹۸۳: ۵۶۷-۵۷۸) درقالب تئوری فرایندهای احتمالی بررسی شد. بارگرس و استفانسون[5] (۱۹۹۹: ۱۰۲۷-۱۰۳۰) نیز به پدیده ال نینو از دیدگاه احتمالی پرداخته اند. درایران مشکانی (۱۳۶۳) احتمال تواتر روزهای خشک بابلسر، جعفری بهی (۱۳۷۸) نمونه هایی از ایستگاه های با حداقل ۳۰ سال بارش روزانه و نیز زارعی و شاهکار (۱۳۸۰: ۱۳۴-۱۴۴) تواتر روزهای بارانی خرمدره، اردک و زشک را تحلیل نموده اند. کیخائی و محمدی (۱۳۷۹: ۹۲۶) براساس توزیع فراوانی و میانگین متحرک بارش، احتمال وقوع و روندخشکسالی‌ها و ترسالی‌ها در سیستان ( زابل) را مورد توجه قرار داده، ارزیابی کردند.

کاربرد نظریه احتمال در اقلیم شناسی، رفتار بسیاری از پدیده های اقلیمی به ظاهر غیر قطعی را به شکل قانونمند ارائه و به تصمیم گیری مدیران و آینده نگری برنامه ریزان کمک می‌کند. توضیح این که هرچند پدیده های مورد بحث، به طور قطع قابل برآورد نیستند، ولی از مشاهده پیاپی آنها آگاهی های مفیدی به دست می آید. یکی از رویکردها و ضرورت های مطالعات اقلیم شناسی، مطالعهٔ احتمال رخداد چند رویداد درارتباط با یکدیگر است؛ زیرا رخداد بسیاری از رویدادهای اقلیمی به شکل توأم محتمل بوده و گاهی وقوع یا عدم وقوع یک حادثه بر روی فراوانی یا احتمال وقوع حادثه دیگر اثر می نهد. دراین حالت، علاوه بر فراوانی حادثه A که درتمامی n حالت محاسبه شده است، لازم است فراوانی وقوع حادثهٔ مزبور در حالت هایی که حادثه مورد نظر دیگری نظیر B نیز رخ داده، محاسبه شود. فراوانی نسبی حادثه A از کل رویدادها را که همراه با حادثه B رخ داده ، «احتمال توأم»[6] گویند. شانس وقوع یک رویداد نظیر A به شرط وقوع رویدادی دیگر نظیر B و براساس احتمال توأم را «احتمال شرطی»[7] گویند. در این حالت A رویدادی است که در نظر است بررسی شود و رویداد B اطلاعاتی است که برای شناخت احتمال رویداد A استفاده می شود. رویدادB را اطلاعات پیشین[8] نیز می نامند (کی[9] ۲۰۰۶: ۸۹-۹۰). شناخت این گونه رخدادها مطالعهٔ تداخل عمل بسیاری عناصر،

1 - Khilyuk
2 - Berger and Goosens
3 -Martin-Vide and Gomez
4 - Benzi
5 - Burgers and Stephenson
6 - Joint Probability
7- Conditional Probability
8 - Prior Knowledge
9 - Kay

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]

عوامل و پدیده‌های اقلیمی را میسر می سازد و نیز جنبه های متعددی از سرشت تصادفی سامانهٔ اقلیم را ارائه خواهد کرد. برهمین اساس، به مدیریت و آینده نگری مبتنی بر دانسته های اقلیمی کمک می‌کند.

در پژوهش حاضر، احتمال وقوع شرایط بارشی مختلف در سرزمین ایران، براساس شرایط دمایی متفاوت بررسی می‌شود؛ یعنی احتمال شرطی حالات بارش به شرط وقوع حالات دما بررسی خواهد شد. این نوع مطالعه، گونه ای از مدل سازی احتمالاتی است که در سطح ایران و جهان به کار گرفته نشده است؛ هر چند گونه‌های دیگری از مدل سازی احتمالاتی به وسیلهٔ اقلیم شناسان مورد استفاده بوده است. برای مثال، مدل سازی احتمالاتی خشکسالی به وسیله سن[10] (۱۹۹۸: ۱۹۷-۲۰۶) آنگناستوپولو[11] و همکاران (۲۰۰۳: ۷۷-۹۱) انجام شده است. این رویکرد در ایران به وسیله آشگر و همکاران (۱۳۸۲: ۱۱۹-۱۲۸) برای تحلیل مارکوفی خشکسالی استان خراسان و رضیی و همکاران (۱۳۸۲) برای تحلیل تداوم و فراوانی خشکسالی های استان سیستان و بلوچستان، فولادمند (۱۳۸۵) برای پیش بینی بارندگی روزانه، سالانه و تعداد روزهای توام با بارش در منطقه نیمه خشک و دانشور و همکاران (۱۳۸۵: ۲۱-۳۶) برای تحلیل احتمالی خشکسالی شرق و جنوب شرق کشور و نیز عساکره (۱۳۸۷: ۴۶-۵۶) در تحلیل تواتر و تداوم روزهای بارانی ایستگاه تبریز مورد توجه بوده است.

## داده‌ها و روش پژوهش

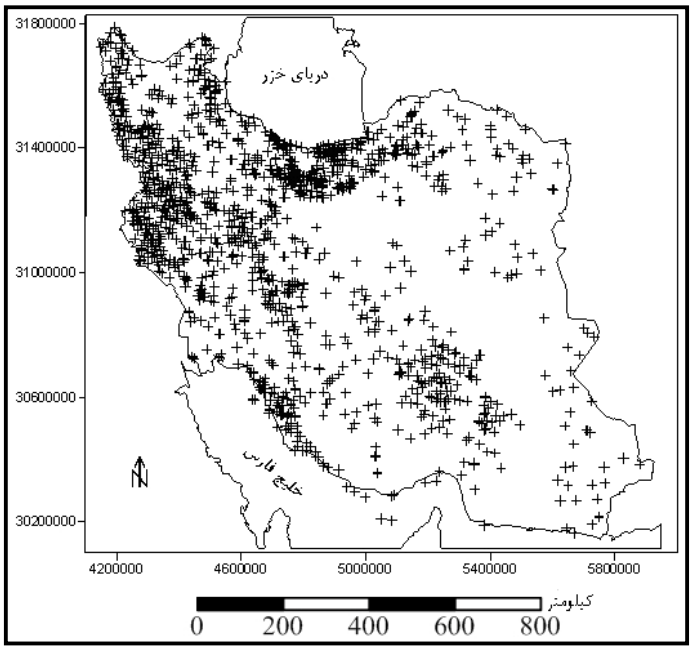
در این پژوهش از داده‌های شبکه‌ای پایگاه داده اسفزاری ویرایش نخست که در دانشگاه اصفهان و به وسیلهٔ دکتر سید ابوالفضل مسعودیان طراحی شده، بهره برده‌ایم. داده‌های شبکه‌ای دما و بارش روزانهٔ ایران که از این پایگاه داده برداشت شده، دارای تفکیک زمانی روزانه و از ۱۳۴۰/۰۱/۰۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ است. تفکیک مکانی داده‌ها ۱۵×۱۵ کیلومتر است که در سیستم تصویر لامبرت مخروطی هم‌شکل نگاشته شده‌اند. با توجه به مختصات یاد شده سراسر ایران با ۷۱۸۷ یاخته پوشیده می‌شود. بر این اساس، داده‌های شبکه‌ای بارش ایران آرایه‌ای است به ابعاد ۷۱۸۷× ۱۵۹۹۲ که با آرایش گاه جای[12] (زمان بر روی سطرها و مکان بر روی ستون‌ها) چیده شده است. درایه‌های این آرایه به کمک داده‌های ۱۴۳۶ ایستگاه همدید، اقلیمی و باران‌سنجی و با روش میانیابی کریگینگ برآورد شده است (نقشهٔ شمارهٔ ۱). برای برآورد داده‌های شبکه‌ای هر روز از داده‌های بارش و دمای همه ایستگاه‌هایی که در آن روز بارش و دما را اندازه‌گیری کرده بودند، بهره برداری شده است. بنابراین، در برخی روزها تعداد اندازه‌گیری‌ها کمتر و در برخی روزها بیشتر بوده است. به منظور تحلیل توأم و شرطی حالات دما- بارش این پایگاه داده، مراحل زیر به انجام رسید:

- در گام نخست حالات دما و بارش تعریف شد. دراین راستا، ابتدا توزیع فراوانی دما برای هر یاخته بررسی شد. سپس براساس توزیع احتمال مربوط، چندک های دما برآورد و صدک های ۲۵ و ۷۵ توزیع فراوانی دمای روزانهٔ هر یاخته برآورد گردید. در هر یاخته، روزهایی که دمای روزانه آن کمتر از صدک ۲۵ بود، به عنوان روزی سرد (C) در آن یاخته تلقی شد. به همین ترتیب، روزهایی که دمای آن یاخته برابر یا بیشتر از صدک ۷۵ آن یاخته بود، به عنوان روزی گرم (H) به حساب آمد. دمای روزانهٔ هر یاخته که بین صدک ۲۵ و صدک ۷۵ قرار گیرد، به عنوان روزی با

10 - Sen
11 - Anagnostopoulou
12 - S-Mode

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]

دمای بهینه (M) در نظر گرفته شد. سپس برای بارش نیز یک طبقه بندی صورت گرفت. در این بخش روزهای فاقد بارش (D) برای هر یاخته در یک طبقه قرار گرفتند. سپس توزیع فراوانی بارش در روزهای بارانی برای هر یاخته محاسبه و میانگین هر توزیع محاسبه شد. روزهایی که بارش کمتر از میانگین توزیع مربوط داشته اند، به عنوان روزهای کم باران (L) و روزهایی که برابر یا بیشتر از میانگین توزیع مربوط، بارش را تجربه کرده اند، به عنوان روز پرباران(W) در نظر گرفته شد.




شکل ۱) توزیع مکانی ایستگاه های مورد استفاده در میان یابی بارش

– در گام دوم برای هر یاخته، فراوانی توأم رویدادهای بالا در یک ماتریس ۳ ×۳ به شکل رابطهٔ (۱) ارائه شد. در این ماتریس، برای مثال $f_{11}$ فراوانی توأم رخداد یک روز بدون بارش و سرد (دمای کم تر از صدک ۲۵ توزیع مربوط)، $f_{12}$ فراوانی رخداد روز بدون بارش با دمای بهینه (دمای بین صدک ۲۵ و صدک ۷۵ توزیع مربوط)،... و $f_{33}$ فراوانی توأم روز پربارش (بارش بیش از میانگین توزیع مربوط) با دمای زیاد (بیش از صدک ۷۵ توزیع مربوط) است.

$$F = \begin{array}{c} \\ D \\ L \\ W \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} C & M & H \end{array} \\ \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۱)$$

– در گام سوم ماتریس، احتمال توأم هریک از رویدادهای بارشی – دمایی نسبت به هریک از حالات بارشی (براساس ماتریس ارائه شده در رابطهٔ ۱) و نیز براساس رابطهٔ زیر محاسبه شد:

$$F_{XY}(x,y) = P(X \le x \cap Y \le y) \qquad (۲)$$

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]

در این رابطه احتمال این که متغیر $X$ مقداری کمتر یا برابر با $x$ و متغیر $Y$ مقداری کمتر یا برابر با $y$ اختیار کند(احتمال توأم)، بیان می شود(سونگ[۱۳]: ۲۰۰۴ ، ۴۹). نتایج برای هر یاخته به صورت ماتریس زیر به دست می آید:

$$P = \begin{matrix} \\ D \\ L \\ W \end{matrix} \begin{matrix} \begin{matrix} C & M & H \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{bmatrix} \end{matrix} \qquad (۳$$

این مقادیر احتمال توأم دوحالت برای متغیر تصادفی دما ومتغیر تصادفی بارش است. با فرض این که فراوانی نسبی را به عنوان تعریف احتمال بپذیریم، اعداد هریک از سلول های ماتریس رابطهٔ۱ برمجموع سلول های هر ردیف تقسیم شد؛ برای مثال: $p_{11} = \frac{f_{11}}{f_{11} + f_{12} + f_{13}}$ ، $p_{12} = \frac{f_{12}}{f_{11} + f_{12} + f_{13}}$ ،... و $p_{33} = \frac{f_{33}}{f_{31} + f_{32} + f_{33}}$ . بدین ترتیب، فراوانی نسبی (احتمال) وقوع توأم هر حالت دما – بارشی (نُه حالت) به دست آمد. این مقادیر به عنوان احتمالات تجربی رخداد توأم حالات دمایی – بارشی در نظر گرفته شده است. در واقع $p_{11}$ احتمال اشتراک دو رویداد دمایی – بارشی است که می توان آن را به شکل $P(D \cap C)$ نشان داد. احتمال رخداد توأم دو رویداد نشان از همبستگی آنهاست (کی ۲۰۰۶ : ۸۳-۸۶). بزرگی این احتمال بیانگر بزرگی همبستگی مذکور است (ماخوپادهایای[۱۴] ۲۰۰۴: ۱۰).

– در گام چهارم احتمال شرطی همزمان هریک از رخدادهای دمایی - بارشی که برای مثال به شکل $P(D/C)$ نشان داده می شود، برای هر یاخته محاسبه شد. مفهوم این نماد "احتمال وقوع $D$ به شرط وقوع $C$" است. بنابه تعریف (گریمت و استریرذاکر[۱۵] ۲۰۰۱، ۹):

$$P(D/C) = \frac{P(D \cap C)}{P(C)} \qquad P(C) \neq 0 \qquad (۴$$

دراین رابطه $P(C)$به معنی جمع احتمالات برای حالت دمایی C یعنی $p_{11} + p_{12} + p_{13}$ است. بنابراین، در احتمال شرطی احتمال یک رخداد بارشی– دمایی خاص ( $P(D/C)$ ) تحت شرایط احتمال یک حالت دمای خاص ( $P(C)$ ) مورد نظر است. مقدار $P(C)$ موجب کاهش فضای نمونهٔ $P(D/C)$ می شود و احتمال شرطی را بهنجار می سازد (کی ۲۰۰۶: ۷۵). در سمت راست رابطهٔ ۴، شرط $P(C) \neq 0$بیانگر این مطلب است که می بایست اطلاعات (حالات) پیشین محتمل باشد. همچنین، جمع احتمال برای حالت دمایی M ( $P(M)$ ) به صورت $p_{12} + p_{22} + p_{32}$ و برای حالت دمایی H ( $P(H)$ ) به صورت $p_{13} + p_{23} + p_{33}$ بیان می شود. بنابراین، نُه حالت احتمال شرطی را می توان به شکل زیر ارائه کرد:

$$P(i/j) = \begin{matrix} \\ D \\ L \\ W \end{matrix} \begin{matrix} \begin{matrix} C & M & H \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} P(D/C) & P(D/M) & P(D/H) \\ P(L/C) & P(L/M) & P(L/H) \\ P(W/C) & P(W/M) & P(W/H) \end{bmatrix} \end{matrix} \qquad (۵$$

13 - Soong
14 - Mukhopadhyay
۱۵- Grimmett and Strirzaker

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]

– در گام پنجم، نقشه های نُه حالت مذکور، در معرض تحلیل خوشه ای قرار گرفت. در این گام با استفاده از روش فاصله اقلیدوسی[۱۶] و روش ادغام وارد[۱۷] نواحی همگن از نواحی ناهمگن افراز شد. در روش تعیین فاصله از رابطهٔ زیر استفاده شد (جانسون و ویچرن، ۱۳۷۹: ۶۸۷–۶۸۸):

$$d_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (P_{ij} - P_{ik})^2} \qquad (۶$$

دراین رابطه، تفاوت احتمالاتی دو یاختهٔ $j$ و $k$ با $d_{jk}$ نشان داده می‌شود. $P_{ij}$ مقدار احتمال حالت $i$ام روی یاختهٔ $j$ام است. با استفاده از همین روش می توان گفت که $P_{ik}$ مقدار احتمال $i$ ام است که روی یاختهٔ $k$ ام محاسبه شده است؛ یعنی برای محاسبه $d_{jk}$ دو یاختهٔ $j$ و $k$، از داده‌های ستون های k و $j$ام ماتریس احتمالات استفاده و تفاوت مقادیر آن‌ها به دست آمد. سپس ریشه دوم مجذور تفاوت احتمال هر جفت یاخته محاسبه می شود. مقدار $d_{jk}$ بین صفر و بی نهایت متغیر است؛ یعنی $0 \le d_{jk} < +\infty$ است.

روش ادغام « وارد» بر مبنای کمینه سازی پراش درون گروهی استوار است. این روش در سال **۱۹۶۳** توسط « وارد» پیشنهاد شده است. در هر مرحله از این روش، ترکیب هر جفت دستهٔ ممکن مورد توجه قرار می گیرد. بدین ترتیب، هر دو دسته ای که ادغام آنها سبب کمینه شدن مجموع مربعات خطا ($SSE$)[۱۸] شود، با یکدیگر ترکیب می شوند. بنابراین یاخته‌هایی که در یک جفت از گروه ها مجموع مربعات خطای کمینه داشته باشند، در یک دسته قرار می گیرند. عبارت ریاضی برای محاسبهٔ مجموع مربعات خطا ($SSE$) به شرح زیر است (فرشادفر، ۱۳۸۴: ۵۹۲ ):

$$E.S.S = \sum_{j=1}^{k} \left[ \sum_{i=1}^{n_j} P_{ij}^2 - \frac{1}{n_j} \left[ \sum_{i=1}^{n_j} P_{ij} \right]^2 \right] \qquad (۷$$

دراین فرمول $P_{ij}$ ارزش احتمالی منتسب به یاختهٔ $i$ام در گروه $j$ام است، $k$ تعداد کل گروه ها در هر مرحله و $n_j$ تعداد یاخته ها در گروه$j$ام است. این مجموع مربعات خطا را نمایهٔ مجموع مربعات یا پراش[۱۹] نیز گویند. برای مثال، برای انجام این ادغام در مرحله اول هر یاخته به عنوان یک دسته دارای یک عضو در نظر گرفته می شود؛ در این صورت $ESS=0$ خواهد بود. دو یاخته‌ای که ادغام آنها سبب افزایش $ESS$، اما در عین حال نسبت به ادغام های دیگر کمینه باشد، اولین دسته را تشکیل می دهد. ملحق شدن یاخته های دیگر به دسته های تشکیل شده مرحلهٔ بعدی خواهد بود. نتایج حاصل از دسته بندی را می توان در یک دارنما[۲۰] نشان داد.

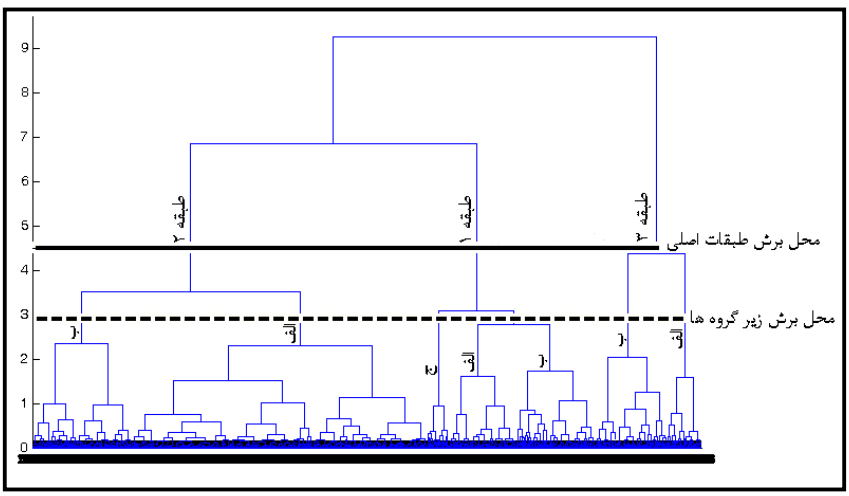
– گام ششم مربوط به تهیهٔ و تحلیل نقشه‌های طبقه بندی شدهٔ یاخته های مورد بررسی براساس نُه حالت ارائه شده در رابطهٔ۱ است.

16 - Euclidean Distance
17 -Ward
18 - Sum Square Error
19 - Variance
20- Danderogram

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]

## یافته‌های پژوهش

براساس نُه حالتِ احتمال شرطی، نُه نقشهٔ احتمالاتی حالت بارش به شرط حالت دما تهیه شد[۲۱]. داده های مربوط به هر نقشه در کنار هم جمع آمدند. بنابراین، یک ماتریس ۹ ×۷۱۸۷ حاصل شد. عملیات تحلیل خوشه ای براین ماتریس مشاهدات اعمال شد. براساس روش آزمون و خطا تعداد سه پهنه (گروه های ۱، ۲ و ۳) از این دارنما قابل استنباط است. برای این گروه ها، ۷ زیرگروه ( ۳ زیر گروه برای پهنهٔ ۱، و ۲ زیر گروه برای هر یک از پهنه های دیگر) تشخیص داده شد. دارنمای این ماتریس در شکل (۲) ارائه شده است. محل بُرش طبقات (پهنه های) اصلی و زیرگروه های مذکور نیز نشان داده شده است. پهنه های سه گانهٔ مشخص شده بر دارنمای شکل (۲) در شکل ۳ ارائه شده است.

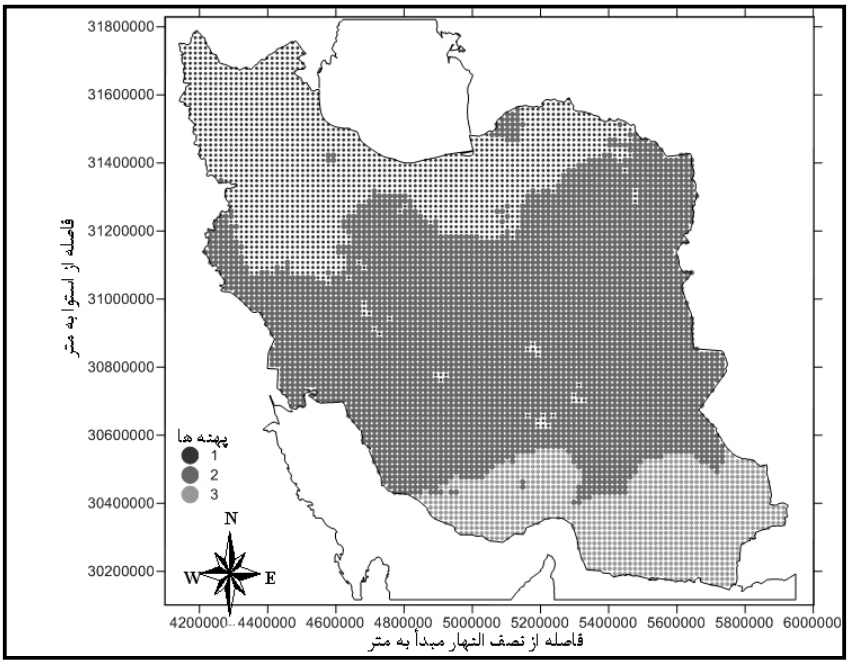



شکل۲) دارنمای احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دمای ایران زمین

هرچند شکل عمومی پهنه ها با موقعیت جغرافیایی مشخص قابل افرازند، اما می توان در هر پهنه اثرهای محلی را از طریق یاخته های ناهمگون، اما محدود در هر پهنه ردیابی کرد. پهنهٔ نخست، شمال، شمال غرب و بخش هایی از شمال شرق کشور را در بر می گیرد. این پهنه حدود ۲۴/۸ درصد از کل سرزمین ایران را دربر می گیرد. پهنهٔ دوم عموماً بخش مرکزی و پهنهٔ کوچکی در شمال شرقی خراسان شمالی را در بر می گیرد. این پهنه وسیع ترین گروه از گروه های سه گانه را در بر می گیرد. حدود ۵۹/۷ درصد از مساحت کشور، شامل بخش های غربی، مرکزی و شرقی تحت پوشش این پهنه است. پهنهٔ سوم کم وسعت ترین پهنه را شامل می شود. این پهنه بخش هایی از جنوب شرقی کشور تا شمال و غرب تنگهٔ هرمز را در بر می گیرد.

۲۱ - به منظور رعایت ایجاز و محدودیت هایی که در تحریر مقاله وجود دارد، از ارائهٔ این نقشه ها پرهیز شده است. علاقه مندان برای دستیابی به این نقشه ها می توانند با نویسندگان مقاله تماس حاصل کنند.

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]




شکل۳) پهنه های احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دما

مشخصات متوسط احتمال شرطی بارش برای حالات مختلف دمای هر یک از پهنه ها در جدول (۱) ارائه شده است. دیده می شود که در هر سه پهنه روزهای بدون بارش به شرط گرمای شدید ( $P(D/H)$ ) بیش از حالات محتمل بدون بارش به شرط حالات دمایی دیگر رخ می دهد. بنابراین، در هر سه پهنه روزهای گرم (تابستانی) بدون بارش محتمل تر است. در پهنهٔ سوم ( جنوب شرق و اطراف تنگهٔ هرمز) این احتمال کوچکتر از بقیهٔ پهنه هاست؛ همچنانکه روزهای بدون بارش به شرط دمای سرد ( $P(D/C)$ ) ؛ یعنی بارش های زمستانی کم احتمال تر از پهنه های دیگر است. همچنین، احتمال بیشتر روزهای بدون بارش با دمای ملایم از وجوه افتراق پهنهٔ دوم و سوم از پهنهٔ اول است. روزهای کم بارش (بارش کمتر از میانگین) همانند روزهای بدون بارش در هرسه پهنه در روزهای بسیار گرم محتمل تر است. این امر به ویژه در پهنهٔ شمارهٔ ۲ نمایان تر است.

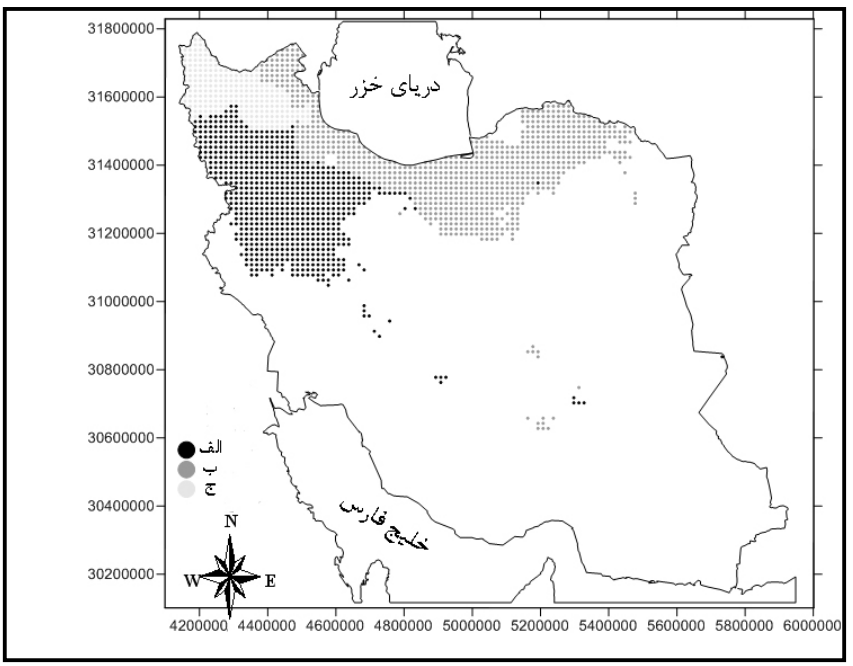
در هرسه پهنه روزهای توأم با بارش کم مقدار به شرط دماهای کم در درجهٔ دوم احتمال قرار دارند. در پهنهٔ نخست روزهای کم بارش- سرد محتمل تر از روزهای مشابه در دو پهنهٔ دیگر است. پهنهٔ سوم نسبت به دو پهنهٔ دیگر روزهای کم بارش با دمای متوسط را بیشتر تجربه می کند. روزهای پربارش (بارش برابر یا بیش از متوسط) به شرط دمای کم در تمامی سه پهنه و به ترتیب در پهنهٔ شماره ۲ و ۳ نمایان تر و روزهای پربارش به شرط گرمای شدید در هرسه پهنه کم احتمال تر است. روزهای پربارش ملایم، در پهنه اول و دوم به ترتیب بزرگترین احتمالات را به خود اختصاص داده اند.

جدول۱) احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دما برای پهنه های سه گانه

| احتمال / پهنه ها | $P(D/C)$ | $P(D/M)$ | $P(D/H)$ | $P(M/C)$ | $P(M/M)$ | $P(M/H)$ | $P(W/C)$ | $P(W/M)$ | $P(W/H)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| پهنهٔ۱ | ۰/۲۲۲۴ | ۰/۳۳۰۹ | ۰/۴۴۶۷ | ۰/۳۴۰۱ | ۰/۲۱۱۹ | ۰/۴۴۸ | ۰/۴۳۸۱ | ۰/۴۵۵۸ | ۰/۱۰۶۱ |
| پهنهٔ۲ | ۰/۱۹۳۳ | ۰/۳۷۱۲ | ۰/۴۳۵۵ | ۰/۲۸۳۴ | ۰/۲۲۰۹ | ۰/۴۹۵۷ | ۰/۵۲۱۸ | ۰/۴۰۸۶ | ۰/۰۶۹۶ |
| پهنهٔ۳ | ۰/۱۷۰۴ | ۰/۴۰۶۹ | ۰/۴۲۲۷ | ۰/۲۹۴۳ | ۰/۲۹۳۴ | ۰/۴۱۲۳ | ۰/۵۱۵ | ۰/۲۹۹۳ | ۰/۱۸۵۷ |

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]

با توجه به شکل (۳) می توان دید که هریک از پهنه های سه گانه، گسترهٔ وسیعی از کشور را در بر می گیرند. بنابراین و طبق آنچه از شکل (۲) می توان استنباط نمود، هریک از پهنه ها را می توان به زیر گروه هایی طبقه بندی کرد. وجه تمایز و افتراق این زیرگروه ها را می توان در یک یا چند صفت ردیابی نمود. در دنبالهٔ بحث به این امر خواهیم پرداخت: پهنهٔ اول که حدود ۲۴/۸ درصد از کل کشور را در بر می گیرد، به سه زیر گروه الف، ب و ج قابل طبقه بندی است. موقعیت این سه زیر گروه را می توان در شکل (۴) مشاهده کرد. زیرگروه های الف، ب و ج به ترتیب حدود۹/۹، ۱۱/۷ و۳/۲ درصد از وسعت کشور را دربر می گیرند. جدول (۲) مشخصات احتمال شرطی حالات بارش به شرط دما را برای سه زیر گروه این پهنه نشان می دهد.




شکل۴) زیر گروه های پهنهٔ اول احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دما

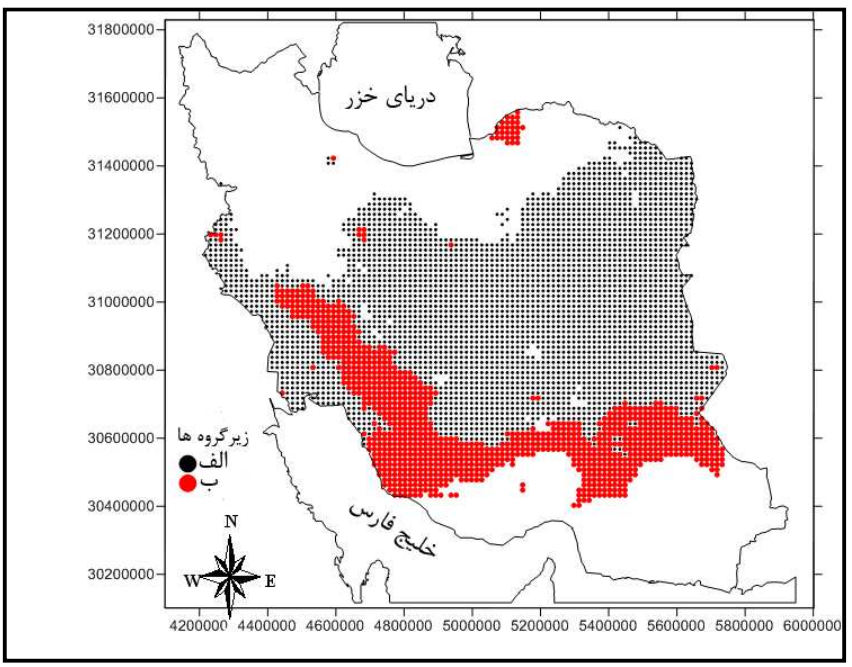
وجه تمایز زیرگروه الف با دو زیرگروه دیگر در روزهای بدون بارش به شرط گرمای شدید است که در گروه الف بسیار نمایان است؛ زیرا طبق یافته های ذوالفقاری (۱۳۷۷: ۱۱-۱۲)، از بخش های شمالی به سمت این ناحیه بارش های تابستانی – همرفتی رو به کاهش می نهد. وجه افتراق زیرگروه ب با دو زیر گروه دیگر را می توان به روزهای پربارش؛ به ویژه درحالت دمایی متوسط و بسیار گرم نسبت داد. در حالت نخست روزهای پرباران با احتمال کمتر و در حالت دوم با احتمال بیشتری نسبت به دو زیرگروه دیگر مورد انتظار است. وجه تمایز زیر گروه ج با دو زیرگروه دیگر در روزهای بدون بارش و سرد است که احتمالی بیش از بقیه زیرگروه ها دارد. این امر نشان از تاثیر پذیری روزهای بدون بارش از سامانه های سردی دارد که موجب پایداری جوی می شود. هرچند که این ویژگی در تمامی زیر گروه ها مشهود است، اما شدت این پدیده در زیر گروه ج به خاطر مجاورت با ارتفاعات قفقاز و ریزش هوای سرد این نواحی؛ به ویژه در فصل سرد نمایان تر است ( برای بحثی مشابه، رک: علیجانی، ۱۳۷۴ : ۱۳۰). این ویژگی را می توان در احتمال روزهای پربارش و سرد نیز دید. در این جا روزهای پربارش به شرط سردی هوا کم احتمال تر از سه زیر
گروه دیگر است؛ همچنانکه روزهای کم بارش به شرط روز سرد نیز در این زیر گروه محتمل تر است.

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]

جدول۲) احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دما برای زیرگروه های پهنهٔ ۱

| احتمال / زیر گروه | P(D/C) | P(D/M) | P(D/H) | P(M/C) | P(M/M) | P(M/H) | P(W/C) | P(W/M) | P(W/H) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الف | ۰/۲۰۴۱ | ۰/۳۱۹۳ | ۰/۴۷۶۶ | ۰/۳۳۵۶ | ۰/۲۲۱۲ | ۰/۴۴۳۲ | ۰/۴۸۰۸ | ۰/۴۹۲۵ | ۰/۰۲۶۷ |
| ب | ۰/۲۲۳۴ | ۰/۳۵۰۳ | ۰/۴۴۶۳ | ۰/۳۳۲۶ | ۰/۲۴۶۹ | ۰/۴۴۰۵ | ۰/۴۵۵۲ | ۰/۴۴۱۱ | ۰/۱۰۳۷ |
| ج | ۰/۲۷۴۸ | ۰/۲۹۶۷ | ۰/۴۲۸۵ | ۰/۳۷۱۹ | ۰/۲۱۲۹ | ۰/۴۱۵۲ | ۰/۳۵۲۱ | ۰/۵۲۷۳ | ۰/۱۲۰۶ |

پهنهٔ دوم شامل بخش های عمده از ایران مرکزی، شرق غرب و جنوب غرب کشور است که بیش از نیمی از ایران زمین را دربر می گیرد. بخش کوچکی از این پهنه در شمال غرب خراسان شمالی و در مجاورت دشت گرگان قرار دارد. طبق دارنمای ارائه شده در شکل (۱) این پهنه به دو زیر گروه قابل تقسیم است. این دو زیر گروه را می توان در شکل (۵) دید. بخش اعظم این پهنه ( حدود ۴۵/۱ درصد از ۵۹/۷ درصد مساحت کشور) شامل جلگه های غربی، دشت های مرکزی و شرقی و ارتفاعات شرقی کشور است که در زیر گروه الف جای می‌گیرد. بلندی های زاگرس و ارتفاعات جنوب شرقی کشور و نیز بخش کوچک خراسان شمالی با ۱۴/۶ درصد از مساحت کل کشور در زمرهٔ زیرگروه جای گرفته است.




شکل۴) زیر گروه‌های پهنهٔ دوم احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دما

مشخصات زیرگروه های پهنهٔ دوم در جدول (۳) ارائه شده است. چنانکه در جدول می توان دید، این دو گروه در برخی صفات تفاوت ها و تباین های نسبتاً قابل توجه و در بسیاری موارد مشابهت های چشمگیر نشان می دهند؛ برای مثال، شباهت های این دو زیر گروه در روزهای بدون بارش و در دو حالت روزهای کم بارش؛ یعنی: $P(M/C)$ و

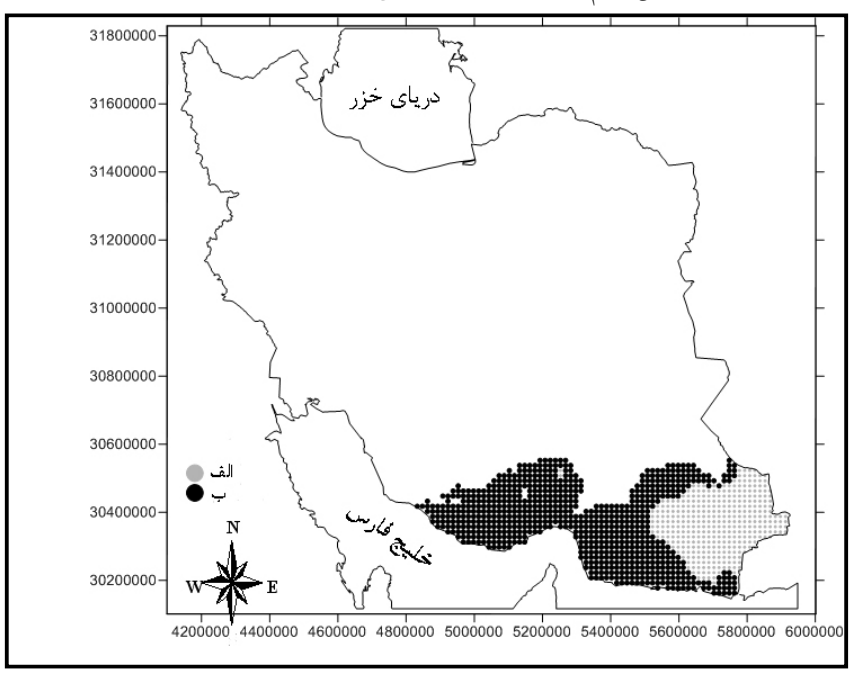
[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]

$P(M/M)$ قابل تأمل است؛ در حالی که روزهای کم بارش به شرط گرمای شدید در گروه ب محتمل تر از گروه الف است. این امر به بارش های فصل گرم در زاگرس (بارش همرفتی) و ارتفاعات بخش های شرقی (بارش های موسمی) اشاره دارد. همچنین، بارش های شدید در زیر گروه ب در حالت دمایی سرد محتمل تر از زیر گروه الف است. طبق یافته های لشکری (۱۳۷۵) و مفیدی (۱۳۸۳) این شرایط را می توان به فعالیت سامانهٔ کم فشار سودانی (دریای سرخ) نسبت داد. در شرایط ملایم و گرم بارش های شدید در گروه الف محتمل تر است. این امر را می توان به بارش های تابستانه و بهاره در بخش هایی از غرب کشور و نیز بارش های بهاره در مرکز کشور نسبت داد.

جدول۳) احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دما برای زیرگروه های پهنهٔ ۲

| احتمال / زیرگروه | P(D/C) | P(D/M) | P(D/H) | P(M/C) | P(M/M) | P(M/H) | P(W/C) | P(W/M) | P(W/H) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الف | ۰/۲۰۶۵ | ۰/۳۶۶۸ | ۰/۴۲۶۷ | ۰/۲۸۶۳ | ۰/۲۲۳۹ | ۰/۴۸۹۸ | ۰/۵۴۲۳ | ۰/۴۳۲۲ | ۰/۰۲۵۵ |
| ب | ۰/۱۷۷۰ | ۰/۳۷۶۸ | ۰/۴۴۶۲ | ۰/۲۹۲۰ | ۰/۲۵۱۹ | ۰/۴۵۶۱ | ۰/۵۷۰۰ | ۰/۳۸۱۲ | ۰/۰۴۸۸ |

پهنهٔ سوم که مشتمل بر ۱۵/۴ درصد از مساحت کشور است، در جنوب شرق و بخشی از جنوب کشور استقرار یافته و به دو زیر گروه تقسیم می شود. زیر گروه الف با وسعت کمتر ( حدود ۵ درصد) در بخش شرقی پهنه و تقریباً منتها الیه جنوب شرقی کشور قرار دارد. زیرگروه ب نیز با وسعت حدود ۱۰/۴ درصد بقیه پهنهٔ سوم را در بر می گیرد. تمایز این دو پهنه را می توان به شرحی که می آید، برشمرد: روزهای بدون بارش گرم و معتدل در زیر گروه ب محتمل تر از گروه الف است. بارش های کم مقدار در زیر گروه الف در روزهای سرد و در گروه ب در روزهای گرم محتمل تر است. بارش های پر مقدار روزهای سرد در زیر گروه ب و در روزهای گرم و معتدل در زیر گروه الف محتمل تر است. این امر تاثیر افزون تر بارش های فصل گرم گروه الف را نشان می‌دهد.




شکل۵) زیر گروه های پهنهٔ دوم احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دما

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]

جدول۴) احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دما برای زیرگروه های پهنهٔ ۳

| احتمال / زیرگروه | P(D/C) | P(D/M) | P(D/H) | P(M/C) | P(M/M) | P(M/H) | P(W/C) | P(W/M) | P(W/H) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الف | ۰/۲۰۲۳ | ۰/۴۰۳۶ | ۰/۳۹۴۱ | ۰/۳۵۵۶ | ۰/۲۹۷۷ | ۰/۳۴۶۷ | ۰/۴۴۴۹ | ۰/۲۹۷۹ | ۰/۲۵۷۲ |
| ب | ۰/۱۶۵۲ | ۰/۴۰۴۱ | ۰/۴۳۰۷ | ۰/۲۹۵۹ | ۰/۲۹۳۴ | ۰/۴۱۰۷ | ۰/۵۷۵۸ | ۰/۲۹۶۱ | ۰/۱۲۸۱ |

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش، براساس روش احتمال شرطی، احتمال وقوع بارش به شرط حالات دمایی تحلیل شد. براین اساس سه پهنهٔ دمایی به دست آمد. این پهنه بندی هرچند با استمداد از زمان و مقدار احتمال رویدادهای دمایی – بارشی انجام شد، اما زمانِ احتمال رخدادها نقش تعیین کننده تری در پهنه ها داشته اند.

هریک از پهنه های اصلی براساس ویژگی (های) خاصی از احتمال شرطی به زیرگروه هایی تقسیم می شوند. این زیر گروه ها؛ به ویژه در پهنهٔ ۱ و ۲ به نحو بارزی از جهت گیری پیکرهٔ ناهمواری های اصلی کشور پیروی می کنند. در پهنهٔ سوم ضمن اثرگذاری ملموس ناهمواری ها، چیرگی نقش جهت گیری سواحل دریای عمان- تنگهٔ هرمز را می توان به خوبی مشاهده کرد؛همان‌طور که ویژگی سامانه و ساز و کار موسمی نیز قابل تأمل است.

هریک از پهنه ها و زیر گروه های مربوط، منعکس کنندهٔ شرایط اقلیمی غالب است. برای مثال، در پهنهٔ ۱ بارش های شدید در شرایط دمایی بهنجار بیش از پهنه های دیگر است. می توان بارش فصول حد فاصل نظیر بارش های بهارهٔ شمال غرب و بارش پاییزهٔ شمال ایران را استنباط نمود. در عین حال، در پهنهٔ سوم شرایط پربارش در روزهای گرم نسبتاً بیشتر است. بنابراین، می توان بارش های تابستانه را استنباط نمود. همچنین، شرایط سرمای تولید شده در شمال غرب موجب کاهش بارندگی بخش شمالی و در عین حال، فزونی بارش فصل سرد در دو پهنه گویای ظهور رژیم بارش زمستانه در ایران زمین است.

## منابع


۱- آشگر طوسی، شادی؛ علیزاده، امین و جوانمرد ، سهیلا .(۱۳۸۲). پیش بینی احتمال وقوع خشکسالی در استان خراسان ، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی* ، ش ۷۰- ۱۱۹-۱۲۸.

۲- جانسون.ریچارد.آ و ویچرون. دین.دبلیو. ترجمه نیرومند، حسنعلی .(۱۳۷۹). *تحلیل آماری چند متغیری کاربردی*، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- جعفری بهی، خدابخش .(۱۳۷۸): *تحلیل آماری دوره‌های تر و خشک بارندگی درچند نمونه اقلیمی ایران با استفاده از زنجیره مارکف*، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی.

۴- دانشور، محمدرضا؛ توکلی، عبدالرسول و دانائیان، محمدرضا .(۱۳۸۵). تحلیل دوره های بازگشت خشکسالی در شرق و جنوب شرق کشور، *نیوار* ، ش ۶۲ و ۶۳.

۵- ذوالفقاری، حسن. (۱۳۷۷). تحلیلی بر بارش های بهاری غرب ایران، *نیوار*، ش ۴۰، صص ۷-۲۲.


[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]

۶- رضیی، طیب ؛ شکوهی، علیرضا و ثقفیان، بهرام .(۱۳۸۲). پیش بینی شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی با استفاده از روش های احتمالاتی و سری های زمانی ( مطالعه موردی: استان سیستان و بلوچستان)، *بیابان*، ش ۸ :۲۹۲-۳۱۰.

۷- زارعی، حسن و غلامحسین شاهکار .( ۱۳۸۰). " بررسی احتمال تواتر روزهای بارانی و خشک مناطق خرمدره- ارداک و زشک" ، *سومین سمینار احتمال و فرایندهای تصادفی* ، دانشگاه اصفهان ۷ و۸ شهریور ماه ۱۳۴:۱۳۸۰- ۱۴۴.

۸- عساکره، حسین .(۱۳۸۷). بررسی احتمال تواتر و تداوم روزهای بارانی در شهر تبریز با استفاده از مدل زنجیره مارکوف، *تحقیقات منابع آب ایران* ، ش ۱۱، سال چهارم، ش ۲ :۴۶-۵۶.

۹- ــــــــــــ .( ۱۳۹۰). *مبانی اقلیم شناسی آماری*، زنجان: انتشارات دانشگاه زنجان، ۵۴۸ صفحه.

۱۰- فرشادفر. عزت الله.(۱۳۸۴). " اصول و روش های آماری چند متغیره". کرمانشاه: انتشارات دانشگاه رازی

۱۱- فولادمند، حمیدرضا .(۱۳۸۵). پیش بینی بارندگی روزانه و سالانه و تعداد روزهای بارانی در سال با استفاده از زنجیره مارکوف دریک منطقه نیمه خشک، *علوم کشاورزی* ، ش ۱۲ :۱۱۳-۱۲۵.

۱۲- کیخائی، فاطمه و محمدی کوروش.(۱۳۷۹). جایگاه خشکسالی در سیستان و بررسی روند آن از دیدگاه کشاورزی، *مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی*، صفحه ۹۲۶.

۱۳- لشکری ، حسن .(۱۳۷۵). *الگوی بارش های سیل زا در جنوب غرب ایران*، رساله دکتری، تهران: دانشگاه تربیت مدرس.

۱۴- مشکانی، محمدرضا. (۱۳۶۳). بررسی احتمال تواتر روزهای خشک بابلسر از دیدگاه بیز تجربی، *مجله علوم آب*، ش ۳.

۱۵- مفیدی ، عباس .(۱۳۸۳). اقلیم شناسی سینوپتیکی بارش های سیل زا با منشأ منطقهٔ دریای سرخ در خاورمیانه، *تحقیقات جغرافیایی*، ش ۸۳، صص ۷۱-۹۳.

16- Anagnostopoulou, Chr . Mahera, S . Karacostas, T and Vafiadis (2003), Spatial and Temporal analysis of Dry Spells in Greece. Theor.Appl.Climatol. 74, 77-91

17- Benzi .G , A.Parisi. and A. Sutera and A. Vulpiani, 1983, A theory of Stochastic reasonce in climatic change, Siam J., Appl.Math.,43, 565-578.

18- Berger, A. and Goossens, C.H.R., 1983, 'Persistence of wet and dry spells at Uccle (Belgium)', J. Climatol., **3**, 21–34.

19- Burgers.G and D.B.Stephenson, 1999, The Normality of Elnino, Geophys.Res. Lett.26, 1027-1030.

20- Grimmett, Geoffry and Strirzaker, David.2001 :Probability and Random Processes. Third Edition. Oxford University Press. UK. pp 608

21- Kay. Steven.M. 2006: Intuitive Probability and Random Processes Using MATLAB. Springer. U.S.A.

22- Khilyuk .Leonid .R , Chilingar . George. V. and Rieke Herman H 2005: Probability in Petroleum and Environmental Engineering. The Gulf Publishing Company Houston, Texas. U .S. A.

23- Martin-Vide, Javier and Gomez ,Linda 1999, Rigionalization of Peninsular Spain Based on the Length of Dry Spells. Int.J. Climatol.**19**, 537-555

24- Moon. Eull.S , Boom Ryoo. S , Gi Kwon. J .1994, A Markov Chain Model for Daily Precipitation Occurrence in South Korea. Inter.Jour.Climato .

25- Mukhopadhyay .Nitis . 2004: Probability and Statistical Inference. Marcel Dekker, INC. NEW YORK.U.S.A

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]

26- Sen , Z (1998), Probabilistic Formulation of Spatio – Temporal Drought Pattern , Theor.Appl.Climatol. 61, 197-206
27- Soong,T,T. 2004: Fundamentals of Probability and Statistics for Engineers . John Wiley & Sons Ltd, England .pp 408

[ Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30 ]