

## تحلیل احتمال وقوع حالات بارش به شرط حالات دمایی و پهنه‌بندی آن در استان فارس

امیرحسین پارسامهر<sup>۱\*</sup>، حمید سودایی‌زاده<sup>۲</sup>، زهرا خسروانی<sup>۳</sup>، مهدی بی‌نیاز<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۳۰

### چکیده:

هدف از انجام این پژوهش، تعیین احتمال وقوع حالات بارش به شرط حالات دمایی و پهنه‌بندی آن است. برای این منظور، از داده‌های دما و بارش روزانه ۱۳ ایستگاه سینوپتیک استان فارس که دارای حداقل ۲۰ سال دوره آماری بودند، استفاده شد. در ابتدا حالات مختلف دمایی و حالات بارش تعیین شد. در گام بعد، فراوانی توأم رویدادهای دمایی و رویدادهای بارشی هر روز در ماتریسی ارائه شد. سپس ماتریس احتمال توأم حالات بارش-دما محاسبه و احتمال شرطی هریک از رخدادها را به شرط حالات دمایی برای هریک از ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. در ادامه، با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و براساس روش فاصله اقلیدوسی و روش ادغام وارد (Ward)، اقدام به طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه شد و نمودار درختی آن ترسیم گردید. در گام آخر، نقشه پهنه‌بندی و حالات احتمال شرطی با استفاده از نرم‌افزار GIS تهیه شد. نتایج نشان داد که براساس ویژگی‌های احتمال شرطی، منطقه مورد مطالعه به سه پهنه تقسیم می‌شود. همچنین، نتایج متوسط احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دمایی، حاکی از بالا بودن احتمال وقوع روزهای بدون بارش و گرم نسبت به دیگر حالت‌های ممکن است. در هر سه پهنه مورد مطالعه، روزهای توأم با بارش زیاد به شرط دماهای کم در درجه دوم احتمال قرار دارند. کمترین احتمال وقوع در بین حالت‌های شرطی ممکن مربوط به روزهای پربارش با هوای گرم است.

**واژه‌های کلیدی:** احتمال شرطی، استان فارس، پهنه‌بندی، خوشه‌بندی.

۱. عضو هیئت علمی گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه فسا / Email: parsamehr@fasau.ac.ir

۲. دانشیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۳. دانشجوی دکتری بیابانزدایی، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۴. عضو هیئت علمی گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

## مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل در ساختار سیاره زمین، اقلیم است و بدون شک، طبیعت انسان و همه مظاهر حیات در سطح گسترده‌ای متأثر از شرایط اقلیمی است. به‌طور کلی، آب‌وهوا نتیجه ترکیب عناصر متنوع جوی است که در زمان طولانی با تطابق موقعیت جغرافیایی هر ناحیه ظاهر می‌شود. آگاهی و شناخت از پدیده‌های اقلیمی، راهنمایی‌های سودمندی را برای تصمیمات راهبردی در برنامه‌ریزی طولانی‌مدت نظام‌های مختلف فراهم می‌کند. سطح وسیع متغیرهای اقلیمی و گستره وسیع کاربرد آن و همچنین شاخه‌های مختلف آن، زمینه‌های استفاده از علوم مختلف را در اقلیم‌شناسی ضرورت می‌بخشد. یکی از مهم‌ترین علوم مورد استفاده، علم آمار و احتمالات است (عساکره و همکاران، ۲۰۱۴-a).

بسیاری از پدیده‌های اقلیمی شامل عناصری هستند که آن‌ها را نمی‌توان به‌سادگی، کنترل یا پیش‌بینی کرد. اما این پیش‌بینی در صورتی امکان‌پذیر است که اطلاعاتی درباره گذشته آن‌ها موجود باشد (رضی و همکاران، ۲۰۰۴). براساس قوانین احتمال، برخی پدیده‌های تصادفی شانس بیشتری برای وقوع دارند؛ در صورتی که شانس وقوع برخی دیگر کمتر است. همچنین، گاهی از بین  $n$  حالت ممکن، تنها یکی از حالت‌ها می‌تواند رخ دهد. درضمن، امکان رخ دادن هیچ‌کدام از حالت‌ها بر حالت‌های دیگر برتری ندارد (آکان و هوگتال، ۲۰۰۳). برای محاسبه شانس وقوع پیشامدها لازم است مدل مناسبی انتخاب شود. بررسی این حالات نامعین را دانش احتمال بر عهده دارد.

یکی از رویکردها و ضرورت‌های مطالعات اقلیم‌شناسی، مطالعه احتمال رخداد چند رویداد در ارتباط با یکدیگر است، زیرا رخداد بسیاری از رویدادهای اقلیمی به‌شکل توأم محتمل بوده و گاهی وقوع یا عدم‌وقوع یک حادثه بر روی فراوانی یا احتمال وقوع حادثه دیگر اثر دارد. در این حالت، علاوه بر فراوانی حادثه  $A$  که در تمامی  $n$  حالت محاسبه شده، لازم است فراوانی وقوع حادثه مزبور در حالت‌هایی 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 گویند. شانس وقوع یک رویداد نظیر  $A$  به‌شرط وقوع رویدادی دیگر نظیر  $B$  و براساس احتمال توأم را احتمال شرطی 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 می‌شود. رویداد  $B$  را اطلاعات پیشین نیز می‌نامند (کی، ۲۰۰۶).

مطالعه روابط بین عناصر اقلیمی با تأکید بر بررسی احتمال وقوع آن‌ها از روش‌ها و دیدگاه‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. در غالب این مطالعات، پژوهشگران روش زنجیره مارکوف را به‌عنوان روش بررسی خود انتخاب کرده‌اند. برای مثال، در این مورد می‌توان به مطالعات وفاخواه و بشری (۲۰۱۲) در بررسی احتمال وقوع دوره‌های ترسالی و خشکسالی هیدرولوژیک، حنفی و همکاران (۲۰۱۲) در تحلیل خشکسالی‌های استان تهران، عساکره و صیادی (۲۰۱۴) در پهنه‌بندی روزهای خشک ایران، ماه آورپور<sup>۳</sup> (۲۰۱۵) در بررسی احتمال وقوع بارش‌های روزانه ایران و پیش‌بینی آن، فاکت و والشاوی<sup>۴</sup> (۲۰۰۶) در بررسی سرعت بادهای شدید، میروچ<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۰) در تجزیه و تحلیل اقلیم ناحیه‌ای و چولسانگ<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۶) در تجزیه بارش‌های ماهانه به بارش‌های روزانه اشاره کرد. بررسی‌های نگارندگان نشان می‌دهد که در دیگر زمینه‌های مطالعات توأم و شرطی آن، تحقیقات زیادی صورت نگرفته است یا این تحقیقات در دسترس نیست. ایلماز و دلسول<sup>۷</sup> (۲۰۱۰) پتانسیل پیش‌بینی بارش را در فصول مختلف سال مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها برای این کار از داده‌های بارش ۲۶ ایستگاه استفاده کرده و با استفاده از احتمال توأم و تفکیک حالات بارشی، قابلیت پیش‌بینی بارش در فصل بهار را نسبت به سایر فصول بیشتر دانستند.

عساکره و همکاران (۲۰۱۴-b) در بررسی حالات بارش با حالات دمای روزانه از داده‌های شبکه‌ای پایگاه داده اسفزاری، با

2. Kay  
3. Mahavarpour  
4. Fawcet & Walshaw  
5. Mieruch  
4. Chulsang  
7. Yilmaz & Delsole

1. Akan & Houghtalen

مختلف بارش به شرط حالات دمایی مراحل زیر انجام گرفت (عساکره و همکاران ۲۰۱۴-b):

- برای بررسی احتمال وقوع حالت‌های مختلف دما و بارش نیازمند آن بودیم که تعریف دقیق و قابل محاسبه‌ای از این حالات داشته باشیم. برای این منظور، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار SPSS توزیع فراوانی داده‌های مربوط به دما بررسی و براساس توزیع فراوانی داده‌ها، صدک‌های ۲۵ و ۷۵ داده‌های روزانه دما برای هر ایستگاه مشخص شد. بر این اساس، در هر ایستگاه روزهایی که دمای آن روز کمتر از صدک ۲۵ بود به‌عنوان روز سرد، روزهایی که دمای آن بیش از صدک ۷۵ بود به‌عنوان روز گرم، و روزهایی که دمای روزانه آن بین صدک ۲۵ و ۷۵ بود، به‌عنوان روز معتدل یا بهینه شناخته شد. در عملیاتی مشابه، داده‌های بارش مورد بررسی و حالات مختلف آن تعریف و محاسبه شد. برای این کار، براساس توزیع فراوانی داده‌های بارش، میانگین داده‌ها محاسبه و حالات بارش براساس آن تعریف شد. به‌عبارت دیگر، روزهایی که میزان بارش در آن صفر بود به‌عنوان روز خشک، روزهایی که میزان بارش کمتر از مقدار میانگین بود به‌عنوان روز کم بارش، و روزهایی که میزان بارش بیش از میانگین بود به‌عنوان روز پر بارش یا مرطوب طبقه‌بندی شد.

- در مرحله بعد یک ماتریس  $3 \times 3$  تشکیل شد به طوری که سه حالت دمایی در ستون‌ها و سه حالت بارش در سطرها قرار گرفتند. در هر درایه ماتریس، فراوانی وقوع توأم رویدادهای مختلف ذکر شد.

$$F = \begin{matrix} & \begin{matrix} C & M & H \end{matrix} \\ \begin{matrix} D \\ L \\ W \end{matrix} & \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

- برای مثال  $f_{11}$  فراوانی وقوع تعداد روزهای بدون بارش سرد،  $f_{12}$  فراوانی وقوع تعداد روزهای بدون بارش معتدل، ... و  $f_{33}$  فراوانی وقوع تعداد روزهای گرم پر بارش است.

- در مرحله سوم، احتمال فراوانی وقوع هم‌زمان هریک از رویدادهای نه‌گانه بارشی - دمایی که در ماتریس ۱ ارائه شده بود، براساس رابطه (۲) به‌دست آمد:

$$F_{xy}(x, y) = P(X \leq x \cap Y \leq y) \quad (2)$$

تفکیک زمانی روزانه استفاده کردند. آن‌ها ضمن تعریف حالات مختلف دمایی و بارش، براساس احتمال شرطی، احتمال وقوع هریک از حالات موجود را در پهنه‌های مختلف محاسبه کردند.

هدف از این پژوهش، بررسی احتمال وقوع حالات مختلف بارش به شرط وقوع حالات مختلف دمایی در استان فارس است. آگاهی از احتمال وقوع هریک از حالات اقلیمی مذکور در برنامه‌ریزی‌های کلان و مدیریتی مرتبط با امور کشاورزی، منابع طبیعی، زیست‌محیطی، معماری، اقتصادی و اجتماعی مؤثر خواهد بود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

استان فارس با مساحت ۱۲۲۶۰۸ کیلومتر مربع بین  $27^{\circ} 03'$  تا  $27^{\circ} 27'$  درجه و تا  $40^{\circ} 31'$  عرض شمالی و  $50^{\circ} 36'$  تا  $55^{\circ} 35'$  طول شرقی در جنوب ایران واقع شده است. این منطقه به دلیل ویژگی‌های خاص جغرافیایی، تفاوت در توپوگرافی و گسترش شمال به جنوب آن، دارای اقلیم‌های حرارتی متفاوتی است، به طوری که براساس شاخص دومارتن، دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است (به‌استثنای منطقه سپیدان که اقلیم مرطوب دارد). دمای هوا در این منطقه، تابعی از ارتفاع و عرض جغرافیایی است. میزان نزولات تحت‌تأثیر جریان‌های جوی مدیترانه‌ای است و از ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر در نوسان است. براساس تقسیمات حوضه‌های ساختاری-رسوبی، منطقه مورد مطالعه دربرگیرنده زون‌های سندج، سیرجان و زاگرس است.

### روش تحقیق

به‌منظور انجام این پژوهش، از داده‌های روزانه دما و بارش ۱۳ ایستگاه سینوپتیک که دارای اشتراک حداقل ۲۰ سال آمار در بازه زمانی ۱۳۷۵/۱/۱ تا ۱۳۹۴/۱۲/۲۹ بودند، استفاده شد. پس از بررسی نواقص آماری، صحت و همگنی داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس، جداولی با ۵۴۷۸ سطر و ۱۳ ستون برای هریک از پارامترهای اقلیمی (دما و بارش) تشکیل شد که زمان بر روی سطرها و ایستگاه‌ها بر روی ستون‌ها قرار داشت. هریک از مقادیر این جدول مربوط به آمار بارندگی یا دمای روزانه در طول دوره آماری بود. برای تحلیل احتمال حالت‌های

باشد، (C) به صورت  $P(D|C)$  نوشته و برای محاسبه آن ابتدا  $P(D \cap C)$  که احتمال وقوع مشترک و هم‌زمان حالت بدون بارش و حالت سرد بودن دماست، محاسبه می‌شود. سپس مقدار به دست آمده بر جمع احتمالات حالات دمایی C یعنی  $P_{11}$ ،  $P_{21}$  و  $P_{31}$  تقسیم شود. بنابراین نه حالت احتمال شرطی را می‌توان به شکل زیر ارائه کرد:

$$P(i/j) = \begin{matrix} & C & M & H \\ D & \begin{bmatrix} P(D/C) & P(D/M) & P(D/H) \\ P(L/C) & P(L/M) & P(L/H) \\ P(W/C) & P(W/M) & P(W/H) \end{bmatrix} \\ W & \end{matrix} \quad (5)$$

در این مرحله، ایستگاه‌های مختلف براساس حالات نه‌گانه احتمال شرطی، به کمک فرمول فاصله اقلیدوسی و با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی به روش ادغام وارد<sup>۳</sup> و به صورت نمودار درختی خوشه‌بندی شدند. در این روش، خوشه‌بندی برای کاهش تلفات ناشی از داده‌های دورافتاده، از معیاری جدید برای محاسبه عدم شباهت بین خوشه‌ها استفاده می‌کند. در روش وارد، از مجموع مربعات تفاضل هر داده از یک خوشه با بردار میانگین آن خوشه به عنوان معیاری برای سنجش یک خوشه استفاده می‌شود (همان، ۲۰۰۱).

$$e_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2} \quad (6)$$

که در آن،  $e_{jk}$  فاصله بین مشاهده<sup>۴</sup> جام و k ام در مجموعه‌ای از مشاهدات است. مقدار ضریب فاصله اقلیدوسی بین صفر و بی‌نهایت است.  $X_{ij}$  مقدار متغیر i ام روی عضو جام و  $x_{ij}$  مقدار متغیر i ام روی عضو k ام و n هم تعداد متغیرهای هر عضو است. فرمول ترکیب خوشه‌ها به روش حداقل واریانس وارد نیز به صورت زیر است:

$$W_{km} = \frac{N_k N_m}{N_k + N_m} (\bar{x}_k - \bar{x}_m)^t (\bar{x}_k - \bar{x}_m) \quad (7)$$

که در آن، m و k خوشه‌ها هستند و  $X_k$  مرکز خوشه است. در پایان، با روش درون‌یابی IDW و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.3، عمل پهنه‌بندی محدوده مورد مطالعه انجام گرفت.

در رابطه فوق، احتمال اینکه هم‌زمان و به صورت مشترک، متغیر x مقداری کمتر یا برابر با x و متغیر y مقداری کمتر یا برابر با y اختیار کند، بیان می‌شود. نتایج این احتمال توأم در ماتریس زیر نشان داده شده است (سونگ<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴):

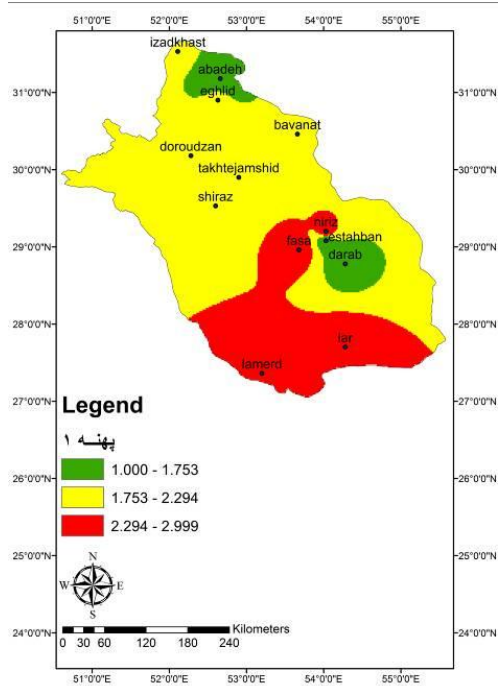
$$P = \begin{matrix} & C & M & H \\ D & \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix} \\ W & \end{matrix} \quad (3)$$

هریک از درایه‌های ماتریس بالا احتمال رخداد هم‌زمان وقایع بارش و دمایی را بیان می‌کند. این مقادیر به عنوان احتمال تجربی هم‌زمان دمایی و بارش در نظر گرفته شده است، مشروط بر آنکه فراوانی نسبی را به عنوان تعریف احتمال بپذیریم؛ برای مثال،  $P_{11}$  احتمال وقوع روزهایی است که هم‌زمان هوا سرد و بدون بارش است. در واقع،  $P_{11}$  احتمال اشتراک دو رویداد دمایی-بارشی است که می‌توان آن را به شکل  $P(D \cap C)$  نشان داد. برای محاسبه هر یک از درایه‌های ماتریس احتمال تجربی کافی است فراوانی درایه متناظر با آن احتمال را بر مجموع درایه‌های آن ردیف تقسیم کنیم. بدین روش، احتمال وقوع مشترک برای تمامی ایستگاه‌ها به دست آمد.

- در چهارمین مرحله احتمال وقوع رخداد حالت‌های مختلف بارش به شرط وقوع حالت مختلف دمایی محاسبه شد. هرگاه A و B دو پیشامد از فضای نمونه‌ای S باشند و بخواهیم احتمال وقوع پیشامد A را به شرط رخ دادن پیشامد B بررسی کنیم، با مسئله احتمال شرطی روبه‌رو هستیم که آن را به صورت  $P(A|B)$  نوشته و از رابطه زیر محاسبه می‌شود (گریمت و استریزاکر<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱):

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \quad (4)$$

البته باید توجه داشت که وقوع حالات پیشین یعنی  $P(B)$  باید محتمل باشد و این مقدار مساوی صفر نباشد؛ برای مثال، احتمال وقوع رویداد بدون بارش (D) به شرطی که هوا سرد



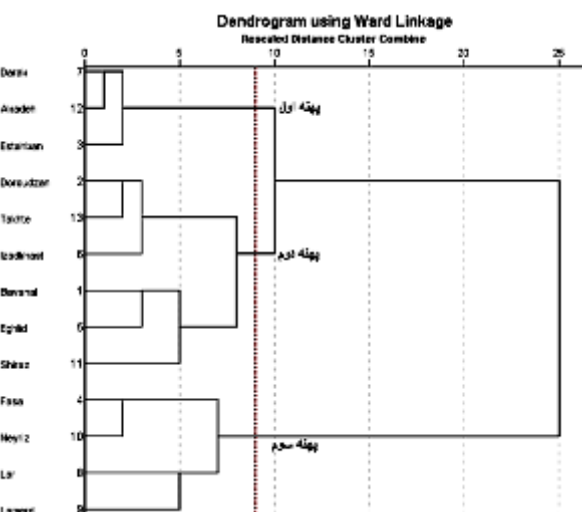
شکل (۲): پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه براساس احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دمایی

در جدول (۱)، نتایج متوسط احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دمایی مختلف در هریک از پهنه‌های مورد مطالعه ارائه شده است. با توجه به این نتایج، احتمال وقوع روزهای بدون بارش و گرم ( $P(D|H)$ ) نسبت به دیگر حالت‌های ممکن بیشتر است و این موضوع در سه پهنه به صورت مشترک دیده می‌شود. بنابراین، در منطقه مورد مطالعه، وقوع روزهای گرم و بدون بارش محتمل‌تر است. در هر سه پهنه، روزهای توأم با بارش زیاد به شرط دماهای کم ( $P(W|C)$ ) در درجه دوم احتمال قرار دارند.

کمترین احتمال وقوع در بین حالت‌های شرطی نه‌گانه مربوط به روزهای پربارش با هوای گرم ( $P(W|H)$ ) است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، این مقدار در پهنه دوم که اکثر مناطق استان را پوشش می‌دهد، کمتر دیده می‌شود. بارش‌های بیش از میانگین، بیشتر در روزهای سرد اتفاق می‌افتد. این موضوع نشان‌دهنده این است که رژیم بارش منطقه بیشتر از نوع بارش در فصول سرد است و بارش‌های بهاره و بارش‌های اوایل پاییز در رتبه دوم قرار دارند. این موضوع را می‌توان در تمامی مناطق استان مشاهده کرد. به‌طور کلی، در پهنه نخست روزهای بدون بارش سرد، روزهای کم‌بارش ملایم و روزهای پربارش ملایم و گرم، محتمل‌تر از روزهای مشابه در دو پهنه دیگر است.

## نتایج

با توجه به نتایج به دست آمده از مقادیر نه‌گانه احتمال حالات بارش به شرط حالات دمایی ایستگاه‌ها و استفاده از آنالیز خوشه‌ای، منطقه مورد مطالعه در سطح تشابه ۶۰ درصد به سه پهنه تقسیم شد. مبنای این طبقه‌بندی این است که اعضای درون یک گروه، بیشترین شباهت با یکدیگر و بیشترین تفاوت با گروه‌های دیگر را داشته باشند. با توجه به نمودار درختی، پهنه اول که ۷ درصد از سطح منطقه را به خود اختصاص داده است، به صورت محدوده‌های منفصلی در سطح استان مشاهده شد. این پهنه، کم‌وسعت‌ترین پهنه است و شامل مناطق داراب و استهبان در شرق و آباد در شمال استان بود. پهنه دوم با پوشش ۷۲ درصدی خود گستره وسیعی از سطح استان را دربرگرفته است. این پهنه که وسیع‌ترین پهنه است، خود شامل دو زیرمجموعه کلی است: زیرمجموعه اول شامل مناطق درودزن و تخت‌جمشید در مرکز استان و منطقه ایزدخواست در شمال استان است. زیرمجموعه دوم شامل منطقه بوانات در شمال شرق، اقلید در شمال و تخت جمشید در مرکز استان است. پهنه سوم شامل منطقه جنوبی استان است که زبان‌هایی از آن تا مرکز استان کشیده شده است. این گستره که حدود ۲۱ درصد از سطح استان را دربرگرفته است، شامل مناطق لار، لامرد، فسا و نیریز است. نمودار درختی پهنه‌های سه‌گانه و نقشه این پهنه‌بندی در شکل‌های (۱) و (۲) مشخص شده است.



شکل (۱): نمودار درختی احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دمایی در استان فارس

جدول (۱): احتمال شرطی حالات بارش به شرط حالات دما برای پهنه‌های سه‌گانه

$P(W H)$	$P(W M)$	$P(W C)$	$P(M H)$	$P(M M)$	$P(M C)$	$P(D H)$	$P(D M)$	$P(D C)$	.
۰/۱۲۹	۰/۳۲۰	۰/۴۳۶	۰/۲۱۵	۰/۳۶۴	۰/۳۲۹	۰/۶۵۵	۰/۳۱۴	۰/۲۳۳	پهنه ۱
۰/۰۳۸	۰/۳۱۹	۰/۴۴۹	۰/۱۷۲	۰/۳۵۶	۰/۳۴۷	۰/۶۷۱	۰/۳۰۹	۰/۲۰۳	پهنه ۲
۰/۱۲۶	۰/۳۱۳	۰/۴۴۳	۰/۲۶۹	۰/۳۲۶	۰/۳۵۶	۰/۶۰۴	۰/۳۶۲	۰/۲۰۱	پهنه ۳

درصد است و مناطق شیراز، و درودزن دارای احتمال وقوع بیش از ۸۰ درصد است. همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، این احتمال وقوع از شمال به جنوب و از غرب به شرق کاهش می‌یابد.

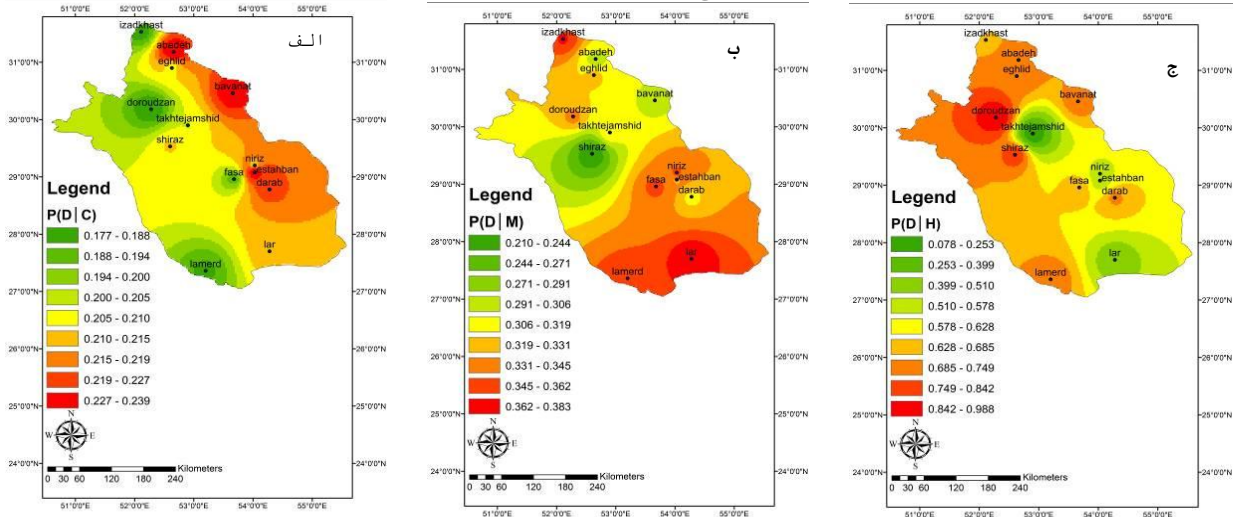
## ۲. روزهای کم‌بارش

روزهای کم‌بارش برای هر مکان به روزهایی اطلاق می‌شود که میزان بارش آن کمتر از میانگین درازمدت آن باشد. برای این حالت نیز مانند روزهای بدون بارش، سه حالت دمایی در نظر گرفته شد. با توجه به شکل (۴-الف)، کمترین احتمال روزهای کم‌بارش سرد مربوط به نواحی پست منطقه است که حدود ۱۸ درصد استان را به خود اختصاص داده است. محتمل‌ترین روزهای کم‌بارش و سرد در دو ناحیه شمالی و جنوبی دیده می‌شود، که حدود ۴۲ درصد استان را دربرگرفته و دارای احتمال وقوع ۳۴ تا ۴۰ درصد است. شکل (۴-ب) مکان‌یابی نقاط کم‌بارش با دمای متوسط را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، پهنه‌هایی از شمال و اکثر نواحی جنوبی استان، کمترین احتمال و نواحی مرکزی، شرق و غرب استان، بیشترین فراوانی را در وقوع روزهای کم‌باران با دمای متوسط به خود اختصاص می‌دهند. در شکل (۴-ج) همانند شکل الف، غالب نواحی جنوبی (نیمه جنوبی استان) و قسمتی از شمال استان را محتمل‌ترین حالت وقوع روزهای کم‌بارش گرم با احتمال ۲۰ تا ۳۵ درصد دربرگرفته است. در نواحی غربی استان که کمتر از ۱۶ درصد مساحت منطقه مورد مطالعه را پوشش داده است، احتمال روزهای کم‌بارش و گرم به پایین‌ترین حد خود یعنی ۰ تا ۱۷ درصد می‌رسد. در نواحی مرکزی، این احتمال بین ۱۷ تا ۲۰ درصد است.

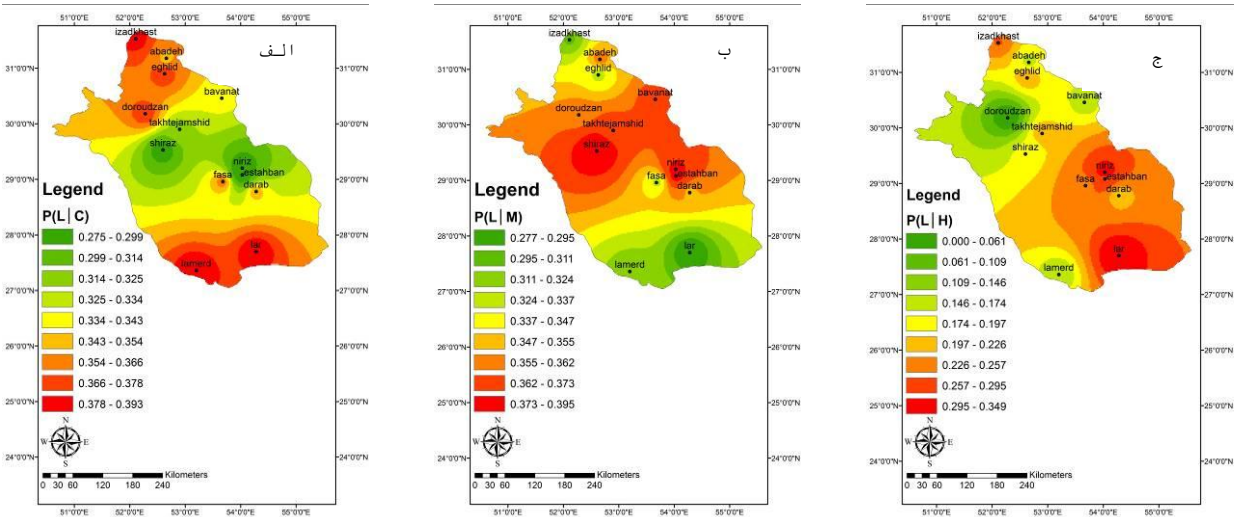
پهنه دوم، روزهای بدون بارش گرم و پربارش سرد بیشتری را تجربه می‌کند. در نهایت، سومین پهنه دارای مقادیر احتمال بیشتری در روزهای بدون بارش ملایم و کم‌بارش سرد و گرم است. نتایج پهنه‌بندی احتمال حالات بارش به شرط حالات دمایی در شکل‌های (۲) تا (۴) ارائه شده است. همان‌طور که قبلاً گفته شد، سه حالت بارش برای منطقه مورد مطالعه تعریف شد: روزهای بدون بارش، روزهای کم‌بارش و روزهای پربارش. برای هر یک از حالت‌های مذکور نیز سه حالت دمایی تعریف شد: روزهای سرد، که بیانگر روزهای زمستانی است، روزهای ملایم که مشخصه روزهای پاییزی و بهاری است و روزهای گرم که بازگوکننده روزهای تابستانی است. در ادامه، به بررسی نتایج پهنه‌بندی هر یک از حالات زیر پرداخته می‌شود:

## ۱. روزهای بدون بارش

با توجه به نقشه پهنه‌بندی روزهای بدون بارش، شکل (۳-الف) پهنه‌بندی احتمال روزهای بدون بارش به‌شرط روزهای سرد را نشان می‌دهد. همان‌طور که در راهنمای این نقشه نیز مشخص است، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای برای مقادیر احتمال در سطح استان مشاهده نمی‌شود، اما به‌طور کلی، می‌توان گفت نیمه شرقی استان روزهای بدون بارش و سرد بیشتری را تجربه می‌کند. همچنین نواحی شمالی و جنوبی استان در مقایسه با دیگر قسمت‌ها دارای احتمال وقوع کمتری در این رویداد است. شکل (۳-ب) روزهای بدون بارش همراه با دمای معتدل را نشان می‌دهد. در این شکل، مناطق جنوبی، شرقی و قسمتی از مناطق شمالی دارای احتمال بیشتر و نواحی غربی، شمال شرق و مرکز دارای احتمال کمتری هستند. شکل (۳-ج) توزیع مکانی روزهای فاقد بارش و گرم را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، بیش از نیمی از مساحت استان دارای احتمال وقوع بیش از ۶۰



شکل (۳): پهنه‌بندی احتمال وقوع روزهای بدون بارش به شرط روزهای سرد (الف)، معتدل (ب) و گرم (ج)

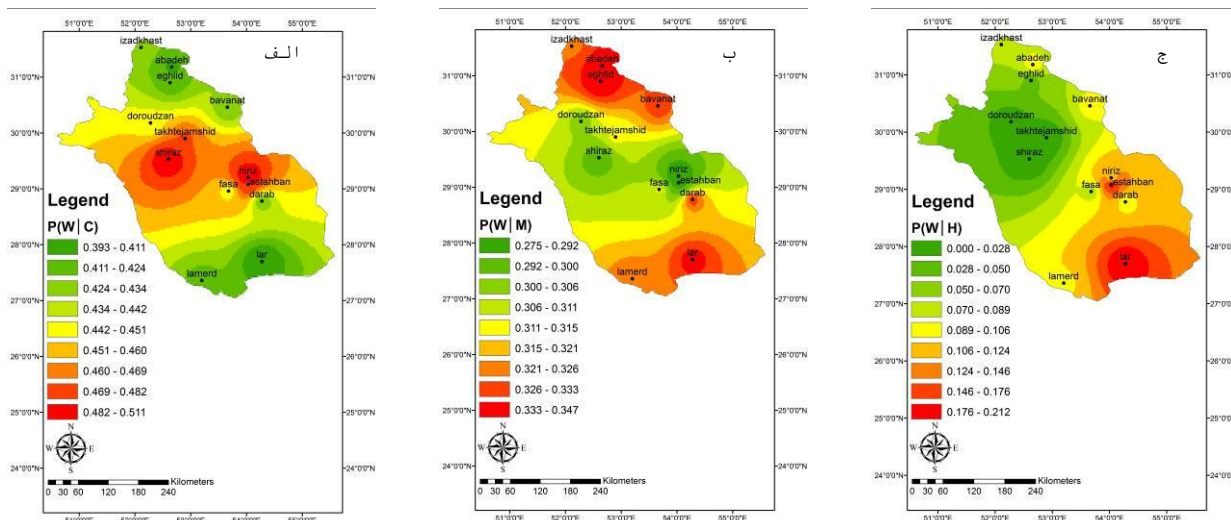


شکل ۴: پهنه‌بندی احتمال وقوع روزهای کم‌بارش به شرط روزهای سرد (الف)، معتدل (ب) و گرم (ج)

### ۳. روزهای پربارش

هرگاه میزان بارش از میانگین درازمدت آن بیشتر باشد، ما یک روز پرباران را تجربه کردیم که مانند حالت‌های قبل، سه وضعیت دمایی، سبب تقسیم‌بندی آن به روزهای پربارش سرد، پربارش ملایم و پربارش گرم شده است (شکل ۵). با توجه به شکل (۵-الف) احتمال بارش زیاد در روزهای سرد در نواحی شمال و جنوب نسبت به سایر قسمت‌های استان کمتر است (۳۹ تا ۴۵ درصد) و این احتمال در مناطق شرقی، مرکزی و غرب بیشتر شده و تا ۵۱ درصد افزایش می‌یابد. شکل (۵-ب) توزیع مکانی احتمال روزهای پربارش و معتدل را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است، برخلاف شکل (۵-الف)، نواحی شرقی، مرکزی و

غرب استان کمترین احتمال (۲۷ تا ۳۱ درصد) و پهنه‌های شمالی و جنوبی با پوشش حدود ۵۰ درصدی مساحت منطقه مورد مطالعه، بیشترین احتمال وقوع (۳۱ تا ۳۵ درصد) را به خود اختصاص دادند. چنان‌که در شکل (۵-ج) مشاهده می‌شود، احتمال وقوع روزهای پرباران به شرط گرم بودن هوا ارائه شده است. با توجه به این شکل، احتمال وقوع بارش زیاد در دمای بالا در سطح استان کم است و بیش از ۷۳ درصد مساحت استان، احتمالی کمتر از ۱۰ درصد دارد. مناطقی از غرب، جنوب غرب و قسمتی از جنوب استان محتمل‌ترین مناطق برای وقوع روزهای پربارش و گرم‌اند که این احتمال از ۱۰ تا ۲۱ درصد نوسان دارد.



شکل (۵): پهنه‌بندی احتمال وقوع روزهای پربارش به شرط روزهای سرد (الف)، معتدل (ب) و گرم (ج)

### بحث و نتیجه گیری

آگاهی از شرایط اقلیمی، همیشه یکی از مباحث مهم اقلیم‌شناسان در بررسی و پیش‌بینی رخداد‌های اقلیمی است تا با پیش‌آگاهی‌های بموقع، در مدیریت بحران نقش بسزایی داشته باشند. پارامترهای اقلیمی از رخداد‌های تصادفی هستند که می‌توان با داشتن اطلاعاتی از گذشته آن‌ها، تخمینی در برآورد و محاسبه احتمال وقوع آن‌ها داشت. بنابراین در این تحقیق، بر آن شدیم تا به بررسی احتمال بارش‌های مختلف به‌شرط حالات مختلف دمایی بپردازیم. با توجه به نتایج پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه، کل استان براساس ویژگی‌های احتمال شرطی ایستگاه‌های مورد مطالعه، به سه پهنه تقسیم‌بندی شد. این پهنه‌بندی بیشتر تحت تأثیر ویژگی‌های توپوگرافیک شکل گرفته است. ناحیه اول ناحیه کوهستانی شمال است که دارای زمستان‌های سرد و معتدل است که میزان بارندگی آن در حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر در سال است. ناحیه دوم شامل ناحیه مرکزی است که در زمستان، آب‌وهوای نسبتاً معتدل توأم با بارندگی و در تابستان، هوایی گرم و خشک دارد. متوسط بارندگی این منطقه ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر است. سومین ناحیه مربوط به منطقه جنوب و جنوب شرقی است که به‌علت کاهش ارتفاع و پهنای جغرافیایی و نحوه استقرار کوه‌ها، میزان بارندگی این ناحیه در فصل زمستان نسبت به دو فصل بهار و پاییز، کمتر است. هوای این ناحیه در زمستان‌ها معتدل و در تابستان‌ها بسیار

گرم و میزان بارندگی سالانه آن ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر است. اداره کل هواشناسی استان فارس (۱۳۹۳) در تقسیم‌بندی‌های اقلیمی خود، استان فارس را در سه پهنه تقسیم‌بندی کرده است که در مقایسه با پهنه‌بندی صورت‌گرفته در این پژوهش همپوشانی بسیار بالایی دارد (اداره کل هواشناسی استان فارس). با بررسی نقشه‌های احتمال وقوع حالت‌های بارش به‌شرط حالت‌های دمایی (نقشه‌های نه‌گانه) موارد زیر را می‌توان یادآور شد:

با بررسی احتمال وقوع روزهای بدون بارش، دریافتیم که در فصل سرد این احتمال کمتر از فصل معتدل و فصل معتدل کمتر از فصل گرم است. این بدین معنی است که احتمال عدم وقوع بارش در تابستان، بیشتر از فصول انتقالی بهار و پاییز است و فصل زمستان کمترین احتمال را دارد. با توجه به اینکه رژیم بارشی ایران غالباً مدیترانه‌ای است و بیشترین بارش در فصول سرد اتفاق می‌افتد، استقرار پرفشارهای حرارتی در برخی مکان‌ها سبب کاهش بارش یا عدم بارش در فصول سرد می‌شود. علیجانی (۱۹۹۳)، کاویانی و مسعودیان (۲۰۰۸)، حسینی (۲۰۱۰) و عساکره و همکاران (۲۰۱۴-b) در مطالعات خود به این موضوع اشاره کرده‌اند. از طرف دیگر، نقش ارتفاعات در پهنه‌های کوهستانی، امکان ریزش‌های اوروگرافیک را میسر می‌سازد. به‌عبارت دیگر، برخورد توده‌های هوای غربی زمستانه با مناطق کوهستانی، موجب تکوین بارش پرمقدار می‌شود.



بالا مساعدتر باشد، اثر ناپایداری حرارتی سطح زمین تشدید و موجب ریزش جوی می‌شود. سلیقه (۲۰۰۲) و کاویانی و علیجانی (۲۰۰۰) در تحقیقات خود، به این موضوع اشاره کرده‌اند. داشتن دانش و آگاهی از احتمال وقوع پدیده‌های جوی، به‌خصوص بارش و دما از اهمیت خاصی برخوردار است. با داشتن این اطلاعات می‌توان در مدیریت رخدادهایی مانند زمان کاشت و برداشت محصولات کشاورزی، پیشگیری سیل، مدیریت منابع آب و... که تحت‌تأثیر دما و بارش هستند، برنامه‌ریزی بهتری داشت.

کاویانی و مسعودیان (۲۰۰۸) معتقدند زمانی که از یک سو، پرفشار سیبری و از سوی دیگر فرود دریای سرخ گسترش یابد، صعود هوای گرم و مرطوب زمینه‌چرخندزایی عمیق، ناپایداری و ریزش‌های جوی را مهیا می‌سازد. اگرچه میزان بارش در فصول گرم به‌شدت کاهش می‌یابد، با بررسی اجمالی احتمال روزهای پربارش در فصول گرم، دریافتیم که این احتمال در نواحی جنوبی استان بیش از سایر مناطق است. این بخش‌ها در فصل گرم خارج از استیلای پرفشار جنب حاره است و سامانه‌های موسمی موجب ریزش فصل گرم می‌شوند. در این شرایط، وقتی جو

### منابع

1. Akan, A. O. Houghtalen, R. J., 2003. *Urban Hydrology, Hydraulics, and Storm Water Quality*, John Wily & snos.Inc., U.S.A.
2. Alijani, B., 1993. *Mechanism of rain rising in Iran*, Persian language and literature 1, 85-101.
3. Asakereh, H., Sayadi, F., 2014. Investigation of Markov chain in forecasting and zoning of dry days, *Quarterly geography and environment hazards* 10, 37-53.
4. Asakereh, H., Ashrafi, S., Tarkarani, F., 2014-a. The relationship between precipitation status and daily temperature status in Iran. *Geography and development*. 36, 81-93.
5. Asakereh, H., Tarkarani, F., Ashrafi, S., 2014-b. Zoning of probability of precipitation status under the condition temperature status in Iran. *Quarterly geographical research*. 113, 73-86.
6. Chulsang Yoo, Jinwook Lee, and Yonghun Ro, 2016, Markov Chain Decomposition of Monthly Rainfall into Daily Rainfall: Evaluation of Climate Change Impact, *Advances in Meteorology*, <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7957490>
7. Fawcett, L., Walshaw, D., 2006. Markov chain models for extreme wind speeds, *Environment risks*, DOI: 10.1002/env.794
8. Grimmett, G., Strizaker, D., 2001. *Prpbability and Random processes*, Oxford University press. UK.
9. Hanafi, A., Khoshakhlagh, F., Soltani, M., 2012. Analyzing the droughts of Tehran province using SPI and forecasting it by the Markov chain model. *Quarterly geography and environmental sustainability*. 3, 87-100.
10. Hosseini, S. M., 2010. Identification of meteorological conditions along with heavy precipitation in Caspian area. M. Sc. Thesis, University of Esfahan,
11. Kaviani, M. R., Alijani, B., 2000, *Principle of climatology*, Samt press, Tehran, Iran.
12. Kaviani, M. R., Masoudian, S. A., 2008. *Climatology of Iran*, Esfahan University press, Esfahan, Iran.
13. Kay, S. M., 2006. *Intuitive probability and random processes using MATLAB*. Springer, U.S.A.
14. Mahavarpour, Z., 2015. The analyzing occurrences daily precipitation probability in Iran and forecast by using Markov chain model. *Quarterly geographical research*. 115, 229-240.
15. Meteorological organization of Iran, 2014. *Analysis of whether conditions in Fars synoptic stations*.
16. Mieruch, S., Noel, S., Bovensmann, H., Burrows, J., Freund, J., 2010, Markov chain analysis of regional climates, *Nonlinear Processes in Geophysics*, 17, 651-661.
17. Raziie, T., Shokouhi, A. R., Saghafian, B. 2004. Prediction of intensity, duration and frequency of drought using time series (Case study: Sistan and Blouchestan Province), *Desert*. 8: 292-310.
18. Saligheh, M., 2002. New theory of Monsoon weather, *Geography and development*. 16, 221-235.
19. Soong, T. T., 2004. *Fundamental of probability and statictics for engineers*. John Wiley & Sons Ltd, England.

20. Vafakhah, M., Bashari, M. 2012. Probability study of hydrological drought and wet period's occurrence using Markov chain in Kashafrood watershed, *Quarterly watershed management researches*. 94, 1-9.
21. Yilmaz, M. Tugrul, Timothy DelSole, 2010, Predictability of Seasonal Precipitation Using Joint Probabilities, *J. Hydrometeor*, 1,533-541.

## Determination of Relationship between Probability of Precipitation and Temperature Status and Provide their Zoning Map in Fars Province

Amir Hossein Parsamehr<sup>1\*</sup>, Hamid Sodaeizadeh<sup>2</sup>, Zahra Khosravani<sup>3</sup>, Mehdi Biniaz<sup>4</sup>

Received: 9/8/2016

Accepted: 20/12/2016

### Abstract

The aim of this study is determination of probability of occurring precipitation status under the condition temperature status and. zoning map preparation. For this purpose, the daily temperature and precipitation data from 13 synoptic stations were used in Fars province which includes at least the period of 20 years. At first were determined different scenarios of temperature and precipitation. In the next step, daily common frequency of temperature and precipitation events were counted and presented in matrix. In the following, common probability matrix of temperature-precipitation events was calculated. Finally, probability of precipitation under the condition temperature status was calculated for each station. Then 9 probability characteristics of 13 stations were analyzed clusterly based on partial Euclidean distance indicator by wards method and their dendrogram were plotted. In the final step, zoning and probability maps was prepared using GIS software. The results showed that based on conditional probability characteristics, study area are divided in to three zones. Also, average results of probability of precipitation under the condition temperature status indicate high chance of days without precipitation and warm than other modes. In all three study zones, the days with high precipitation and low temperature are in second degree of chance. The minimum chance of occurrence, related to days with heavy rain and warm.

**Keywords:** Conditional Probability, Fars Province, Zoning, Cluster Analysis.

1. Instructor of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Fasa University  
Email: parsamehr@fasau.ac.ir

2. Associate Professor of dry and desert Regions Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University

3. Ph. D Student of De-desertification, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University

4. Instructor of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Hormazgan University