

## Application of geostatistical methods in determination of depth-area-duration rainfall curves (Lorestan province)

Iraj Vayskarami<sup>1\*</sup>, Payamani Kianfar<sup>2</sup>, Maram Sadat Jafarzadeh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Academic Staff, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center of Lorestan Province, Khorramabad, Iran

<sup>2</sup>Academic Staff, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center of Lorestan Province, Khorramabad, Iran

<sup>3</sup>Ph.D. Graduated Student, Department of Watershed Management, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

### Abstract

#### Introduction

One of the main goals of spatial analysis of precipitation at area is to reach the standard project storm (SPS) for that area, through which can be reached the standard project flood (SPF). This analysis includes the characteristics of rainfall depth at a certain area and for a specific duration. Relation between depth and rainfall area which called depth-area-duration (DAD), is shown usually by set of curves that each shows different duration of rainfall. Using these curves, a reduction factor is determined for specific area and is applied to adjust the average point rainfall related to frequency of this project. The present study carried out under topic of investigation and map of depth- area- duration in Lorestan, in an area over 28559/5 Km<sup>2</sup> in west part of country.

#### Materials and Methods

Weak coefficient of correlation is shown meaningfulness of the relation between rainfall and altitude in different time base. this is resulted from different reasons such as extension of area, lack of transmittal and number of suitable weather stations and different extension and tension of mountain than rain flow. Considering above points cause those other methods of drawing precipitation maps include interpolation or geostatistical methods including, spline, IDW, kriging and Co-kriging were used.

#### Results and Discussion

Weak coefficient of correlation is shown meaningfulness of the relation between rainfall and altitude in different time base. this is resulted from different reasons such as extension of area, lack of transmittal and number of suitable weather stations and different extension and tension of mountain than rain flow. Considering above points cause those other methods of drawing precipitation maps include interpolation or geostatistical methods including, spline, IDW, kriging and Co-kriging were used.

#### Conclusion

The results show that to preparing precipitation maps of selecting storms, simple co- kriging (SCK) is a suitable method to calculate the amount of rainfall of selecting storms in lorestan province. So the above way is used for preparing precipitation maps. Resulted from investigation of surface reduction factor of rain fall shows that in time duration 12 and 48 hrs with the increase of each 5000 km<sup>2</sup> surface reduction factor reduces for 0.1 in 24 hrs duration within 18000 Km<sup>2</sup>. This coefficient has a slow decreasing trend and then that is similar to 12 and 48 hrs rainfalls. Assessing the daily rainfall statistics of some of rain gauge stations in somewhere of the province by the Meteorological Organization and the Ministry of Energy, shows that sometimes there is a significant difference between the perception rates recorded by these organizations. Therefore, in order to eliminate the existing defects, it is suggested that the stations occupied by these organizations and their monitoring status be periodically evaluated by the experts of the relevant organizations and possible defects be prevented.

**Keywords:** DAD, Depth, Rainfall, Reduction Factor.

**Article Type:** Applied Article

\*Corresponding Author, E-mail: irvayskarami@yahoo.com

**Citation:** Vayskarami, I., Kianfar, P., Jafarzadeh, M.S. (2022). Application of geostatistical methods in determination of depth-area-duration rainfall curves (Lorestan province). *Water and Soil Management and Modeling*, 2(3), 17-26.

DOI: 10.22098/mmws.2022.9843.1067

DOR: 20.1001.1.27832546.1401.2.3.2.1

Received: 16 November 2021, Received in revised form: 21 December 2021, Accepted: 23 December 2021, Published online: 27 May 2022

*Water and Soil Management and Modeling*, Year 2022, Vol. 2, No. 3, pp. 17-26

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





## کاربرد روش های زمین آمار در تعیین منحنی های عمق - مدت - مساحت بارندگی (استان لرستان)

ایرج ویس کرمی<sup>۱\*</sup>، کیانفر پیامنی<sup>۲</sup>، مریم سادات جعفرزاده<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> هیئت علمی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، خرم آباد، ایران  
<sup>۲</sup> هیئت علمی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، خرم آباد، ایران  
<sup>۳</sup> دانش آموخته دکنتر، گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

### چکیده

یکی از عمده ترین اهداف تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی بارش در یک مکان رسیدن به منحنی های رگبار پروژه استاندارد برای آن ناحیه و سپس سیل پروژه استاندارد است که این تجزیه و تحلیل شامل ویژگی های ارتفاع بارش در یک سطح معین و برای مدت زمان خاص است. روابط بین عمق و سطح بارش معمولاً توسط دسته ای از منحنی های عمق - مساحت - زمان تداوم (DAD) که هر کدام نشان دهنده تداوم زمانی مختلف بارش است نشان داده می شوند. با استفاده از این منحنی ها یک عامل کاهش برای سطح مشخصی تعیین و برای تعدیل متوسط بارش نقطه ای مرتبط با فراوانی طرح مورد نظر به کار می رود. در بررسی های به عمل آمده در استان لرستان مشخص گردید میزان بارش در منطقه، تنها تابع ارتفاع نیست، بلکه از نظر مکانی نیز بارندگی پیچیدگی خاص خود را دارد که این مسئله نتیجه گستردگی و امتداد متفاوت ناهمواری های کوهستانی نسبت به جریان های باران زا است. این موضوع باعث می شود رگبارهای فراگیر با تداوم زمانی کمتر از ۱۲ ساعت در بررسی سطح بارش مشاهده نشوند. بنابراین، در پژوهش حاضر رگبارها در سه پایه زمانی ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعته مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت تهیه نقشه هم باران رگبارهای انتخابی از روش های زمین آماری استفاده شد. در بررسی به عمل آمده روش های زمین آماری شامل اسپلاین، نسبت عکس فاصله، کریجینگ و کوکریجینگ استفاده شد. نتایج حاصله بیانگر آن بود که روش کوکریجینگ ساده روشی مناسب برای برآورد میزان بارش در رگبارهای انتخابی در سطح استان لرستان است. لذا، از روش فوق برای تهیه نقشه های هم باران استفاده شد. نتایج حاصل از بررسی فاکتور کاهش سطحی بارندگی بیانگر آن است که در پایه زمانی ۱۲ و ۴۸ ساعته با افزایش هر ۵۰۰۰ کیلومتر مربع، ۰/۱ از فاکتور کاهش سطحی کاسته می گردد. در پایه زمانی ۲۴ ساعته تا شعاع ۱۸۰۰۰ کیلومتر مربع روند کاهش این ضریب کند بوده و از آن به بعد مشابه بارندگی های ۱۲ و ۴۸ ساعته هست. بررسی مقادیر آمار بارندگی روزانه تعدادی از ایستگاه های باران سنجی که در بعضی مناطق استان توسط سازمان هواشناسی و وزارت نیرو نگهداری می شوند، نشان می دهد که بعضاً تفاوت چشمگیری بین مقادیر بارندگی ثبت شده توسط این دو سازمان وجود دارد. لذا، پیشنهاد می گردد وضعیت دیده بانی ایستگاه ها بصورت دوره ای، توسط کارشناسان مورد ارزیابی قرار گیرند.

واژه های کلیدی: بارش، رگبار، عمق، مدت مساحت

### نوع مقاله: کاربردی

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: irvayskarami@yahoo.com

استناد: ویس کرمی، ا.، پیامنی، ک.، و جعفرزاده، م.س. (۱۴۰۱). کاربرد روش های زمین آمار در تعیین منحنی های عمق - مدت - مساحت بارندگی (استان لرستان). *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲(۳)، ۱۷-۲۶.

DOI: 10.22098/mmws.2022.9843.1067

DOR: 20.1001.1.27832546.1401.2.3.2.1

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۵، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۹/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۲، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۳/۰۶

مدل سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۱، دوره ۲، شماره ۳، صفحه ۱۷ تا ۲۶

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی

© نویسندگان



## ۱- مقدمه

در نظر گرفتن هرگونه شیوه و رویکرد محاسباتی و مدل‌سازی برای پدیده‌ها و فرآیندهای محیطی، بدون شناخت مشخصه و ویژگی تغییرپذیری، در عمل غیرممکن و بدون وجهه علمی و معرفت‌شناسی است (Mohammadi, 2010). میزان بارندگی در مناطق مختلف و یا سطح آب‌های زیرزمینی مشخصه‌هایی هستند که با مکان و زمان تغییر می‌کنند و نوعی از داده‌های زمانی-مکانی هستند. مهم‌ترین ویژگی این نوع داده‌ها، همبستگی آن‌ها است که از یک طرف کار تحلیل آن‌ها را مشکل می‌کند و از طرف دیگر سبب افزایش دقت تحلیل آن‌ها می‌شود (Sadeghiyan et al., 2013). در سالیان اخیر در زمینه پیش‌گویی زمانی-مکانی بارش و یا عوامل دیگر پژوهش‌هایی انجام شده است. Goovaerts (1999) در پژوهش خود در منطقه آگارا در پرتغال، نشان داد که روش‌هایی از زمین‌آمار، مانند کریجینگ با روند خارجی و کوکریجینگ با متغیر کمکی ارتفاع نسبت به دیگر روش‌های زمین‌آمار، مانند کریجینگ ساده و عکس مجذور فاصله که تنها داده‌های بارندگی را در محاسبات خود دخالت می‌دهند، عملکرد بهتری را در تخمین دارند. (Buytaert et al., 2006) در پژوهشی الگوهای زمانی و مکانی بارش را برای داده‌های ۱۴ ایستگاه باران‌سنجی در غرب رشته کوه آند اکوادور بررسی نمودند. اما در عمل تنها تغییرات مکانی آن را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و به‌طور توأم تغییرات زمانی - مکانی بارش را تحلیل نمودند. Chu et al. (2010) توزیع زمانی - مکانی بارش در تعدادی از حوضه‌های رودخانه‌ای چین را، مورد توجه قرار دادند. ایشان با تهیه نقشه توزیع بارش چگونگی روند تغییرات بارش را بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که مقادیر بارش سالانه و فصلی و تغییرات روند در مناطق و فصول مختلف، متفاوت است. Mutua and Kuria (2012) در مطالعه خود، چهار روش متفاوت درون‌یابی بارش برای حوضه نیاندو در کنیا را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. Asakereh (2007) تغییرات زمانی - مکانی بارش ایران را برای حدود ۳۰۰ ایستگاه با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و آمار کلاسیک مورد تحلیل قرار داد و ضمن تهیه نقشه هم‌باران کشور بر اساس کریجینگ، نواحی که طی دوره آماری متحمل تغییر شده‌اند را مشخص کرد. در این پژوهش تنها چگونگی تغییرات بارش در سطح کشور مورد بررسی قرار گرفته است و هیچ‌گونه مدل‌سازی، برای تغییرات زمانی-مکانی بارندگی در کشور انجام نشده است. (Mozaffari et al., 2012) با دو روش کریجینگ ساده و معمولی، برآورد بارش سالانه با استفاده از آمار ۱۱ ساله داده‌های بارش ۵۷ ایستگاه باران‌سنجی استان بوشهر، را مورد ارزیابی قرار داده و تحلیل مکانی داده‌ها را با نیم تغییر نگار انجام دادند. در این مطالعات، پژوهشگران تنها به پیشگویی بارش در بعد

مکان پرداخته و بعد زمان را در تحلیل‌ها به کار نبرده‌اند. اصولاً مطالعات هیدرولوژی جهت دستیابی به اهدافی از قبیل شناخت پاسخ هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز، برآورد بیلان آب در نواحی مختلف، تشکیل، روندیابی، پیش‌بینی و برآورد سیلاب‌ها، مسائل و مشکلات شبکه‌های آب‌رسانی و آبیاری، مسائل فرسایش و رسوب و دیگر موارد مشابه صورت می‌پذیرد. با توجه به مسائل فوق ایجاد رابطه بین بارش و رواناب از جنبه‌های مهم تحلیل‌های کمی هیدرولوژیکی است. مجموعه‌ای از ویژگی‌های مربوط به بارش جهت این تحلیل‌ها لازم و ضروری به‌نظر می‌رسند. به‌طور کلی این ویژگی‌ها شامل ارتفاع بارش در یک سطح معین و برای مدت‌زمان خاص هستند. تغییرات عمق باران در یک رگبار استاندارد پروژه<sup>۱</sup> به این صورت است که مقدار باران به سمت حاشیه به‌طور فراوانی کم می‌شود؛ به‌طوری که در حاشیه مقدار دریافت باران کمتر از میانگین است. از آنجایی که در اندازه‌گیری ویژگی‌های مذکور همواره محدودیت‌هایی وجود دارد؛ بنابراین، با انجام تحلیل بر روی داده‌های محدود این ویژگی‌های به‌صورت روابط و منحنی‌هایی بیان می‌شوند که منحنی‌های عمق-مساحت-زمان تداوم نامیده می‌شوند (Ng et al., 2019). روابط بین عمق و سطح بارش معمولاً توسط دسته‌ای از منحنی‌ها که هرکدام نشان‌دهنده تداوم زمانی مختلف بارش است نشان داده می‌شوند. با استفاده از این منحنی‌ها یک عامل کاهش برای سطح مشخصی تعیین و برای تعدیل متوسط بارش نقطه‌ای مرتبط با فراوانی طرح مورد نظر به‌کار می‌رود. تحلیل روابط عمق-سطح-تداوم بارش یکی از ابزارهای بررسی تغییرات مکانی بارش و کاربرد در محاسبات و تحلیل سیل است (Telluri, 2003). به‌طورکلی دستورالعمل عمق بارش بعداً به‌عنوان ورودی مدل‌های گوناگون یا روابط محاسبه رواناب استفاده می‌گردد (Hereshfield, 1961). توزیع مکانی بارندگی از مهم‌ترین پارامترهای مرتبط با برآورد حجم رواناب یک رگبار است. تعیین چگونگی توزیع مکانی رگبارها نیاز به یک شبکه متراکم باران‌سنجی دارد. به دلیل اهمیت و نقش تعیین‌کننده هزینه نصب یک شبکه باران‌سنج و در دسترس بودن محل آن‌ها، در کشور ما توزیع شبکه باران‌سنجی و باران‌نگاری دارای آمار طولانی‌مدت به‌خصوص در نواحی کوهستانی و صعب‌العبور، با استانداردهای موجود فاصله زیادی دارد. به‌هرحال تهیه منحنی‌های عمق-مساحت-زمان تداوم روشی است که امروزه جهت تعدیل مشکلات فوق به‌کار گرفته می‌شود. منظور از تجزیه و تحلیل عمق-سطح-مدت بارش برای یک رگبار، تعیین مقدار بارندگی در تداوم‌های معین در سطح مختلف از یک منطقه است

<sup>1</sup> Standard Project Storm

ایستگاه‌های باران‌سنجی در پایه‌های زمانی مختلف رگبارها انتخاب گردیدند.

### ۲-۳- انتخاب رگبارهای فراگیر

در این تحقیق رگبار فراگیر به رگباری اطلاق می‌شود که در بیشترین ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه مورد مطالعه به ثبت رسیده باشد. بنابراین، تمامی رگبارهای انتخابی در جداولی تنظیم و مورد بررسی گرفتند و مشاهده شد که فقط در پایه‌های زمانی ۱۲-۲۴ و ۴۸ ساعته می‌توان به رگبارهای فراگیری دست یافت که تقریباً تمامی مساحت استان را تحت پوشش قرار می‌دهند. قدم بعدی انتخاب رگبارهای حداکثر در بین رگبارهای فراگیر بود.

### ۲-۴- انتخاب رگبارهای فراگیر حداکثر

یکی از عمده‌ترین اهداف تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی بارش در یک نقطه رسیدن به منحنی‌های رگبار پروژه استاندارد برای آن ناحیه است که از این طریق می‌توان به سیل پروژه استاندارد<sup>۲</sup> دست یافت. بر این اساس سعی شد تا رگبارهای حداکثر و فراگیر انتخاب گردند؛ به این منظور رگبارهای فراگیر انتخابی در پایه‌های زمانی مختلف به صورت صعودی مرتب و در یک نمودار به نمایش درآمدند که در بین آن‌ها رگباری که در کانون بیشترین میزان بارندگی و بیشترین تعداد ایستگاه آن را به ثبت رسانده بودند، به‌عنوان رگبار فراگیر حداکثر انتخاب گردید (شکل ۲).

### ۲-۵- انتخاب روش میان‌یابی مناسب

معمولاً بعضی از پدیده‌ها یا متغیرها نظیر بارندگی، دما، آلودگی خاک و ارتفاع در نقاط معین و محدودی اندازه‌گیری می‌شوند و برای برآورد مقادیر نقاط اندازه‌گیری نشده (نقاط نامعلوم) و تهیه سطح پیوسته‌ای از متغیر مورد نظر (نقشه) باید از روش‌های درون‌یابی استفاده شود. در روش‌های درون‌یابی برای برآورد مقادیر نقاط نامعلوم یا برآورد سطح پیوسته‌ای از متغیر مورد نظر (نقشه) از مقادیر نقاط مشاهده‌ای (اندازه‌گیری شده) بهره‌گیری می‌شود. بارندگی‌ها در ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری می‌شوند و این ایستگاه‌ها به‌عنوان نقاط مشاهده‌ای محسوب می‌شوند. روش‌های درون‌یابی را می‌توان در دو دسته قطعی و تصادفی (آماری) قرار داد. در روش‌های قطعی از معادلات ریاضی برای درون‌یابی داده‌ها (برآورد مقادیر نقاط نامعلوم) استفاده شده و فاقد جزء تصادفی و احتمالاتی هستند. روش‌های یاد شده سطوح پیوسته‌ای از متغیر مورد مطالعه ایجاد می‌کنند که یا بر میزان

(Mirbagheri, 1998). تهیه منحنی‌های DAD<sup>۱</sup> در ایران در قالب طرح تحقیقاتی ملی در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری تنظیم و به‌صورت طرح‌هایی به استان‌های مختلف کشور ابلاغ گردید. تحقیق حاضر تحت عنوان بررسی و ترسیم منحنی‌های عمق-مساحت-زمان تداوم در استان لرستان به اجرا درآمده است.

### ۲- مواد و روش‌ها

#### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با مساحتی بالغ بر ۲۸۵۵۹/۵ کیلومترمربع در غرب ایران واقع شده است (شکل ۱). رشته کوه‌های استان بیشتر با جهت شمال‌غرب به جنوب‌شرق و تا حدودی به‌صورت موازی با یکدیگر امتداد یافته‌اند. این کوه‌ها که در بخش‌های شمال غربی، مرکزی و جنوب شرقی واقع شده‌اند نزدیک به ۸۵ درصد استان را فرا گرفته‌اند. ارتفاع متوسط کوه‌های موجود در استان بیش از ۱۷۰۰ متر است. میانگین بلندمدت بارش سالانه بر اساس ایستگاه‌های موجود (سینوپتیک، اقلیمی، باران‌سنجی) ۵۲۰ میلی‌متر است که به‌طور کلی در این استان از نظر توزیع مکانی بارش سالانه، چهار منطقه قابل تفکیک و شناسایی است (Lashni Zand, 2006).

۱- منطقه جنوبی و قسمت محدودی از شمال (ارتفاعات گرین): بیشترین بارش کل منطقه در این محدوده فرو می‌ریزد (۷۵۰ تا ۹۵۰ میلی‌متر)

۲- منطقه شرقی که از نظر میزان بارش در رده دوم جای می‌گیرد (۶۰۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر)

۳- کمربند میانی که میزان بارش در این محدوده حالت حد وسط دارد (۵۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر)

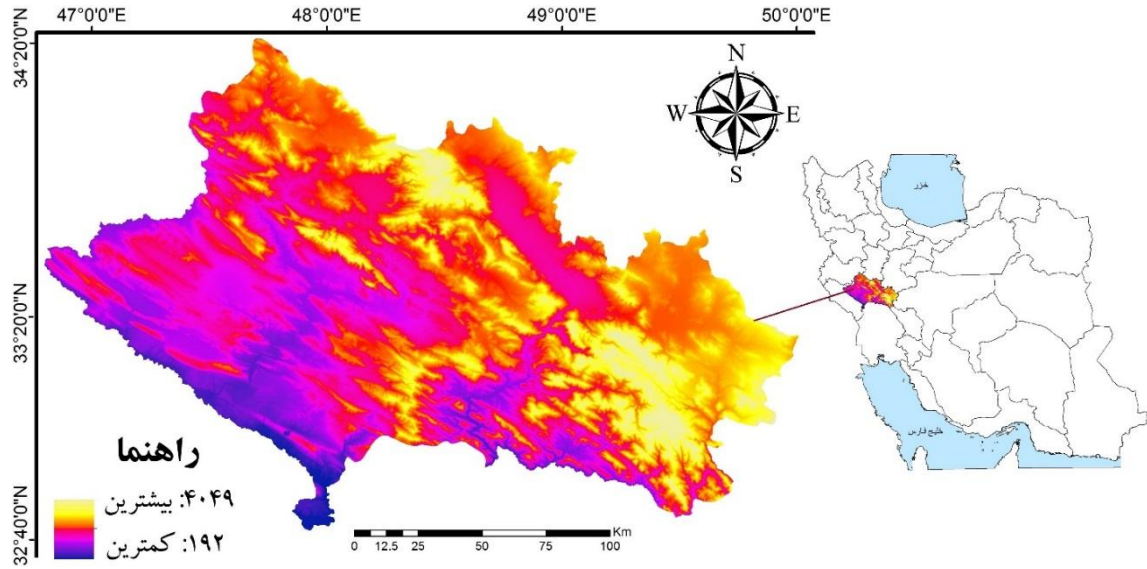
۴- منطقه غرب، شمال غرب و شمال شرق که کمترین میزان بارش استان را دارند (۳۵۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر).

#### ۲-۲- انتخاب رگبارها

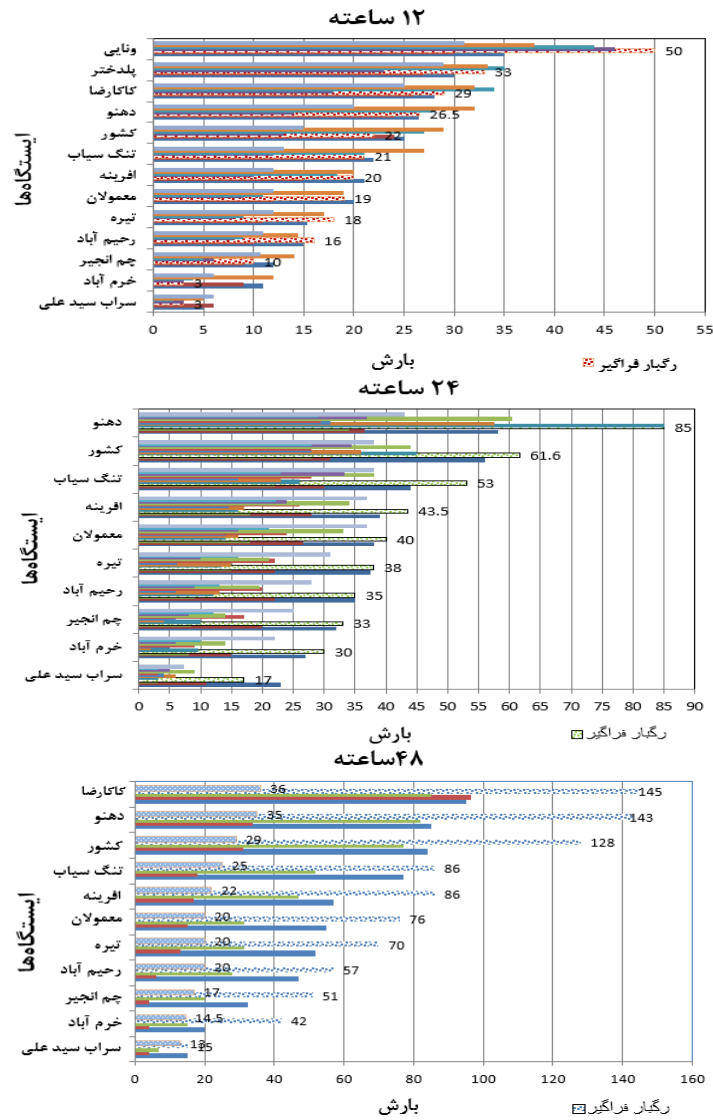
از آنجایی که که طرح الگوی زمانی بارش در استان لرستان در حال اجرا بود؛ بنابراین، سعی گردید تا هماهنگ با طرح مذکور داده‌های مورد نیاز طرح تهیه و مورد بررسی قرار گیرند. بر این اساس کلیه رگبارهای استخراج شده در پایه‌های زمانی مختلف جهت طرح الگوی زمانی بارش مورد توجه قرار گرفتند. با توجه به محدود بودن تعداد ایستگاه‌های ثابت، به‌خصوص در نیمه غربی استان، استفاده از آمار باران‌سنج‌ها امری اجتناب‌ناپذیر بوده و با استفاده از تطابق زمانی رگبارها در ایستگاه‌های ثابت و

<sup>2</sup> Standard Project Flood

<sup>1</sup> Depth- Area- Duration



شکل ۱- موقعیت استان لرستان، ایران  
Figure 1- Location of Lorestan Province, Iran



شکل ۲- بارش‌های فراگیر در پایه‌های زمانی مختلف  
Figure 2 - widespread precipitation in different durations

ارتفاع است رسم منحنی‌های هم‌باران از دقت بیشتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردارند. بنابراین، در تحقیق حاضر که در استان لرستان و با شرایط کوهستانی صورت می‌گرفت روش منحنی‌های هم‌باران مورد توجه قرار گرفت. روش معمول در رسم منحنی‌های هم‌باران برقراری رابطه بین بارندگی و ارتفاع است، اما به دلایل متفاوتی از جمله گستردگی منطقه، عدم پراکنش و تعداد نامناسب ایستگاه‌های هواشناسی و گستردگی و امتداد متفاوت کوهستان‌ها نسبت به جریان‌های باران‌زا سبب می‌گردد تا این روش نتایج قابل قبولی را ارائه نماید. توجه به موارد فوق سبب گردید تا روش‌های دیگر ترسیم نقشه‌های هم‌باران شامل روش‌های میان‌بایی و زمین‌آمار مورد استفاده قرار گیرد که در بین روش‌های ذکرشده روش کوکریجینگ ساده نتایج بهتری به دست داد. (شکل ۳).

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- روابط عمق-سطح-تداوم

بعد از تهیه نقشه سطوح هم‌بارش اقدام به استخراج روابط عمق-سطح-تداوم بارش گردید. از آنجایی که نقشه‌ها در پایه‌های زمانی ۱۲-۲۴-۴۸ ساعته تهیه گردیدند. بنابراین، در این مرحله اقدام به رابطه بین عمق و سطح بارندگی برای هر پایه زمانی گردید. برای این منظور ابتدا مساحت تجمعی سطوح هم‌بارش محاسبه و اقدام به برقراری رابطه بارش و مساحت گردید (شکل ۴). همان‌طور که مشاهده می‌شود در پایه‌های زمانی ۱۲ و ۲۴ ساعته روابط کاهش بارندگی با افزایش سطح به‌صورت نمایی و در پایه زمانی ۴۸ ساعته به‌صورت خطی است.

#### ۳-۲- استخراج فاکتور کاهش سطحی

در یک بارش فراگیر مرکز رگبار مکانی است که ماکزیمم مقدار بارندگی در آن به ثبت رسیده باشد. بدیهی است با افزایش سطح بارندگی از میزان بارندگی کاسته می‌گردد. به‌منظور بررسی میزان این کاهش از فاکتور کاهش سطح بارش استفاده می‌گردد. این فاکتور عموماً بین یک و صفر تغییر می‌کند. این فاکتور با تقسیم کردن مقادیر بارش در باندهای هم‌باران نسبت به مرکز رگبار در هر واقعه فراگیر به دست می‌آید (شکل ۵).

#### ۴- نتیجه‌گیری

در بررسی‌های به عمل آمده مشخص گردید میزان بارش در منطقه، تنها تابع ارتفاع نیست، بلکه از نظر مکانی بارندگی پیچیدگی خاص خود را دارد که این مسأله نتیجه گستردگی و امتداد متفاوت کوهستان‌ها نسبت به جریان‌های باران‌زا است. این موضوع باعث گردیده تا در پایه‌های زمانی کمتر از ۱۲ ساعت رگبارهای فراگیر مشاهده نگردد.

شبهات نقاط مشاهده‌ای (نظیر روش میانگین متحرک وزنی) یا بر درجه پیرایش (نظیر روش‌های توابع با مبنای شعاعی) متکی هستند. در روش‌های تصادفی از تئوری احتمالات و تصادفی بودن در برآورد و درون‌یابی داده‌ها استفاده می‌شود. این روش‌ها بر خصوصیات آماری مقادیر نقاط مشاهده‌ای متکی هستند. از روش‌های قطعی می‌توان به روش‌های اسپلاین، توابع با مبنای شعاعی و میانگین متحرک وزن‌دار و از روش‌های تصادفی به روش‌های رگرسیونی و زمین‌آمار اشاره کرد. کلاً روش‌های درون‌یابی بسته به نوع متغیر، تعداد و پراکنش داده‌ها و شرایط منطقه مورد مطالعه دقت متفاوتی دارند و باید قبل از اقدام به درون‌یابی و تهیه نقشه، مناسبترین روش انتخاب شود. در این تحقیق از سه روش کلی موجود در نرم افزار ArcGis استفاده شده است که در زیر به‌طور خلاصه مبنای این روش‌ها تشریح شده است.

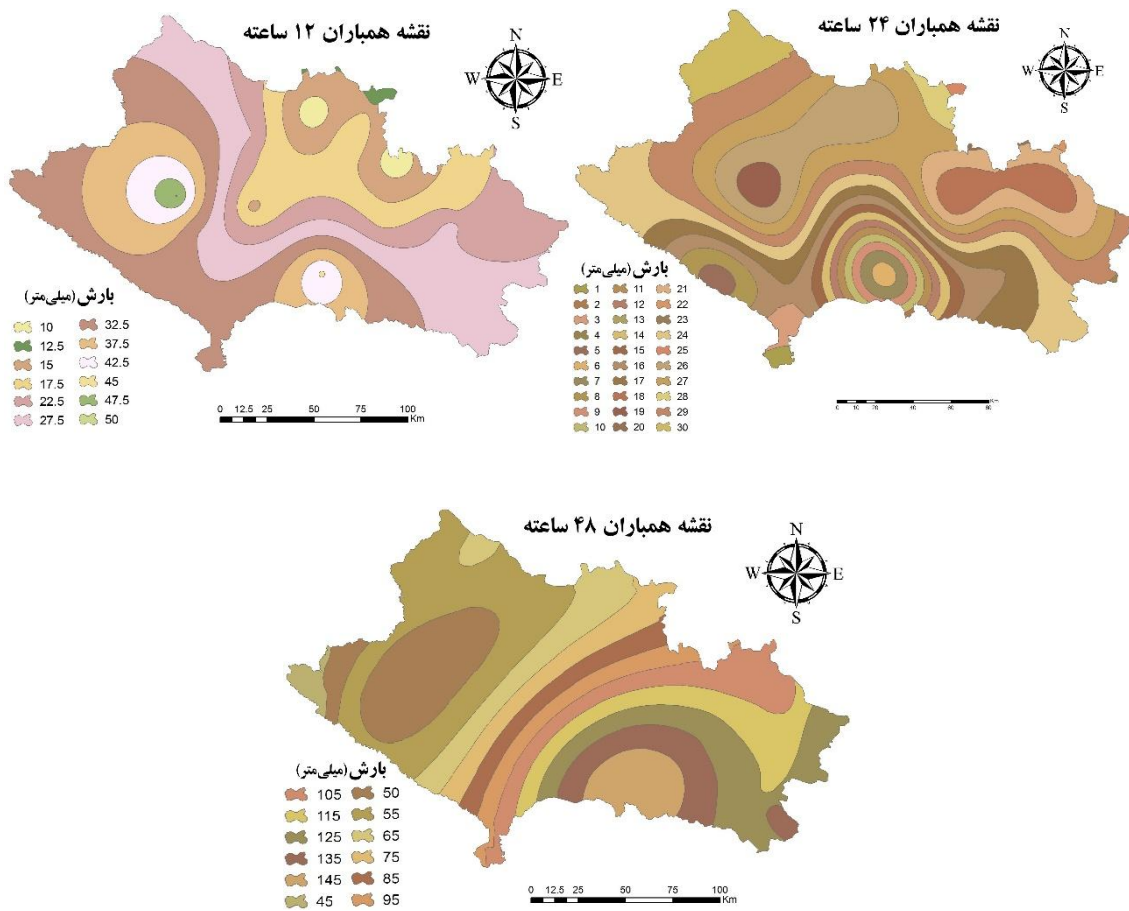
- توابع با مبنای شعاعی
- روش میانگین متحرک وزن‌دار
- روش‌های زمین‌آمار

#### ۲-۵-۱- ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی

روش‌های استفاده شده در این تحقیق بر اساس معیارهای RMSE در ستون آخر رتبه‌بندی شده‌اند. بر این اساس در تمامی پایه‌های زمانی روش کوکریجینگ ساده رتبه یک را به خود اختصاص داد. در پایه زمانی ۱۲ ساعته روش‌های عکس فاصله با توان یک و اسپلاین کاملاً منظم شده به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند در پایه زمانی ۲۴ ساعته کوکریجینگ معمولی و عکس فاصله با توان سه به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند و در پایه زمانی ۴۸ ساعته کوکریجینگ ساده کوکریجینگ معمولی به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. بررسی جدول ۱ نیز نشان می‌دهد که روش اسپلاین صفحه نازک کمترین کارایی را در این تحقیق دارند. در یک جمع‌بندی می‌توان گفت روش SCK روشی مناسب برای برآورد میزان باران در رگبارهای انتخابی در سطح استان لرستان است. لذا، از روش فوق برای تهیه نقشه‌های هم‌باران استفاده شد.

#### ۲-۶- تعمیم رگبارهای فراگیر حداکثر به سطح استان

در هیدرولوژی بسط نقطه‌ای باران طراحی به روش‌های متفاوتی از جمله محاسبه میانگین به طرق مختلف، رسم چند ضلعی‌های تیسن، رسم منحنی‌های هم‌باران و استفاده از روش‌های زمین‌آمار صورت می‌پذیرد که بسته به شرایط مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند (Ibrahim, 2019; Korolev and Gorshenin, 2020). بدیهی است در شرایط کوهستانی که بارندگی تابعی از



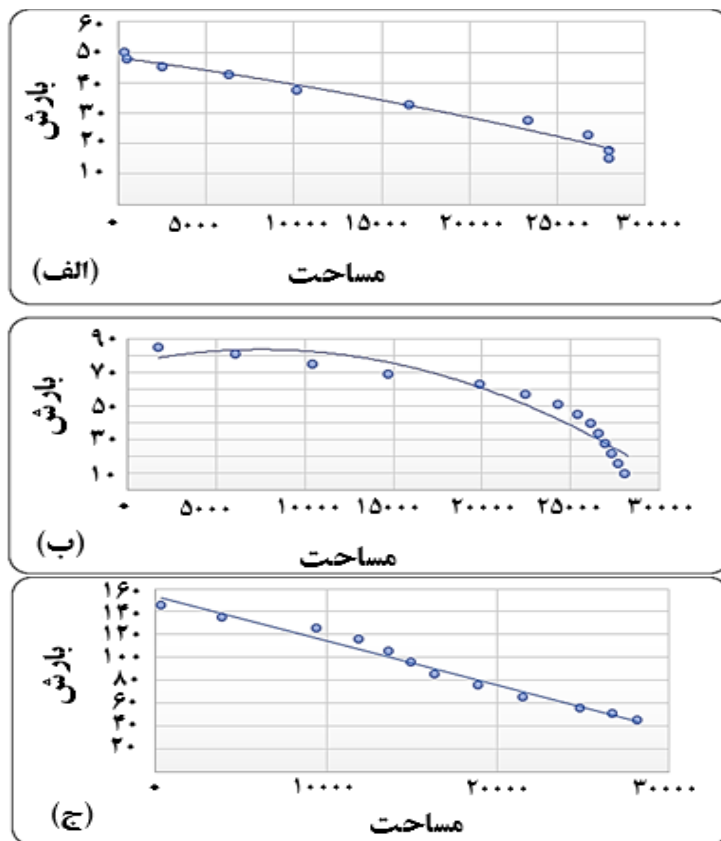
شکل ۳- نقشه همباران بر اساس روش کوکریجینگ ساده در پایه زمانی ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعته  
 Figure 3 – Isohyete map based n Co\_criging in duration of 12, 24 and 48 hr

جدول ۱- ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی

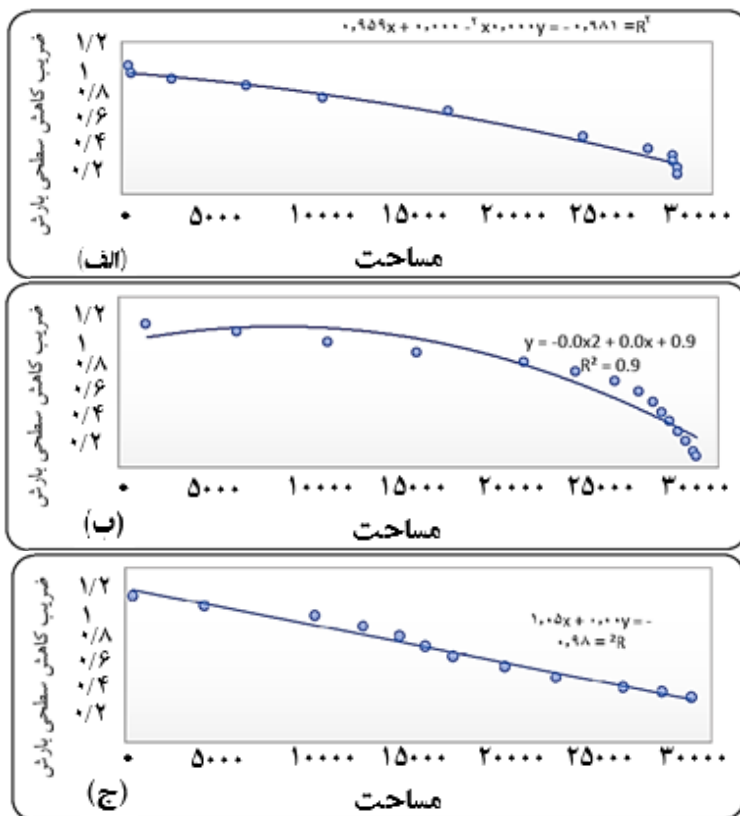
Table 1- Evaluating the different interpolation methods

	TPS	UK	OK	IDW3	SK	UCK	OCK	SWT	IDW2	CRS	IDW1	SCK	روش	
۱۲ ساعته	17.29	16.15	16.15	15.92	15.81	15.56	15.56	15.56	15.46	15.36	15.29	15.28	RMSE	
رتبه	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
۲۴ ساعته	28.65	26.23	25.78	25.14	24.81	24.81	24.02	23.9	23.85	23.42	22.88	21.71	RMSE	
رتبه	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
۴۸ ساعته	46.6	45.84	45.15	44	43.9	41.59	38.84	38.78	38.27	38.27	37.71	34.58	RMSE	
رتبه	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		

- 1 Simple Co- Kriging
- 2 Inverse Distance Weighting
- 3 Completely regularized spline
- 4 Spline With Tension
- 5 Ordinary Co- Kriging
- 6 Universal Co- Kriging
- 7 Simple Kriging
- 8 Ordinary Kriging
- 9 Universal Kriging
- 10 Thin-Plate Spline



شکل ۴- رابطه عمق-مدت-مساحت، (الف) پایه زمانی ۱۲، (ب) پایه زمانی ۲۴ و (ج) پایه زمانی ۴۸  
 Figure 4- The relation of DAD, (a) duration of 12 hr, (b) duration of 24 hr, and (c) duration of 48 hr



شکل ۵- رابطه ضریب کاهش سطحی بارش (الف) پایه زمانی ۱۲، (ب) پایه زمانی ۲۴ و (ج) پایه زمانی ۴۸  
 Figure 5- The relation of reduction factor, (a) duration of 12 hr, (b) duration of 24 hr, and (c) duration of 48 hr



از مشکلات اساسی پیش روی تحقیق در زمینه هوا و اقلیم‌شناسی و همچنین مدیریت منابع آب می‌باشد. لذا، جهت سهولت دسترسی به آمار و اطلاعات هوا و اقلیم‌شناسی توصیه می‌گردد با ایجاد پایگاه اینترنتی، آمار و اطلاعات کلیه ایستگاه‌های هواشناسی، ترجیحاً در مرکز آمار ایران جمع‌آوری و به صورت یک شکل، طبقه‌بندی گردد. با توجه به شرایط خاص توپوگرافی استان لرستان از جمله وجود دشت‌ها و دره‌های پست از یک طرف و کوه‌های مرتفع از طرف دیگر، امتداد متفاوت کوهستان‌ها نسبت به جریان‌های باران‌زا، وجود اقلیم متفاوت در استان و همچنین برف‌گیر بودن قسمت اعظمی از استان لرستان پیشنهاد می‌گردد طرح‌های تحقیقاتی در زمینه مکان‌یابی ایستگاه‌های هواشناسی و همچنین در زمینه برف انجام پذیرد. بررسی مقادیر آمار بارندگی روزانه تعدادی از ایستگاه‌های باران‌سنجی که در بعضی مناطق استان توسط سازمان هواشناسی و وزارت نیرو نگهداری می‌شوند، نشان می‌دهد که بعضاً تفاوت چشمگیری بین مقادیر بارندگی ثبت شده توسط این دو سازمان وجود دارد. لذا به منظور رفع نقایص موجود پیشنهاد می‌گردد ایستگاه‌های مورد تصدی این دو سازمان و وضعیت دیده‌بانی آن‌ها به صورت دوره‌ای، توسط کارشناسان سازمان‌های ذی‌ربط مورد ارزیابی قرار گیرند و از ایجاد نقایص احتمالی پیشگیری گردد.

بنابراین، در سه پایه زمانی ۲۴، ۱۲ و ۴۸ ساعته رگبارها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. با دقت در شکل ۵ و روابط حاصله، مشاهده شد رابطه کاهش میزان بارندگی با افزایش سطح در پایه‌های زمانی ۱۲ و ۲۴ ساعته به صورت نمایی بوده و در پایه زمانی ۴۸ ساعته به صورت خطی است که با مطالعه Mehdi-zadeh Youshanloei, (2012) هم راستا است. این موضوع می‌تواند به دلیل حجم بارندگی باشد به این معنی که در پایه زمانی ۴۸ ساعته حجم بارش بیشتر (حداقل عمق بارش ۴۵ میلی‌متر) و در نتیجه تغییرات بارش نسبت به افزایش سطح دارای یکنواختی باشد. همچنین با دقت در نمودار مربوط به پایه زمانی ۲۴ ساعته ملاحظه می‌گردد شدت کاهش بارندگی از مساحت بالای ۱۵ هزار کیلومتر مربع نسبت به پایه‌های زمانی ۱۲ و ۴۸ ساعته از شدت بیشتری برخوردار است. به نظر می‌رسد این موضوع مربوط به تغییرات شدت بارندگی باشد. به این مفهوم که در پایه زمانی ۱۲ ساعته اگرچه شدت بارندگی بالا هست (حداقل عمق بارش ۱۵ میلی‌متر) ولی از یکنواختی بیشتری برخوردار است. در پایه زمانی ۴۸ ساعته نیز اگرچه شدت بارندگی کمتر هست، ولی دارای یکنواختی بیشتری است. نتایج حاصل از بررسی فاکتور کاهش سطحی بارندگی بیانگر آن است که در پایه زمانی ۱۲ و ۴۸ ساعته با افزایش هر ۵۰۰۰ کیلومتر مربع، ۱/۰ از فاکتور کاهش سطحی کاسته می‌گردد. در پایه زمانی ۲۴ ساعته تا شعاع ۱۸۰۰۰ کیلومتر مربع روند کاهش این ضریب کند بوده و از آن به بعد مشابه بارندگی‌های ۱۲ و ۴۸ ساعته است. عدم وجود بانک اطلاعاتی مشخص در رابطه با آمار هواشناسی، یکی

## منابع

محمدی، ج. (۱۳۸۹). مدل‌سازی مفهومی زمانی- مکانی علوم محیط زیستی. انتشارات دانشگاه تهران، ۱۷۰ صفحه.  
مظفری، غ.، میرموسوی، ح.، و خسروی، ی. (۱۳۹۱). ارزیابی روش‌های زمین آمار و رگرسیون خطی برای تعیین توزیع مکانی بارش در استان بوشهر. *مجله توسعه جغرافیا*، ۱۰ (۲۷)، ۶۳ - ۷۶.  
مهدی‌زاده یوشانلوئی، م. (۱۳۹۱). تعیین روابط عمق-سطح-مدت بارش در ناحیه شمالی استان آذربایجان غربی. *نشریه مهندسی و مدیریت آب‌خیز*، ۴ (۳)، ۱۲۷ - ۱۳۴.  
میرباقری، ا. (۱۳۷۷). *هیدرولوژی مهندسی* (جلد ۱). انتشارات دانشگاه شیراز، ۵۶۲ صفحه.

تلوری، ع. (۱۳۸۲). بررسی تغییرات مکانی بارندگی حداکثر ۲۴ و ۴۸ ساعته در استان گیلان (روابط عمق - سطح - تداوم بارندگی). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی.  
صادقیان، آ.، واقعی، ی. و محمدزاده، م. (۱۳۹۰). پیش‌بینی زمانی - مکانی سطح اب زیرزمینی در منطقه بیرجند با استفاده از روش کریجینگ. *مجله آب و فاضلاب*، ۲۴ (۱)، ۹۴ - ۱۰۰.  
عساکره، ح. (۱۳۸۶). تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران طی دهه‌ها اخیر. *مجله توسعه جغرافیا*، ۵ (۱۰)، ۱۴۵ - ۱۶۴.  
لشنی‌زند، م. (۱۳۸۵). تعیین الگوی توزیع زمانی بارش در استان لرستان، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی.

## References

Asakereh, H. (2007). Spatio-temporal changes of iran inland precipitation during recent decades. *Geography and Development*, 5(10), 145-164 (in Persian).  
Buytaert, W., Celleri, R., Willems, P., Bièvre, B.D., & Wyseure, G. (2006). Spatial and temporal rainfall variability in mountainous areas: A

case study from the south Ecuadorian Andes. *Journal of Hydrology*, 329(3), 413-421.  
Chu, J., Xia, J., Xu, C., Li, L., & Wang, Z. (2010). Spatial and temporal variability of daily precipitation in Haihe river basin, 1958-2007. *Journal of Geography Science*, 20(2), 248-260.

- Goovaerts, P. (1999). Using elevation to aid the geostatistical mapping of rainfall erosivity. *Catena*, 34, 227-242.
- Goovaerts, P. (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228, 113-129.
- Hereshfield, D.M. (1961). Rainfall Frequency of the united state for Duration from 30 minutes to 24 hours and return periods from 1 to 100 years. *Weather Bureau Technical Papers*, 40, 1-65.
- Ibrahim, M.N. (2019). Generalized distributions for modeling precipitation extremes based on the L moment approach for the Amman Zara Basin, Jordan. *Theoretical and Applied Climatology*, 138(1), 1075-1093.
- Korolev, V., & Gorshenin, A. (2020). Probability models and statistical tests for extreme precipitation based on generalized negative binomial distributions. *Mathematics*, 8(4), 604.
- Lashni Zand, M. (2006). Determining the pattern of temporal distribution of precipitation in Lorestan province. Final report of the research project (in Persian).
- Mehdizadeh Youshanloei, M. (2012). Preparation depth-area-duration curves in north of Western Azerbaijan Province. *Watershed Engineering and Management*, 4(3), 127-133 (in Persian).
- Mirbagheri, A. (1998). *Engineering Hydrology (Vol. 1)*. Shiraz University Press, 562 pages (in Persian).
- Mohammadi, J. (2010). *Temporal-spatial conceptual modeling of environmental sciences*. University of Tehran Press, 170 pages (in Persian).
- Mozaffari, G., & Mirmousavi, S., & Khosravi, Y. (2012). The assessment of geostatistic methods and linear regression in order to specify the spatial distribution of annual precipitation case study: boushehr province. *Geography and Development*, 10(27), 14-17 (in Persian).
- Mutua, F., & Kuria, D. (2012). A comparison of spatial rainfall estimation techniques: A case study of Nyando river basin Kenya. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(2), 149-165.
- Ng, J.L., Abd Aziz, S., Huang, Y.F., Mirzaei, M., Wayayok, A., & Rowshon, M.K. (2019). Uncertainty analysis of rainfall depth duration frequency curves using the bootstrap resampling technique. *Journal of Earth System Science*, 128(5), 1-15.
- Sadeghiyan, A., & Vagheiy, Y., & Mohammadzadeh, M. (2013). Spatial-temporal prediction of groundwater level in birjand region using kriging method. *Water and Wastewater*, 24(1), 94-100 (in Persian).
- Telluri, A. (2003). Investigation of spatial changes of maximum 24 and 48 hours rainfall in Gilan province (depth-surface-rainfall continuity relationships). Final report of the research project (in Persian).