

تحلیل مکانی بارش رگباری استان مازندران در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

سید یاسر حکیم دوست^۱

علی محمدپورزیدی^۲

محمدصالح گرامی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۳/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۰۶/۲۴

چکیده

بارش رگباری از پدیده‌های بحران‌سازی است که وقوع ناگهانی و پر شدت آن موجب بروز خسارات فراوان بر انسان و محیط پیرامونی آن می‌شود. شناخت و آگاهی از بارش رگباری و چگونگی وقوع، شدت و تداوم آن در فصول مختلف کمک بسزایی در مقابله‌ی صحیح با آن می‌نماید. با توجه به رفتار متفاوت بارش و تغییرات سریع در فواصل مکانی کم و در طولانی مدت، ارائه مدل‌های مناسب، متناسب با اقلیم آن منطقه، جهت پیش‌بینی احتمالی آن ضروری است. در این پژوهش به تحلیل مکانی بارش رگباری استان مازندران پرداخته شد و براساس داده‌های استخراج‌شده گراف باران‌سنجی در ۱۲ ایستگاه سینوپتیک استان مازندران، برابر میزان بارش بالای ۱۰ میلی‌متر در دوره ۵ ساله، از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار گرفت. برای پهنه‌بندی محدوده مورد مطالعه از روش IDW با سه توان ۱، ۲، ۳ و روش کریجینگ با مدل‌های کروی، دایره‌ای، نمایی و گوسین استفاده شده است. ارزیابی و تعیین بهترین مدل و صحت‌سنجی نقشه‌های تولیدشده انجام شد. همچنین جهت مقایسه آماری مدل‌ها از مقدار ریشه مربع خطاها RMS ، MAE ، $RMSE$ و ضریب همبستگی آن‌ها استفاده شده، که بهترین مدل برای پهنه‌بندی مدل IDW با دو توان ۱، ۳ و کریجینگ معمولی دایره‌ای بود. استخراج نقشه پهنه به‌وسیله رگرسیون چند متغیره بر اساس مدل روش همزمان و روش پسروده انجام شد و شش متغیر که در ایجاد بارش بیشترین تأثیر را دارند، شامل عرض و طول جغرافیایی، تعداد روز بارش، ارتفاع، رطوبت نسبی و دمای نقطه شبنم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد، میزان همبستگی این شش متغیر در فصل بهار ۰/۹۷، تابستان ۰/۹۹، پاییز ۰/۹۸، زمستان ۰/۹۹ و دربارش سالانه ۰/۹۹ است که نشان‌دهنده رابطه قوی بین این شش متغیر در بارش رگباری استان مازندران می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رگبار، زمین‌آمار، کریجینگ، رگرسیون چند متغیره، مازندران.

۱- دانش آموخته دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشگاه پیام نور تهران (نویسنده مسئول) yaser_h_d@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری آب و هوا شناسی، دانشگاه خوارزمی تهران، مدرس مدعو دانشگاه پیام نور amohammadpour35@yahoo.com

۳- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تهران mr.gerami133@yahoo.com

۱- مقدمه

به ویژه قرارگیری آن بر جانب جنوبی دریای خزر، استقرار رشته کوه‌های مرتفع و توپوگرافی پیچیده همراه با جابجایی مداوم پشته‌ها و ناهه‌های امواج غربی بر روی منطقه بروز چنین پیچیدگی را در ساختار بارش منطقه‌ای در پی داشته است.

در این میان وقوع بارش‌های شدید از ویژگی‌های ذاتی اقلیم سواحل جنوبی دریای خزر محسوب می‌گردد. برخی از ایستگاه‌ها در محدوده سواحل جنوبی دریای خزر اغلب سال‌ها، تقریباً نیمی از مجموع بارش سالانه خود را با آستانه بالاتر از ۳۰ میلی‌متر در روز دریافت می‌نمایند. توزیع زمانی و تنوع مکانی بارش و پیچیدگی سازوکار حاکم بر وقوع آن در سواحل جنوبی دریای خزر به ویژه در رابطه با بارش‌های شدید همواره به عنوان یکی از موضوعات برجسته و بحث‌برانگیز توجه اقلیم‌شناسان و هواشناسان بی‌شماری را به خود جلب نموده و موضوع اصلی پژوهش‌های متعددی بوده است (قبادی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۴).

مقدار و توزیع زمانی - مکانی بارش عامل اساسی برای تصمیم‌گیری، طراحی و ارزیابی مدل‌های هیدرولوژیکی و نیز مدیریت و برنامه‌ریزی‌های مبتنی بر آب است. تغییرات زمانی - مکانی بارش اثرات متنوع و مختلفی بر مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب در امتداد یک حوضه آبی و در سطح ملی بجا می‌نهد. تغییرات عناصر اقلیمی، از عوامل مؤثر بر تغییر منابع آبی است. بارش به عنوان عنصر بسیار تغییرپذیر و به عنوان عاملی اساسی در موازنه‌ی آبی همیشه مورد توجه اقلیم‌شناسان و آب‌شناسان بوده است. تغییرپذیری شدید بارش در امتداد زمان - مکان رویکردهای مطالعاتی متنوعی را به خود اختصاص داده است (عساکره، ۱۳۸۷: ۱۴۵-۱۴۶). هدف از این تحقیق شناخت شرایط بارش رگباری در استان مازندران است. بدین جهت وضعیت مکانی بارش رگباری در این استان مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا به شناسایی عوامل مؤثر وقوع این بارش‌ها در فصول مختلف و نقش آن‌ها در استان پرداخته شد و نتایج آن به صورت یک راهکار علمی و عملی در اختیار علاقه‌مندان

بارش یک عامل جوی است که، کمیت و پراکنش آن به نحو چشمگیری در نقاط مختلف کره زمین تغییر می‌کند و یکی از متغیرترین عناصر اقلیمی است که همواره از اقلیم تأثیر پذیرفته، بر آن تأثیر نیز می‌گذارد. مقدار آن در زمان و مکان پیوسته تغییر می‌کند. شناخت پراکنش زمانی و مکانی بارش، ابزاری سودمند برای درک چگونگی پراکنش غیریکنواخت منابع آب و پوشش گیاهی در هر منطقه است (خلیلی و همکاران، ۱۳۸۲: ۲۶، غیور و همکاران، ۱۳۹۰: ۲). بارش، زمانی اتفاق می‌افتد که هوای مرطوب و عامل صعود، هر دو باهم در منطقه وجود داشته باشند. به عبارت دیگر هوای مرطوب باید تا ارتفاع معینی بالا رود تا بر اثر سرد شدن پی‌درپی به نقطه اشباع برسد و در مرحله بعد، ابر، بارش را پدید می‌آورد. عدم وجود هر یک از این دو عامل مانع وقوع بارش می‌شود (علیچانی و همکاران، ۱۳۷۱: ۲۱۲).

تنوع زمانی بارش به عنوان یک عامل کلیدی مؤثر در ساختار و عملکرد اکوسیستم‌ها به شمار می‌آید، اما تأثیر آن از نظر مقیاس و بزرگی به مراتب کمتر از تنوع مکانی آن هست (Knapp and Smith, 2001: 291; Austin et al, 2004: 141; Collins et al, 2008: 96). عناصر اقلیمی به ویژه بارش، دارای تغییرات معنی‌دار در دوره‌های زمانی هستند. لذا شناخت عنصر بارش به عنوان یکی از دو عنصر اقلیمی و تغییرات آن در زمان و مکان‌های متفاوت، امکان بهره‌گیری بهینه از محیط طبیعی را فراهم می‌سازد (محمدی، ۱۳۸۸: ۲۱). تفاوت‌های بارش در ایران از یک سو به طبیعت رفتار مکانی بارش بازمی‌گردد که در کل پدیده‌ای متغیر است و تغییرات مکانی شدیدی را از خود نشان می‌دهد. از سوی دیگر، تنوع منشأ بارش در نقاط مختلف ایران، سبب شده تا در هر منطقه مقدار ریزش‌های جوی در طول سال متفاوت باشد (حلییان و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۲). در سواحل جنوبی دریای خزر بارش به عنوان مهم‌ترین عنصر اقلیمی و پدیده جوی از توزیع زمانی و مکانی پیچیده‌ای برخوردار است. موقعیت جغرافیایی منحصر بفرد این منطقه

منحنی‌های هم‌بارش با ضریب تغییرات پرداختند و با استفاده از روش‌های آماری تغییرات زمانی بارش شمال غرب ایران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصله از این پژوهش نشان می‌دهد که بارش با عرض جغرافیایی، رابطه مستقیم و معنی‌داری داشته و تغییرات زمانی بارش در چندین ایستگاه دارای روند کاهشی بوده است و در کل شمال غرب ایران ناحیه بدون روند عمومی بارش سالانه محسوب شده است.

۲- مبانی نظری

۲-۱- رگبار

رگبار کوتاه‌مدت با سه ویژگی: مدت یا تداوم رگبار، شدت بارندگی و دوره بازگشت مشخص می‌شود. دوره بازگشت یا تناوب به تعداد سال‌هایی گفته می‌شود که به‌طور متوسط بین دو بارندگی مشابه وجود دارد. انتخاب دوره بازگشت مورد نظر در هر طرح بستگی به تحلیل‌های اقتصادی و ریسک مجاز برای خراب شدن آن سازه در مقابل بارندگی دارد. هرچه دوره بازگشت طولانی‌تر در نظر گرفته شود برای شدت بارندگی مقدار بیشتری به دست می‌آید که در نهایت سازه باید بتواند در مقابل آن مقاومت کند. به عبارت دیگر با در نظر گرفتن دوره بازگشت، سلامت آن سازه بیشتر تأمین می‌شود. (تهرمان و همکاران، ۱۳۶۴: ۱۷) بارش‌های رگباری از پدیده‌های بحران ساز هستند که وقوع ناگهانی و شدید آن‌ها منجر به خسارات هنگفتی شده و جبران آن در کوتاه‌مدت غیرممکن خواهد بود.

شناخت و آگاهی ما از بارش‌های رگباری و چگونگی وقوع، شدت، مدت و تداوم آن در فواصل مختلف زمانی کمک بسزایی در جهت مقابله صحیح با آن نموده و با توجه به رفتار متفاوت بارش و تغییرات سریع آن در فواصل مکانی کم و زمانی بلند، ارائه مدل‌های مناسب در هر منطقه جهت پیش‌بینی احتمالی آن ضروری است. به‌منظور مقابله با این مشکل و ارائه مدل‌های مناسب رگباری با استفاده از داده‌های آماری می‌توان الگوی مطلوبی ارائه کرد (رضایی و

قرار خواهد گرفت. پیشینه پژوهش به شرح ذیل می‌باشد: گوسوامی و همکارانش (۲۰۰۳)، در تحقیقی، نوسان موسمی‌های تابستانی هند را خوشه‌بندی کردند. در این مطالعه روش‌های آماری چند متغیره، از جمله تحلیل خوشه‌ای، به‌عنوان تکنیکی مناسب برای تحلیل مکانی بارش تشخیص داده شد. گارن (۲۰۰۵) و همکاران نشان دادند که تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی متراکم، می‌تواند خوشه‌های حساس در یک مشاهده را تشخیص دهد و نیز ابزاری مناسب برای پیش‌بینی آب‌وهوایی باشد. توسیچ و آنکاسویچ (۲۰۰۵)، با تحلیل سری‌های بارش شهر بلگراد طی دوره ۲۰۰۰-۱۸۸۹ و بر اساس آزمون من‌کندال و با تحلیل طیفی سری‌ها، روند بارش بلگراد را آزمون نمودند. عساکره (۱۳۸۶)، در پژوهشی تحت عنوان تغییرات زمانی - مکانی بارش ایران طی دهه‌های اخیر پرداخت و از تکنیک‌های زمین‌آماری و آمار کلاسیک بر پایه تکنیک‌های ترسیمی، طی دوره‌های آماری ۲۰۰۳ - ۱۹۶۱ استفاده کرد و با استفاده از اطلاعات ۱۵۲ ایستگاه سینوپتیک و ۱۷۰ ایستگاه کلیماتولوژی در مجموع ۹۲۹۴۰ داده ماهانه تغییرات بارش برای ۸۰۱۲ سلول در محدوده ایران را مورد تحلیل قرارداد. نتایج تحقیق نشان داد حدود ۵۱/۴ درصد مساحت کشور در معرض تغییرات قرار گرفته است. تغییرات زمانی - مکانی بارش در نواحی کوهستانی و نیمه غربی کشور رخداد بیشتری را نشان می‌دهد.

عموماً نواحی با بارندگی بیشتر متحمل تغییرات بیشتری هستند. میزان تغییرات به ازای هر سال ۲۹/۶ میلی‌متر در کوه‌رنگ تا ۱۵/۷ - میلی‌متر در سراب بوده است. زاهدی و همکاران (۱۳۸۷)، در پژوهشی به‌عنوان تحلیل تغییرات زمانی - مکانی بارش در شمال غرب ایران ۱۹ ایستگاه سینوپتیک را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها ابتدا تغییرات فضایی بارش منطقه بر اساس شاخص‌های مرکزی و پراکندگی آماری را مورد مطالعه قرار دادند و با استفاده از روش میانبایی TPSS با کمترین خطای MAE به ترسیم

روشنی، ۱۳۸۹: ۲).

(ذبیحی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۶).

۲-۲- روش IDW

در این روش به نقاط نزدیک به محل تخمین، وزن دهی بیش تر و به نقاط دورتر، وزن کم تر اختصاص می یابد (محمدی، ۲۰۰۶: ۲۰۰۶؛ لی و همکاران، ۲۰۰۸). این روش، روش پیشرفته‌ی نزدیک-ترین همسایه است که اجازه می دهد تعدادی از نقاط هم جوار در برآورد وزن های درون یابی سایر نقاط شرکت کنند و بدین ترتیب نزدیک ترین نقطه بیشترین وزن را به دست می آورد و ایستگاه های دورتر بالعکس که از نظر ریاضی IDW به صورت

$$z_j = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}}$$

ارزش ارزیابی شده در نقطه z_j ، ZI_j = ارزش در نقطه i, i = مختصات برای نقطه همسایه، z_j = مختصات برای نقاط برآورد شده، h_{ij} = مسافت بین نقطه برآورد شده و نقاط همسایه، β = توازن وزنی. این روش برخلاف روش کریجینگ از فرضیات مربوط به ارتباط مکانی بین داده ها پیروی نمی کند (واریوگرام ندارد) و تنها به این فرض متکی است که نزدیکترین نقاط به نقطه برآورد، شباهت بیشتر به آن دارند تا نقاط دورتر. در این روش اغلب توانی برعکس فاصله در نظر گرفته می شود که به طور معمول بین ۱ تا ۵ است، ولی معمولاً از توان ۲ استفاده می شود، یعنی عکس مجذور فاصله.

مشخصه جالب این روش این است که وزن بکار رفته با افزایش فاصله به سرعت کاهش می یابد، در نتیجه درون یابی در این روش کاملاً محلی است و چون وزن های به کار رفته هیچگاه صفر نمی شوند، بنابراین هیچ گونه انقطاع و عدم پیوستگی در برآوردها رخ نمی دهد (Webster & Oliver, 2000, 271).

۲-۳- روش کریجینگ

یکی از روش های مناسب و پیشرفته برای تحلیل فضایی و توزیع منطقه ای داده های مکانی، روش کریجینگ است

این تخمین افتخار یکی از پیشگامان علم زمین آمار به نام Krige است که یک مهندس معدن در آفریقای جنوبی بود، به نام آن کریجینگ نامگذاری شده است. کریجینگ ابزاری در جهت میانجیابی انواع داده ها از جمله بارش را به دست می آورد (Dingmanteal, 1997, 11) و به عنوان روشی برای پیش بینی ارزش یک فرایند تصادفی در یک محیط به حساب می آید (Ronald & Jey, 2009, 297). روش کریجینگ برای داده هایی که پراکنش نامنظم دارند، به کار می رود و روش محلی-احتمالی، رسا، ناریب و با واریانس کمینه در یک نقطه به شمار می آید (عساکره، ۱۳۸۷: ۲۷). در این روش از میانگین وزنی برای توزیع متغیرها استفاده می شود. بدین گونه که هرچه متغیر به مبدأ نزدیکتر باشد، وزن آن بیشتر و هرچه فاصله ی نقاط دورتر باشد، وزن آن کمتر خواهد بود. مطلق بودن تخمین در درون یابی، از ویژگی های عمده ی روش کریجینگ است. بدین مفهوم که مقدار تخمین کمیت در نقاط نمونه برداری با مقدار اندازه گیری شده برابر است و واریانس تخمین صفر می شود. این ویژگی سبب می شود که تخمین گر کریجینگ در رسم خطوط هم ارزش از حداکثر نقاط نمونه برداری عبور کرده و تمایلی به بسته شدن و دور زدن نداشته باشد و از مرز محدوده ی مورد مطالعه فراتر رود (ذبیحی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۶).

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

$Z(s_i)$: مقدار اندازه گیری شده در موقعیت s_i : وزن : مقدار اندازه گیری شده در موقعیت s_i : موقعیت پیش بینی، N : تعداد نقاط اندازه گیری شده و یا معلوم می باشد. در مدل IDW، فقط تابعی از فاصله می باشد اما در مدل کریجینگ وزن تابع فاصله نقاط مشاهده شده و پیش بینی شده است بلکه ساختار فضایی نقاط نیز وابسته است. به این دلیل درون یابی کریجینگ از مدل های درون یابی زمین آمار می باشد. اساس مدل کریجینگ بر تئوری متغیر ناحیه ای^۲ است. متغیر ناحیه ای، متغیری تصادفی است که مقدار آن در هر نقطه

که این رابطه ایستایی^۳ نامیده می‌شود. خودهمبستگی فضایی به فاصله بین نمونه‌های جفت وابسته است و با تغییر فاصله تغییر می‌کند که چنین تغییرات فضایی پایدار در خودهمبستگی را ایزوتروپی^۴ می‌نامند. امکان دارد که خودهمبستگی فقط به فاصله بستگی نداشته باشد و با تغییر جهت نیز تغییر کند. اثر تغییر جهت در سمی واریوگرام ایزوتروپی^۵ نامیده می‌شود. ایزوتروپی از آن جهت اهمیت دارد که کمک به کشف تغییر جهت در خودهمبستگی می‌کند که توسط مدل سمی واریوگرام قابل محاسبه است. تابع نیم تغییرنا، تغییرات یک پارامتر را با در نظر گرفتن

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i) - z(x_{i+h})]^2$$

فاصله به صورت

که در آن $y(h)$: مقدار نیم تغییرنا برای جفت نقاطی که به فاصله h از هم قرار دارند؛ $n(h)$: تعداد زوج نقاطی است که به فاصله h از هم قرار دارند؛ $Z(x_i)$: مقدار مشاهده شده متغیر در نقطه $X: Z(x_i+h)$: مقدار مشاهده شده متغیری که به فاصله h از x قرار دارد؛ تابع فوق نشان می‌دهد که برای محاسبه نیم تغییرنا در ابتدا مجذور اختلاف ارزش دونقطه به فاصله h محاسبه می‌شود. برای تعمیم تفاوت ارزش دونقطه، محاسبه در مورد تمامی نقاط که به فاصله h از هم قرار دارند، انجام می‌گیرد و میانگین مجذور اختلاف‌ها محاسبه می‌گردد. بدین ترتیب با تکرار محاسبه در فاصله h می‌توان نموداری ترسیم نمود که محور افقی آن h و محور عمودی آن $y(h)$ را نشان دهد. اگر نقاط در شبکه‌های منظم و با فواصل مساوی قرار داشته باشند، نیم تغییرنا بر اساس میانگین حسابی فواصل محاسبه و برآورد می‌گردد. در حالت دیگر که وضعیت معمول است و بر ایستگاه‌های هواشناسی صدق می‌کند، پراکنندگی نقاط فاقد نظم هست. لذا معادلات تعدیل یافته و میانگین موزون نقاط برآورد می‌شود (عساکره، ۱۳۸۷: ۱۵۴).

از فضا، تابع مختصات آن نقطه باشد. به عبارت دیگر، تفاضل مقدار متغیر ناحیه‌ای در دونقطه از فضا، به فاصله آن دو از هم بستگی دارد. بنابراین تغییرات متغیر ناحیه‌ای در فضا به ^۳ مؤلفه تجزیه می‌شود (قهرودی و بابایی، ۱۳۸۴: ۷۹).

۲-۴- نیم تغییرنا^۱

برای درک بهتر ساختار فضایی نمونه‌های برداشت شده و انتخاب بهترین روش در درون‌یابی، خودهمبستگی فضایی^۲ بین نمونه‌ها مطالعه می‌شود. این بررسی را می‌توان با ترسیم فاصله بین نمونه‌ها و واریانس ارزش نمونه‌ها یا به عبارت دیگر سمی واریوگرام‌ها به دست آورد. واریانس بین نقاطی که به اندازه h از هم فاصله دارند، ارتباط متقابل آن دو را نسبت به هم بیان می‌کند و وابستگی نقاط نزدیک به هم، دلیلی بر وجود ساختار فضایی می‌باشد. اگر واریانس بین نقاطی که فاصله h کوچک باشد، وابستگی بین آن نقاط زیاد است. واریانس را که وابسته به فاصله است را واریوگرام یا تغییرنا می‌نامند و آن را با نماد $y(h)$ نشان می‌دهند که معمولاً به جای واریوگرام، از سمی واریوگرام با نماد $y(h)$ استفاده می‌شود. سمی واریوگرام، بر اساس نصف میانگین مربع واریانس بین نقاط بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$Y(s_i, s_j) = \frac{1}{2} \text{var}(Z(s_i) - Z(s_j))$$

که مفهوم آن این است که:

$$[\text{Semivariogram (distance } h) = 0,5 \times \text{average}(\text{value at location } i - \text{value at location } j)^2]$$

سمی واریوگرام، بر اساس این تفکر که خواص پدیده‌ها در مکان‌های نزدیک‌تر شباهت بیشتری دارند تا در فاصله‌های دورتر، درجه وابستگی یا همبستگی بین نقاط را اندازه‌گیری می‌کند (قهرودی و دیگران، ۱۳۸۴: ۹۲). فرض اساسی در این تحلیل آن است که نمونه‌های جفت که فاصله و جهت مشابه دارند دارای واریانس‌های مشابه نیز می‌باشند

3- Stationarity

4- Esotropy

5- Anisotropy

1- Semivariogram

2- spatial autocorrelation

استان مازندران با مساحت ۲۳۷۵۶ کیلومتر مربع وسعت، ۱/۴۶ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است.

شهرستان‌های این استان عبارتند از: تنکابن، آمل، بابل، بابلسر، بهشهر، ساری، سوادکوه، قائم‌شهر، رامسر، محمودآباد، نکا، نور، نوشهر، چالوس و عباس‌آباد، گلوگاه، جویبار، پل سفید، شیرگاه، کلاردشت، فریدونکنار. (نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح). نگاره شماره (۱) موقعیت سیاسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۴- روش‌شناسی تحقیق

در این پژوهش به منظور شناسایی بارش‌های رگباری از لحاظ مکانی در استان مازندران بارش‌های رگباری ۵ ساله از سال ۲۰۱۰-۲۰۰۶ از مجموع ۱۲ ایستگاه سینوپتیک مورد استفاده قرار گرفته است. با استفاده از داده‌های مستخرج از گراف‌های بارش، بارش‌های بیش از ۱۰ میلی‌متر در محدوده مورد مطالعه استخراج شد. سپس داده‌ها طبقه‌بندی شده به چهار فصل بهار، تابستان، پاییز، زمستان و سالانه؛ برای ایجاد پایگاه داده وارد نرم‌افزار SPSS و ARC GIS10 شد. در تحلیل‌های مکانی داده‌ها از نیم تغییر نگار مدل‌های مذکور استفاده شده است که با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS10 محاسبه گردید. روش‌های مورد استفاده در پهنه‌بندی از مدل‌های کریجینگ و IDW جهت برازش شامل: IDW با سه توان ۱، ۲، ۳، و روش کریجینگ با مدل‌های کروی، دایره‌ای، نمایی، گوسین و کروی هست، که با تکنیک کریجینگ معمولی انجام گرفته است. همچنین جهت مقایسه آماری مدل‌ها از مقدار ریشه مربع خطاها RMS، MAE، RMSE و ضریب همبستگی آن‌ها استفاده شده که در جدول شماره (۱) قابل مشاهده است. سپس استخراج نقشه بهینه بر اساس رگرسیون چند متغیره بر اساس مدل روش همزمان^۳ و روش پس‌رونده^۴ شش متغیر در ایجاد

۲-۵- روش همزمان^۱

در این روش، کلیه متغیرهای مستقل به‌طور همزمان وارد مدل می‌شوند تا تأثیر کلیه متغیرهای مهم و غیر مهم بر متغیر وابسته مشخص گردد.

در واقع، در این روش، تمامی متغیرها در یک مرحله به ترتیب حداقل مقدار تلورانس وارد تحلیل می‌شوند. یکی از مشکلات روش همزمان این است که چون تمامی متغیرها بدون توجه به ضریب همبستگی‌شان با متغیر وابسته وارد معادله می‌شوند، بنابراین احتمالاً متغیرهایی هم که حضورشان در معادله معنی‌دار نیست در آن باقی می‌مانند که در اثر این حضور نابجا مقادیر R^2 و F کاهش می‌یابد (منصورفر، ۱۳۸۵: ۱۷۴).

۲-۶- روش پیش‌رونده^۲

این روش، ابتدا همبستگی ساده بین هریک از متغیرهای مستقل را با متغیر وابسته محاسبه می‌کند. سپس، متغیر مستقلی که بیشترین همبستگی را با متغیر وابسته دارد و به عبارتی بیشترین مقدار واریانس آن را تبیین می‌کند، وارد تحلیل می‌نماید. دومین متغیری که وارد تحلیل می‌شود، متغیری است که پس از تفکیک متغیر اول، بیشترین ضریب همبستگی را با متغیر وابسته دارد. این روش تا زمانی ادامه دارد که خطای آزمون به ۵ درصد برسد، در اینجا، انجام رگرسیون متوقف می‌شود. نتایج به‌دست آمده در این روش، همانند روش Stepwise هست، بنابراین نحوه تفسیر خروجی این دو یکسان است (حبیب پور و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۸۴).

۳- موقعیت جغرافیایی منطقه

استان مازندران در قسمت شمال مرکزی ایران واقع شده است. موقعیت نسبی آن برابر است با ۳۵ درجه و ۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ.

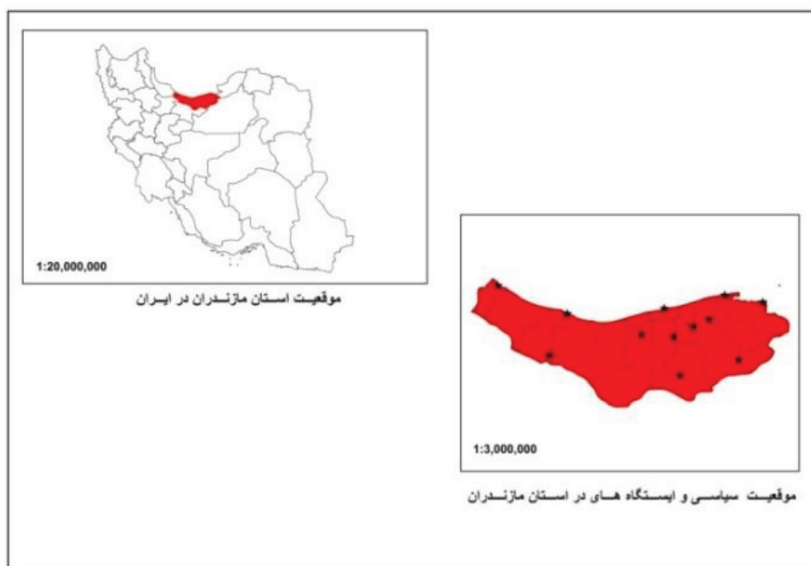
3- ENTER

4- Backward method

1- Enter Method

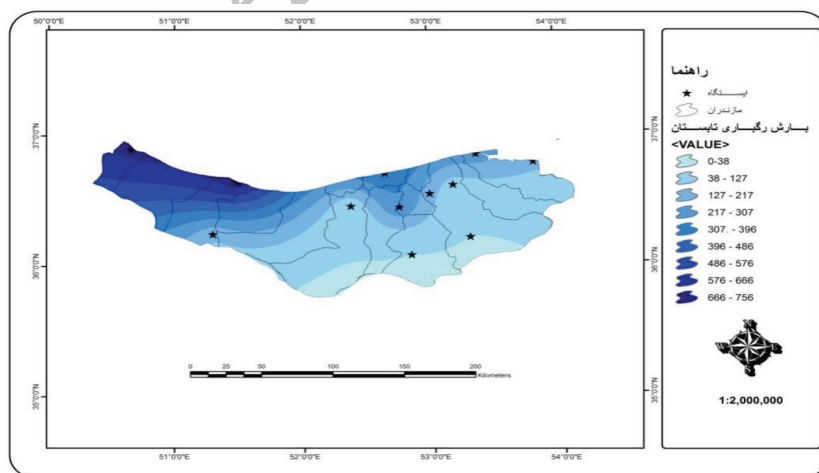
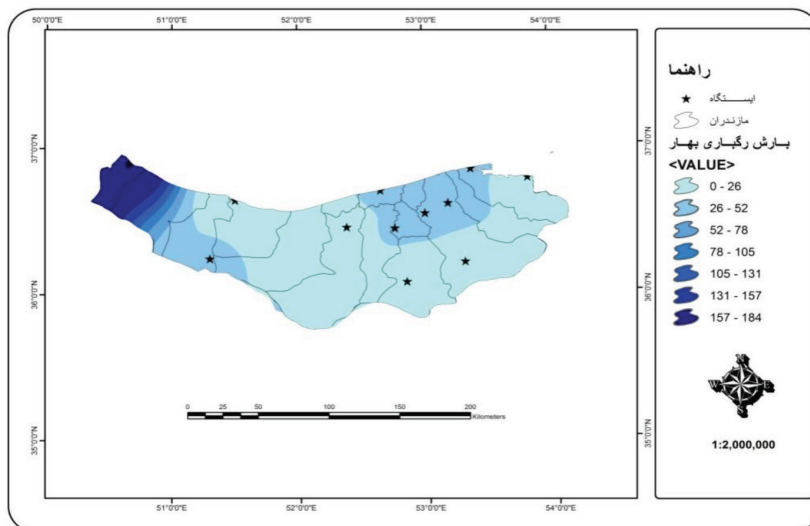
2- Forward Method

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)
تحلیل مکانی بارش رگباری استان مازندران ... / ۱۹۷



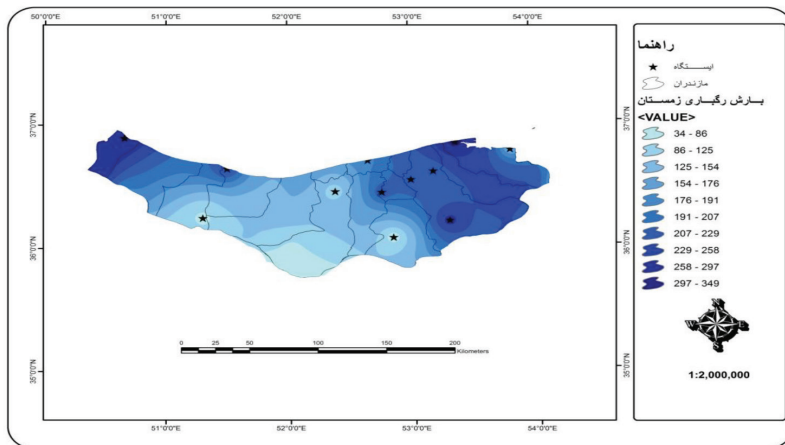
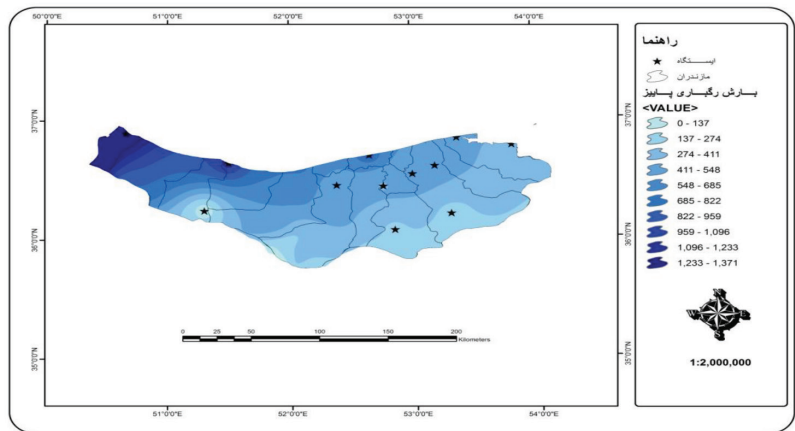
نقشه ۱: موقعیت سیاسی منطقه و
مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های
مورد مطالعه

نقشه ۲: پهنه‌بندی بارش رگباری بهاری
استان مازندران با بهترین مدل برازش
IDW3



نقشه ۳: پهنه‌بندی بارش رگباری
تابستان استان مازندران با بهترین مدل
برازش کریجینگ معمولی دایره‌ای

نقشه ۴: پهنه‌بندی بارش رگباری پاییز استان مازندران با بهترین مدل برازش IDW1



نقشه ۵: پهنه‌بندی بارش رگباری زمستان استان مازندران با بهترین مدل برازش IDW3

جدول ۱: نتایج ارزیابی متقابل روش‌های درون‌یابی جهت برآورد میانگین بارش رگباری

| R^2 | RMSE | MAE | RMS | مدل مورد برازش | فصول |
|-------|------|-------|--------|-------------------------|---------|
| ۰/۶۱ | ۱/۲۹ | ۷/۹۲ | ۵۷/۵۹ | IDW3 | بهار |
| ۰/۵۸ | ۰/۰۷ | ۰/۳۷ | ۲۱۵/۳۵ | ordinary Kriging Circle | تابستان |
| ۰/۵۶ | ۱/۱۹ | ۱۵/۵۰ | ۵۱۳/۴۵ | IDW1 | پاییز |
| ۰/۵۲ | ۱/۲۱ | ۱۳/۱۱ | ۱۲۰/۶۶ | IDW3 | زمستان |
| ۰/۶۰ | ۱/۰۷ | ۶۰/۰۵ | ۸۵۱/۸۱ | IDW3 | سالانه |

مأخذ: محاسبات نویسندگان

مکانی بارش رگباری استان مازندران مدل‌های کریجینگ معمولی دایره‌ای و IDW، با دو توان ۱،۳ می‌باشد. که در نقشه‌های شماره (۲)، (۳)، (۴)، (۵)، (۶) ارائه شده است.

بعد از به دست آوردن بهترین مدل درون‌یابی بارش رگباری، بر اساس هدف اصلی این پژوهش که با استفاده از روش‌های رگرسیون چند متغیره، شش متغیر عرض و طول

بارش که شامل عرض و طول جغرافیایی، تعداد روز بارش، ارتفاع، رطوبت نسبی و نقطه دمای شبنم مورد برازش قرار گرفت. تأثیر این عوامل در بارش رگباری استان در فصول مختلف و سالانه مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

با توجه به جدول شماره ۱ که بر اساس مدل‌های درونیابی استخراج گردیده بهترین مدل بهینه و مناسب جهت پهنه‌بندی

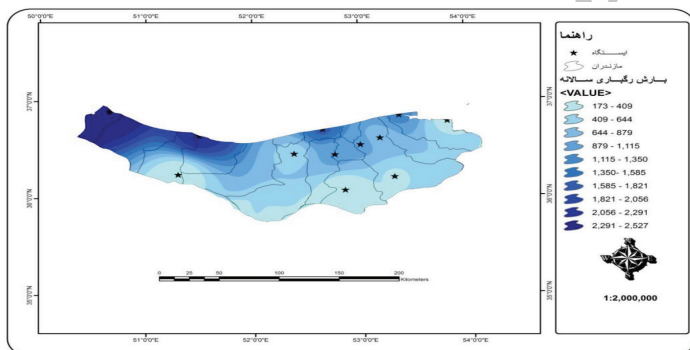
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۱۳۹)
تحلیل مکانی بارش رگباری استان مازندران ... / ۱۹۹

تعدیل شده $R^2_{adj} = ۰/۸۵۸$ بوده که $۸۵/۸$ بارش رگباری در فصل بهار در استان مازندران این ۶ متغیر را دارا هستند. مقدار $F = ۱۲/۱۰$ در سطح خطای کوچکتر از $۰/۰۰۸$ است. بیشترین تأثیر تعداد روز به ترتیب طول جغرافیایی و ارتفاع است. با روش پس‌رونده تعداد روز با مقدار $F = ۱۱۷/۶۱$ با سطح خطای کوچکتر از $۰/۰۰۰$ مهمترین عامل شناخته می‌شود. نتایج در جدول شماره (۲) آورده شده است.

در فصل تابستان از مجموع ۱۲ ایستگاه و ۲ ایستگاه آن بارش رگباری را تجربه نکردند. این دو ایستگاه در ارتفاعات بوده‌اند که شامل ایستگاه آلاشت و کیاسر هست. بیشترین بارش رگباری در غرب استان در دو ایستگاه رامسر و نوشهر با $۶۹۹/۲$ و ۷۳۷ میلی‌متر؛ همراه با بیشترین روزبه ترتیب ۱۳ و ۱۲ روز را در بین ایستگاه‌ها دارند؛ بعد از این دو ایستگاه ایستگاه‌های بابلسر و قراخیل قرار دارند. منابع این بارش‌ها در این فصل صعودهای همرفتی است که بر اساس امواج

جغرافیایی، تعداد روز بارش، ارتفاع، رطوبت نسبی و نقطه دمای شبنم، جهت بررسی تأثیر این شش متغیر در بارش رگباری استان در فصول مختلف و سالانه اقدام شد. نتایج این برازش در فصول مختلف و سالانه جداول شماره‌های (۲)، (۳)، (۴)، (۵)، (۶) آورده شده است.

فصل بهار نشان می‌دهد که ۵ ایستگاه از ۱۲ ایستگاه مازندران بارش نداشته‌اند که این ایستگاه هم ایستگاه‌های جلگه‌ای و کوهستانی می‌باشد. این در حالی است که در این فصل دریای خزر در سردترین حالت خود بسر می‌برد و همچنان سیستم‌های سرد در منطقه باقی مانده و به علت اختلاف کم حرارتی نمی‌تواند صعود همرفت وزشی را به وجود آورد. تحلیل بر اساس ۶ متغیر نشان می‌دهد که ضریب همبستگی بین متغیرها $R^2 = ۰/۹۶۷$ می‌باشد و نشان می‌دهد بین مجموعه متغیرهای مستقل و متغیر وابسته در این پژوهش همبستگی قوی وجود دارد. مقدار ضریب



نقشه ۶: پهنه‌بندی بارش رگباری سالانه استان مازندران با بهترین مدل برازش IDW3

جدول ۲: نتایج مدل همزمان و پس‌رونده در فصل بهار

| Sig | F | Regression | R^2_{adj} | R^2 | مدل |
|-------|--------|------------|-------------|-------|--------------|
| ۰/۰۰۸ | ۱۲/۱۰ | ۲۶۹۲۱/۸۳ | ۰/۸۵۸ | ۰/۹۷۶ | روش همزمان |
| ۰/۰۰۰ | ۱۱۷/۶۱ | ۲۶۵۲۰ | ۰/۹۱۴ | ۰/۹۶۰ | روش پس‌رونده |

مأخذ: محاسبات نویسنده‌گان

جدول ۳: نتایج مدل همزمان و پس‌رونده در فصل تابستان

| Sig | F | Regression | R^2_{adj} | R^2 | مدل |
|-------|--------|------------|-------------|-------|--------------|
| ۰/۰۰۰ | ۸۲/۱۱ | ۶۸۶۹۳۰/۹۲ | ۰/۹۷۸ | ۰/۹۹۵ | روش همزمان |
| ۰/۰۰۰ | ۴۶۷/۹۸ | ۶۷۹۳۸۵/۴۴ | ۰/۹۷۷ | ۰/۹۸۹ | روش پس‌رونده |

مأخذ: محاسبات نویسنده‌گان

جدول ۴: نتایج مدل همزمان و پس‌رونده در فصل پاییز

| مدل | R^2 | R^2_{adj} | Regression | F | Sig |
|--------------|-------|-------------|------------|-------|-------|
| روش همزمان | ۰/۹۸۳ | ۰/۹۲۵ | ۱۹۹۸۹۴۲/۴۱ | ۲۳/۵۴ | ۰/۰۰۲ |
| روش پس‌رونده | ۰/۹۷۵ | ۰/۹۳۹ | ۱۹۶۶۶۰۹/۳۴ | ۸۵/۸۴ | ۰/۰۰۰ |

مأخذ: محاسبات نویسنده

جدول ۵: نتایج مدل همزمان و پس‌رونده در فصل زمستان

| مدل | R^2 | R^2_{adj} | Regression | F | Sig |
|--------------|-------|-------------|------------|--------|-------|
| روش همزمان | ۰/۹۹۶ | ۰/۹۸۱ | ۹۸۹۲۱/۸۴ | ۹۵/۱۴ | ۰/۰۰۰ |
| روش پس‌رونده | ۰/۹۹۳ | ۰/۹۸۲ | ۹۸۳۴۴۷/۳۰ | ۳۰۷/۱۲ | ۰/۰۰۰ |

مأخذ: محاسبات نویسنده

جدول ۶: نتایج مدل همزمان و پس‌رونده در بارش سالانه

| مدل | R^2 | R^2_{adj} | Regression | F | Sig |
|--------------|-------|-------------|------------|--------|-------|
| روش همزمان | ۰/۹۹۷ | ۰/۹۸۶ | ۶۳۳۷۷۳۲/۶۴ | ۱۳۳/۷۰ | ۰/۰۰۰ |
| روش پس‌رونده | ۰/۹۹۵ | ۰/۹۸۷ | ۶۳۱۵۳۹۸/۰۸ | ۲۷۲/۳۵ | ۰/۰۰۰ |

مأخذ: محاسبات نویسنده

۱۲۰۶/۸ میلی‌متر و از لحاظ تعداد روز ایستگاه رامسر با ۲۰ روز و ایستگاه نوشهر با ۲۲ روز بیشترین بارش را تجربه کردند. این در حالی است که ایستگاه بابلسر با بارش ۹۰۶/۶ میلی‌متر و با تعداد روز ۲۴ روز از لحاظ بارش بعد از این دو ایستگاه قرار دارد و از لحاظ تعداد روز مقام اول را داراست. در ایستگاه سیاه‌بیشه بارشی ثبت نشده است و در دو ایستگاه آلاشت و کیاسر به ترتیب ۴ و ۳ روز بارش مشاهده می‌شود. منبع بارش در فصل پاییز به ترتیب ایفای نقش دریای خزر، دریای مدیترانه و دریای سیاه است. تحقیقات اخیر (گرمی، ۱۳۹۴: ۱۰) نشان داده است که استقرار پشته بر روی دریای سیاه در ترازهای فوقانی و افزایش فشار در محدوده غرب میانی خزر تا شرق دریای سیاه موجب ایجاد تاوایی منفی و در نتیجه ریزش هوای سرد شمال بر روی دریای خزر می‌شود و فرارفت هوای سرد نواحی شمالی و در هم آمیزی آن با آب‌های گرم خزر موجب تغییر ماهیت هوا، از هوایی سرد و خشک به هوایی معتدل و مرطوب خواهد شد. بنابراین پرفشارهای مهاجر را عامل اصلی بارش‌های پاییزه در سواحل شمالی کشور معرفی می‌کند.

برآوردها نشان می‌دهد که ۶ متغیر مورد تحلیل در این فصل با ضریب همبستگی $R^2 = ۰/۹۸۳$ هستند که یک

غربی و رطوبت دریای مدیترانه در این موقع از سال به سواحل دریای خزر آورده می‌شود و رطوبت دریای خزر که از طریق نسیم دریا تأمین می‌شود. برآوردها نشان می‌دهد که این ۶ متغیر در فصل تابستان دارای ضریب همبستگی $R^2 = ۰/۹۹۵$ هست که رابطه بسیار قوی بین این متغیرها وجود دارد. مقدار ضریب تعدیل شده $R^2_{adj} = ۰/۹۹$ می‌باشد که نشان می‌دهد ۰/۹۹ بارش رگباری استان مازندران به این ۶ متغیر وابسته است. مقدار $F = ۸۲/۱۱$ در سطح خطای کوچک‌تر از ۰/۰۰۰ می‌باشد که رابطه قوی را نشان می‌دهد. در این فصل هم مانند فصل بهار بیشترین تأثیر را تعداد روز دارد و سپس طول جغرافیایی و بعد از آن عرض جغرافیایی بیشترین اثرگذاری را از خود نشان می‌دهد. نتایج تحلیل پس‌رونده نشان می‌دهد که مقدار $F = ۴۶۷/۹۸$ در سطح ۰/۰۰۰ بوده که باز هم تعداد روز مهم‌ترین عامل شناخته شد. نتایج در جدول شماره (۳) آورده شده است.

فصل پاییز از لحاظ بارش رگباری در استان مازندران یکی از فصول پر بارش است. که تنها در یک ایستگاه از ۱۲ ایستگاه بارش رگباری ثبت شد که آن ایستگاه سیاه‌بیشه می‌باشد. رامسر و نوشهر به ترتیب ۱۳۷۱/۷ و

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۳۳)
تحلیل مکانی بارش رگباری استان مازندران ... / ۲۰۱

روز بیشترین بارش رگباری را در استان به خود اختصاص دادند. دو ایستگاه آلاشت و سیاه‌بیشه به ترتیب ۲۴۴، ۱۷۳/۸ میلی‌متر حدود ۲/۰۴، ۱/۴۶ درصد با تعداد روز ۵ و ۷ روز کمترین بارش رگباری را به خود اختصاص می‌دهند.

محدوده‌ی غربی استان به همراه ایستگاه‌های ساحلی امیرآباد و بابلسر بیشترین بارش رگباری را به خود اختصاص دادند. نتایج تحلیل نشان می‌دهد دربارش سالانه ضریب همبستگی $R^2=0/997$ که نشان‌دهنده رابطه قوی بین این متغیرها است که مقدار ضریب تعدیل شده آن $R^2_{adj}=0/986$ است. مقدار $F=133/70$ در سطح خطای کمتر از ۰/۰۰۰ یک رابطه قوی را نشان می‌دهد. در تحلیل روش پسرونده تعداد روز و عرض و طول جغرافیایی به مقدار $F=272/35$ در سطح خطای ۰/۰۰۰ بیشترین تأثیر را دارا است. نتایج در جدول شماره (۶) آورده شده است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در سواحل جنوبی دریای خزر بارش به‌عنوان مهم‌ترین عنصر اقلیمی و پدیده جوی از توزیع زمانی و مکانی پیچیده‌ای برخوردار است. موقعیت جغرافیایی منحصر بفرد این منطقه به‌ویژه قرارگیری آن بر جانب جنوبی دریای خزر، استقرار رشته‌کوه‌های مرتفع و توپوگرافی پیچیده همراه با جابجایی بر روی منطقه بروز چنین پیچیدگی را در ساختار بارش منطقه‌ای در پی داشته است. در این پژوهش به‌منظور شناسایی بارش‌های رگباری از لحاظ مکانی در استان مازندران بارش‌های رگباری ۵ ساله از سال ۲۰۱۰-۲۰۰۶ از مجموع ۱۲ ایستگاه سینوپتیک مورد استفاده قرار گرفته است. با استفاده از داده‌های مستخرج از گراف‌های بارش، بارش‌های بیش از ۱۰ میلی‌متر در محدوده مورد مطالعه استخراج شد. در تحلیل‌های مکانی داده‌ها از نیم تغییر نگار مدل‌های مذکور استفاده شده است که با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS10 محاسبه گردید. برای پهنه‌بندی کردن محدوده مورد مطالعه از روش IDW با سه توان ۱، ۲، ۳، و روش کریجینگ با مدل‌های کروی، دایره‌ای، نمایی و گوسین

همبستگی قوی را نشان می‌دهند. این در حالی است ضریب تعدیل شده $R^2_{adj}=0/966$ است. مقدار $F=23/54$ در سطح خطای ۰/۰۰۲ هست که دارای یک رابطه بسیار قوی است. تعداد روز و طول جغرافیایی و ارتفاع بیشترین تأثیر را در ارتباط با بارش‌های رگباری داشتند. نتایج در روش پسرونده عامل تعداد روز، طول جغرافیایی و ارتفاع و دمای نقطه شبنم با مقدار $F=56/06$ در سطح خطای کمتر از ۰/۰۰۰ را نشان می‌دهد. نتایج در جدول شماره (۴) آورده شده است.

نتایج فصل زمستان نشان می‌دهد که همه ایستگاه‌های استان مازندران دارای بارش رگباری هستند، هرچند نسبت به فصل پاییز تعداد کمتری را نشان می‌دهد اما همه ایستگاه‌ها دارای بارش رگباری هستند. کمترین مقدار بارش رگباری در ایستگاه آلاشت است که فقط یک روز بارش رگباری ثبت شده که مقدار بارش حدود ۳۰ میلی‌متر می‌رسد و بیشترین تعداد روز بارش رگباری در ایستگاه رامسر با ۲۷۱/۳ میلی‌متر گزارش شده است. منابع مهم در ایجاد این بارش‌ها تقویت بادهای غربی و سیکلون‌های مدیترانه و همچنین تقویت پرفشارهای مهاجر در قسمت‌های شمالی و غربی خزر می‌باشد.

نتایج تحلیل در فصل زمستان ضریب همبستگی $R^2=0/996$ را نشان می‌دهد که بیانگر یک رابطه قوی بین این متغیرها است که مقدار ضریب تعدیل شده آن $R^2_{adj}=0/981$ است. این در حالی است که مقدار $F=95/141$ در سطح خطای کمتر از ۰/۰۰۰ یک رابطه قوی را نشان می‌دهد. بیشترین تأثیر را در این فصل متغیرهای تعداد روز، عرض جغرافیایی و رطوبت دارند. در تحلیل روش پسرونده تعداد روز و عرض جغرافیایی به مقدار $F=307/124$ در سطح خطای ۰/۰۰۰ بیشترین تأثیر را دارا است. نتایج در جدول شماره (۵) آورده شده است.

در مجموع بارش رگباری استان مازندران در ۵ سال ۱۱۹۰۲/۹ میلی‌متر بوده، که بیشترین بارش در دو ایستگاه رامسر و نوشهر به ترتیب ۲۱۷۵/۲، ۲۵۲۷/۲ میلی‌متر با حدود ۲۱/۲۳ و ۱۸/۲۷ درصد در تعداد روز بارش ۴۳/۴۰

استفاده شده است.

می‌دهد که همه ایستگاه‌های استان مازندران دارای بارش رگباری هست هرچند نسبت به فصل پاییز روزهای کمتری را در بر می‌گیرند. همه ایستگاه‌ها حداقل از یک روز در ایستگاه آلاشت تا ۷ روز در رامسر بارش رگباری را تجربه می‌کنند. نتایج تحلیل نشان می‌دهد در فصل زمستان ضریب همبستگی $R^2=0/996$ می‌باشد.

در مجموع بارش رگباری استان مازندران در این ۵ سال مورد مطالعه ۱۱۹۰۲/۹ میلی متر بوده، که بیشترین بارش در دو ایستگاه رامسر و نوشهر به ترتیب ۲۱۷۵/۲، ۲۵۲۷/۲ میلی متر با حدود ۲۱/۲۳ و ۱۸/۲۷ درصد در تعداد روز بارش ۴۰ و ۴۳ روز بیشترین بارش رگباری را در استان به خود اختصاص دادند. نتایج تحلیل نشان می‌دهد در بارش سالانه ضریب همبستگی $R^2=0/997$ می‌باشد. در مقایسه با نتایج پژوهشگران دیگر رضایی و همکاران (۱۳۸۹) تغییرات میزان رگبار در بازه مختلف زمانی از لحاظ مکانی دچار تغییر شده است. نورا و همکاران (۱۳۸۹) بیان می‌دارند که حداکثر فراوانی وقوع رگبارها در استان سیستان و بلوچستان در تداوم‌های کوتاه مدت، مربوط به رگبارهای چارک اول بوده است.

منابع و مأخذ

- ۱- حبیب پور، صفری؛ کرم، رضا (۱۳۹۱)؛ راهنمای جامع کاربرد SPSS در تحقیقات پیمایشی، انتشارات نشر آزاد پیمان، چاپ پنجم، ۴۸۴.
- ۲- حلبیان، دارند؛ امیرحسین، محمد (۱۳۹۱)؛ پیش‌بینی بارش اصفهان با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۲، شماره ۲۶، پاییز، ص ۱۲.
- ۳- خلیلی، بذرافشان؛ علی، جواد (۱۳۸۲)؛ تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد شانزده سال گذشته، مجله بیابان، جلد ۹، شماره ۱، ص ۲۶.
- ۴- ذیحی، سلطانی، شعبانی، آبروش؛ علیرضا، کریم، مرتضی، صادق (۱۳۹۰)؛ بررسی توزیع مکانی بارش

محاسبات کریجینگ به شکل کریجینگ معمولی جهت ارزیابی و تعیین بهترین مدل و صحت سنجی نقشه‌های تولید شده انجام شد. همچنین جهت مقایسه آماری مدل‌ها از مقدار ریشه مربع خطاها MAE، RMSE، RMS آن‌ها استفاده شد. بر اساس مدل‌های درونیابی بهترین مدل بهینه و مناسب جهت پهنه‌بندی مکانی بارش رگباری استان مازندران مدل‌های کریجینگ معمولی دایره‌ای و IDW، با دو توان ۱،۳ می‌باشد. بعد استخراج نقشه بهینه بر اساس رگرسیون چند متغیره بر اساس مدل روش همزمان و روش پس‌رونده شش متغیره در ایجاد بارش که شامل عرض و طول جغرافیایی، تعداد روز بارش، ارتفاع، رطوبت نسبی و نقطه دمای شب‌نم مورد برآزش قرار گرفت و تأثیر این عوامل در بارش رگباری استان در فصول مختلف و سالانه مورد ارزیابی شد. نتایج بررسی فصل بهار نشان می‌دهد که تعداد ۵ ایستگاه از ۱۲ ایستگاه فاقد بارش رگباری بوده است. این ایستگاه‌ها هم در محدوده جلگه و هم در محدوده کوهستانی منطقه قرار دارند. تحلیل نشان داد که ضریب همبستگی بین متغیرها $R^2=0/967$ است که نشان‌دهنده رابطه قوی بین مجموعه متغیرهای مستقل و متغیر وابسته می‌باشد. ۸/۸۵ درصد بارش رگباری در فصل بهار در استان مازندران به این متغیرها وابسته است. در فصل تابستان در مجموع فقط ۲ ایستگاه استان بارش رگباری را تجربه نکردند که این دو ایستگاه در ارتفاعات بوده‌اند و شامل ایستگاه آلاشت و کیاسر هست. متغیرها در فصل تابستان با ضریب همبستگی $R^2=0/995$ ، رابطه بسیار قوی را نشان می‌دهد. که ۹۹/۰ درصد بارش رگباری استان مازندران به این ۶ متغیر وابسته است. فصل پاییز از لحاظ بارش رگباری در استان مازندران یکی از فصول پربارش هست. تنها در یک ایستگاه (سیاه‌بیشه) از ۱۲ ایستگاه بارش رگباری ثبت شده است. برآوردها نشان می‌دهد که ۶ متغیر مورد تحلیل در این فصل با ضریب همبستگی $R^2=0/983$ هستند که یک همبستگی قوی را نشان می‌دهند. نتایج فصل زمستان نشان

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مهر)
تحلیل مکانی بارش رگباری استان مازندران ... / ۲۰۳

تبیین علل کاهش یافتن مقدار و شدت بارش‌های زمستانه در قیاس با بارش‌های پائیزه در سواحل جنوبی دریای خزر، فیزیک زمین و فضا، سال ۱۱، شماره پیاپی ۳۸، صفحه ۱۷۷-۲۰۳.

۱۶- منصورفر، کریم (۱۳۸۵)، روش‌های پیشرفته آماری همراه با برنامه‌های کامپیوتری، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

17-Austin, A. T., L. Yahdjian, J. M. Stark, J. Belnap, A. Porporato, U. Norton, D. A. Ravetta, and S. M. Schaeffer (2004). Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems. *Oecologia* 141.

18-Biau, G. Zorita, E. Von Storch, H. and Wackernagel, H. (1999). Estimation of precipitation by kriging in the EOF space the sea level pressure field. *Journal of climate*, 12(4), 107.

19-Collins, S. L. Sinsabaugh, R. L. Crenshaw, C. Green, L. Porras Alfaro, A. Stursova, M. Zeglin, L. H. (2008). Pulse dynamics and microbial processes in aridland ecosystems, *Journal of Ecology*, 96.

20-Dingman, S. L., Seely-Reynolds, D. M., and Reynolds, R. C. (1998). Application of Kriging to Estimating Mean Annual Precipitation in a Region of Orographic Influence. *Journal of the American Water Resources Association*, 24.

21-Knapp, A. K. Smith, M. D. (2001). Variation among Biomes in Temporal Dynamics of Aboveground Primary Production, *Journal of Science*, 291.

22-Lu, G. Y., and Wong, D. W. 2008. An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. *Computers and Geosciences*, 34: 1044-1055.

23-Mohammadi, J. 2006. Spatial statistics (Geo statistics-part 2). Pelk Publication Tehran, 453p. (In Persian).

24-Ole, E. T. and Wolfgang, S., (ZAMG). 2002. Applications of spatial interpolation of climatological and Meteorological elements by the use of geographical information, *COST 719*: 1-45.

25-Ronald, P. B. and Jay, M. V. H. (2009). Blackbox Kriging: Spatial Prediction without Specifying Variogram Models, *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 1(2).

26-Webster, R. & M. A. Oliver, 2000. *Geostatistics for environmental scientists*, Wiley press, 271p.

سالانه با استفاده از روش زمین آمار (مطالعه موردی: استان قم)، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۷۸، زمستان، صص ۱۰۱-۱۱۲.

۵- رضایی، روشنی؛ پرویز، محمود (۱۳۸۹)؛ بررسی بارش‌های رگباری و روند تغییرات آن در استان گیلان، مجله علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال دهم، شماره ۳۰.

۶- عساکره، حسین، (۱۳۸۶)، تغییرات زمانی مکانی بارش ایران زمین طی دهه‌های اخیر، جغرافیا توسعه، شماره ۱۰.

۷- عساکره، حسین، (۱۳۸۷)، کاربرد روش کریجینگ در میانمایی بارش، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، صص ۲۵-۴۴.

۸- غیور، مسعودیان، آزادی، نوری؛ حسنعلی، سیدابوالفضل، مجید، حمید (۱۳۹۰)؛ تحلیل زمانی و مکانی رویدادهای بارشی سواحل جنوبی خزر، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی سال ۲۵، شماره ۱۰۰، بهار، صص ۲.

۹- علیجانی، کاویانی؛ بهلول، محمدرضا (۱۳۷۱)؛ مبانی آب و هواشناسی، چاپ اول، انتشارات سمت، صص ۲۱۲.

۱۰- قبادی، مفیدی، زرین؛ غلامرضا، عباس، آذر (۱۳۹۰)؛ شناسایی الگوهای هم‌دید بارش‌های شدید زمستانه در سواحل جنوبی دریای خزر، مجله جغرافیایی و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۲، صفحه ۲۵-۲۴.

۱۱- قهرودی تالی، م، بابایی فینی، ا، (۱۳۸۴)، درآمدی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی، انتشارات پیام نور.

۱۲- قهرمان، علیزاده، کمالی؛ بیژن، امین، غلامعلی (۱۳۶۴)؛ بررسی جامع رگبارهای کوتاه‌مدت در مشهد، مجله علمی و فنی سازمان هواشناسی کشور نیوار.

۱۳- گرامی، محمد صالح، (۱۳۹۴)، تحلیل فضایی روابط بین مؤلفه‌های اتمسفری، وقوع دوره‌های خشک و مرطوب در سواحل جنوبی دریای خزر، کنفرانس ملی هواشناسی ایران، اردیبهشت ۱۳۹۴، دانشگاه یزد.

۱۴- محمدی، نبی، (۱۳۸۸)، تحلیل زمانی-مکانی بارش استان کردستان، مجله رشد-آموزش جغرافیایی، شماره ۲، تابستان، صص ۲۱.

۱۵- مفیدی، زرین، قبادی؛ عباس، آذر، غلامرضا، (۱۳۹۱)،

Archive of SID