نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۴۳، زمستان ۹۵

تحلیل فضایی بارش سالانه استان خوزستان، رویکردی از تحلیل رگرسیون های فضایی

دریافت مقاله: ۹۳/۸/۱۹ پذیرش نهایی: ۹۵/۹/۲۰
صفحات:۱۴۷-۱۲۵

سعید بلیانی: دکتری اقلیم شناسی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران[۱]
Email: ybalyani52@yahoo.com

چکیده

بارش از جمله عناصر اقلیمی است که در برنامه ریزی محیطی دارای اهمیت بسیار می باشد. در این راستا برای مدل سازی و پیش بینی مکانی بارش سالانه در استان خوزستان و ارتباط آن با عوامل مکانی از روش رگرسیون های فضایی استفاده شده است. لذا از آمار ۱۳ ایستگاه سینوپتیک استان خوزستان از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۰ میلای جهت پیشگویی فضایی و ارتباط با عوامل جغرافیایی توپوگرافی (ارتفاع، شیب و جهت دامنه ها) و طول- عرض جغرافیایی به روش رگرسیون های فضایی مربعات معمولی(OLS) و موزون جغرافیایی(GWR) بهره گرفته شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان دهنده یک ارتباط قوی بین بارش با عوامل جغرافیایی است. نتایج دو مدل رگرسیون عمومی و وزنی جغرافیایی برای پیش بینی بارش سالانه حاکی از برآورد مقادیر پیش بینی بهتر در مدل رگرسیون موزون جغرافیایی است. بطوری که میزان برآورد حاصل از روش رگرسیون موزونی جغرافیایی در استان خوزستان، نشان از مقادیر پایین باقیمانده ها ی خطا، مقادیر بالای R^2 ، عدم وجود خودهمبستگی فضایی و نرمال بودن مقادیر باقی مانده مدل را نمایش می دهد. میزان R^2 در مدل رگرسیون مربعات معمولی ۷۵٪ تغییرات بارش را با عوامل مکانی تبیین می کند. در حالیکه در رگرسیون وزنی جغرافیایی این میزان در دامنه ۸۲٪ تا ۹۷٪ در روی پهنه بارش خوزستان در نوسان است و نشان دهنده برآورد بهتر این مدل می باشد. بر همین اساس مشخص شد که نقش ارتفاعات درشرق، شمالشرق و شمال استان، جهت دامنه ها در بخش های شرق ، شمالشرق و در محدوده کوه های زاگرس، و شیب نیز در همین محدوده های ذکر شده مهم ترین عوامل مکانی موثر بر مقادیر بارش به شمار می آیند.

کلید واژگان: خودهمبستگی فضایی، رگرسیون موزون جغرافیایی، رگرسیون مربعات معمولی، بارش، خوزستان.

---

[۱]. **نویسنده مسئول:** تهران-خیابان شهید مفتح-دانشگاه خوارزمی-دانشکده علوم جغرافیایی-گروه آب و هواشناسی

مقدمه

ارتباط عناصر مختلف اقلیمی خصوصا بارش با دیگر عناصر یا عوامل اقلیمی، تغییرات گسترده‌ای را در بعد زمان و مکان پدید آورده است؛ به‌طوری‌که بسیاری از محققان اقلیم شناسی، به تحلیل‌های زمانی و مکانی این متغییر پرداخته‌اند. یکی از رویکردهای مطالعاتی، تحلیل، تفسیر و ردیابی تغییرات مکانی بارش از طریق تعیین یک مدل بهینه است. در این میان مدل های آماری از توجه عمده ای برخودار هستند. از رایج ترین مدل های آماری، روش های رگرسیونی چند متغیره است که علاوه برتبیین روابط موجود میان متغیرها، به عنوان ابزاری برای بازآفرینی، برآورد و پیش بینی به شمار می آیند. این مدل ها هم برای تحلیل های زمانی و بررسی سری های زمانی کارآمد هستند و هم برای ارزیابی تنوع مکانی از قابلیت برخوردارند (عساکره و سیفی پور،۱۳۹۱). در زمینه مطالعه پراکندگی مکانی عناصر اقلیمی براساس رگرسیون چند متغییری می توان به مطالعات هانسن و لبدف[1] (۱۹۸۷) و جونس و همکاران[2] (۱۹۸۶) اشاره نمود. در ایران و جهان نیز مطالعات متعددی از نظر رگرسیون های کلاسیک و عمومی چند متغیره صورت گرفته است. از جمله این تحقیقات می توان موارد ذیل را برشمرد: سینگ و کومار[3](۱۸۳) با مطالعه رابطه بارش با ارتفاع در هیمالیای غربی شاهد افزایش بارش به ازای افزایش ارتفاع در دامنه های رو به باد این ارتفاعات بوده اند.کنراد[4](۱۹۹۶) درمنطقه کوهستانی بلوریج ایالات متحده و استور و فرگوسن[5](۱۹۷۲) درغرب کانادا نشان داده اند که به ازای افزایش ارتفاع، افزایش بارش داشته اند. باسیست و همکاران[6](۱۹۹۴) در مناطق بین المدارین، جانس و چن[7](۲۰۰۳) در سوئد و پرودهوم و رید[8] (۱۹۹۸) نیز در اسکاتلند افزایش بارش با ارتفاع را تأیید می کنند. درایران نیز تحقیقات عساکره و مازینی (۱۳۸۹) و علیجانی(۱۳۷۴)رابطه معکوس را بین میزان بارش و ارتفاع در نواحی شمال شرقی و غرب و برخی از نواحی دیگر ایران به اثبات رسانده اند. علیجانی (۱۳۸۱) براساس بررسی چند متغیره بارندگی اذعان می دارد که تغییرات مکانی بارش ایران با ارتفاع و عرض جغرافیایی رابطه معنی داری ندارد. ولی رابطه بارش سالانه و تغییرات طول جغرافیایی به

1. Hansen and Lebedeff
2. Jones and et all
3.Singh and Kumar
4. Konrad
5. Storr and Ferguson
6. Basist and et all
7. Johansson and Chen
8 . Prudhomme Reed and

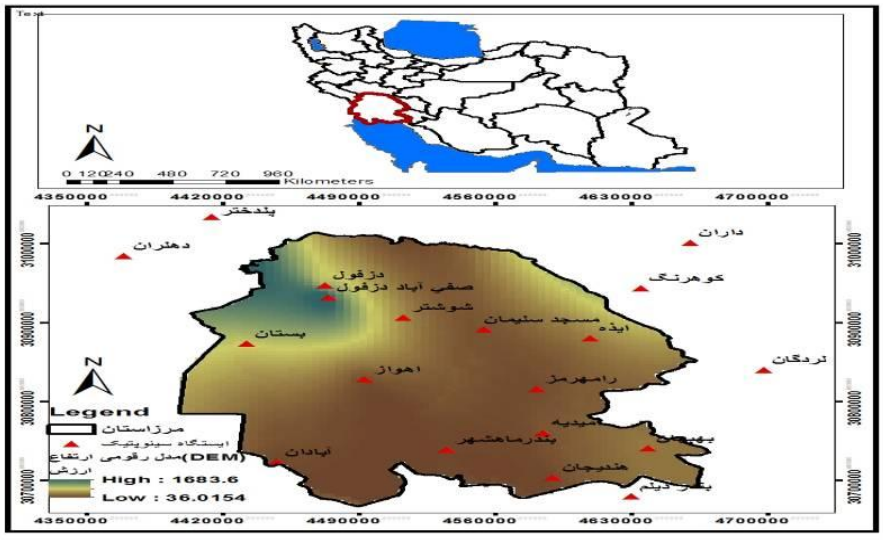
لحاظ آماری معنی دار بوده است. رگرسیون وزنی جغرافیایی یکی از رگرسیون های فضایی است که استفاده از آن در علوم جغرافیایی و سایر رشته هایی که از داده های فضایی و مانند آنها استفاده می کنند رو به افزایش است. یکی از روش های رگرسیونی که در تحلیل های مکانی قابل استفاده است، روشی موسوم به رگرسیون مربعات معمولی(OLS)[1] و موزون جغرافیایی(RWG) [2] است. بسط این روش ها در مراجع مربوط به رگرسیون مکانی معرفی شده است. این روشها در کشورهای جهان نزد جغرافیدانان شهری مورد توجه فراوان بوده است. اما بکارگیری این روشها در ایران و نزد جغرافیدانان کشور خصوصاً اقلیم شناسان به جز یک مورد شناخته شده از جمله تحقیق عساکره و سیفی پور(۱۳۹۱) کمتر مورد توجه واقع شده است. بسط این روشها را می توان با رجوع به مبانی نظری فوذرینگهام و همکاران[3] (۲۰۰۲) به تفصیل مورد مطالعه قرار داد. برنسدون و همکاران[4](۲۰۰۱) براساس روش رگرسیون جغرافیایی موزون (GWR) رابطه مجموع بارش سالانه و ارتفاع در بریتانیا را بررسی نمودند. براین اساس فراسنج های رگرسیون را شناسایی کرده و برآورد و توزیع مکانی آنها را به شکل نقشه ارائه دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که میزان افزایش بارش به ازای افزایش ارتفاع (ضرایب ارتفاع) از حدود ۴/۵میلی متر تا حدود صفر میلی متر در متر تغییر می کند. محمودی و علیجانی(۱۳۹۲) طی تحقیقی به بررسی رابطه بین بارش سالانه و فصلی با عوامل زمین اقلیم در استان کردستان با استفاده از مدل رگرسیون چند متغیره اقدام نمودند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که ترکیب دو متغیر طول و عرض جغرافیایی، به ترتیب ۶۶ و ۴۶ درصد تغییرات مکانی بارش های فصل پاییز، بارش سالانه و بارش فصل بهار را توجیه می کنند. ترکیب دومتغیر عرض جغرافیایی و ارتفاع نیز حدود ۶۳ درصد تغییرات مکانی بارش فصل تابستان و ترکیب سه متغیر طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع نیز ۴۷ درصد تغییرات مکانی بارش را در فصل زمستان تبیین می کنند. عساکره و سیفی پور(۱۳۹۱) اقدام به مدل سازی بارش سالانه ایران نمودند. آنها با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات معمولی و رگرسیون موزون جغرافیایی رفتار بارش سالانه ایران را از نظر ارتباط مکانی با عوامل جغرافیایی ارزیابی کردند و نتیجه گرفتند که استفاده از رگرسیون های فضایی خصوصاً موزون جغرافیایی قادر به پیش بینی متغیر بارش سالانه ایران درارتباط با عوامل جغرافیایی (طول، عرض، ارتفاع، شیب و جهت شیب) هستند.

1 .Ordinary Least Squares Regression
2 .Geographically Weighted Regression
3 .Fotheringham
4.Brunsdon at all

علیجـانی و همکـاران(۲۰۱۳) بـارش سـالانه ایـران را در ۱۷۶ایسـتگاه سـینوپتیک بـه روش گریجینگ معمولی کروی پهنه بندی نمودند و بر روی پیکسـل بـارش سـالانه ایـران اقـدام بـه تحلیل فضایی بارش سالانه با استفاده از آماره موران[1] و آماره جی استار[2](لکه های داغ) نمودنـد. نتایج تحقیق آنها نشان داد که بارش ایـران از الگـوی خوشـه ای فضـایی برخـوردار مـی باشـد. همچمنین از طریق ارزیابی نقاط داغ و سرد، خوشه های بارش بـا ارزش بـالا و خودهمبسـتگی فضایی را در نوار شمالی و کمربند شمالغرب ایران برروی محور زاگرس تا حوالی شـمال اسـتان فارس شناسایی نمودند. همچنین لکه سـرد و منـاطق بـا بـارش پـایین را در قسـمتهای ایـران مرکزی، جنوب و جنوب شرق ایران مورد تایید قرار دادند.با توجه به مباحث فوق هـدف از ایـن تحقیق تحلیل فضایی بارش سالانه استان خوزستان با استفاده از روش های (رگرسیون مربعات عمومی(SLO) و موزون جغرافیایی(RWG) می باشد.

داده ها و روش ها

در این تحقیق ازمجموع بارش سالانه ۱۳ ایستگاه سینوپتیک از بـدو تأسـیس تـا سـال ۲۰۱۰ میلادی و نقاط شاهد و مجاور با استان خوزستان که شامل۶ ایستگاه همدید بودند جهت میـان یابی استفاده شده است شکل ۱ و جدول ۱.



شکل(۱). نقشه موقعیت جغرافیایی ایستگاههای مورد مطالعه

1. Moran`s I
2. G* (Hot Spot Analysis)

جدول(۱) مشخصات جغرافیایی ایستگاهای مورد مطالعه

تعداد	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	بارش سالانه	ارتفاع
۱	هندیجان	۴۹,۷۳	۳۰,۲۵	۲۵۳	۳
۲	آبادان	۴۸,۲۵	۳۰,۳۶	۱۵۵,۹۶	۶,۶
۳	بندرماهشهر	۴۹,۱۵	۳۰,۵۵	۲۱۳,۴	۶,۲
۴	بهبهان	۵۰,۲۳	۳۰,۶	۳۴۹,۹	۳۱۳
۵	امیدیه	۴۹,۶۵	۳۰,۷۶	۲۶۳,۱	۱۵۰,۵
۶	رامهرمز	۴۹,۶	۳۱,۲۶	۳۳۴,۵	۲۲,۵
۷	اهواز	۴۸,۶۶	۳۱,۳۳	۲۳۵,۹۲	۷,۸
۸	بستان	۴۸	۳۱,۷۱	۲۰۶,۸	۷۶۷
۹	ایذه	۴۹,۸۶	۳۱,۸۵	۶۹۴	۳۲۰,۵
۱۰	مسجدسلیمان	۴۹,۲۸	۳۱,۹۳	۴۶۴	۶۷
۱۱	شوشتر	۴۸,۸۳	۳۲,۰۵	۳۲۱,۴	۱۴۳
۱۲	صفی آباد دزفول	۴۸,۴۱	۳۲,۲۶	۳۴۱,۸	۱۸۷۱,۹
۱۳	دزفول	۴۸,۳۸	۳۲,۴	۴۰۴,۶	۷۱۳,۵
۱۴	پلدختر	۴۷,۷۱	۳۳,۱۵	۳۵۹,۹	۷۱۳
۱۵	بندردیلم	۵۰,۱۶	۳۰,۰۵	۳۲۹,۴	۴
۱۶	دهلران	۴۷,۳۶	۳۲,۶۸	۲۹۰,۸	۲۳۲
۱۷	داران	۵۰,۳۶	۳۲,۹۶	۳۳۱,۸	۲۲۹۰
۱۸	کوهرنگ	۵۰,۱۱	۳۲,۴۳	۱۴۴۱,۸	۲۲۸۵
۱۹	لردگان	۵۰,۸۱	۳۱,۱۵	۵۶۷,۳	۱۵۸۰

برای تهیه یاخته های(پیکسل) بارش ۴*۴ کیلومتر که در سیستم تصویر مخروطی لامبرت هم شکل نگاشته شده،از بین روش های درون یابی، درون یابی به روش کریجینگ معمولی کروی بعنوان کاندید مناسب برای پهنه بندی بارش استان خوزستان تشخیص داده شد. در ادامه سراسر پهنه مورد مطالعه در استان خوزستان با ۳۹۹۷ یاخته (پیکسل) پوشانده شدند. به منظور هماهنگی و همخوانی تعداد یاخته متغیرهای مستقل (عوامل توپوگرافی، طول و عرض جغرافیایی) به روش رگرسیون های فضایی با تعداد یاخته های ایجاد شده در پهنه بارش استان، نقشه مدل رقومی ارتفاع نیز با یاخته های ۴*۴ کیلومتر تهیه شد. بدین ترتیب مختصات مکانی (طول و عرض جغرافیایی) و توپوگرافی (شیب و جهت دامنه) برروی هر یاخته تهیه شد. سپس یک پایگاه داده اطلاعاتی از متغیر وابسته بارش و متغیرهای توضیحی برای

بسط و پیشگویی فضایی بارش سالانه استان خوزستان در قالب لایه اطلاعاتی شیپ فایل[1] نقطه ای و گرید کد[2] شده به همراه ارزش خصیصه ای بصورت مقادیر ۳۹۹۷ یاخته (مرکز هر پیکسل بصورت نقطه ای با مقادیر ارزشی بارش بودند) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. در نهایت با استفاده از دو روش رگرسیون کلی (عمومی یا معمولی) و موزون جغرافیایی پیشگویی فضایی بارش انجام شد. برای آشنایی اولیه با مفهوم رگرسیون فضایی، فرض کنید یک متغیر مثل Y را در طول زمان یا در بین واحدهای مختلف مشاهده کرده و داده‌های مربوط به آن را به دست آورده‌ایم. می‌خواهیم چگونگی تغییرات آن را تفسیر کنیم. برای این منظور باید متغیر یا متغیرهایی را در نظر بگیریم که بتوانند این تغییرات را توضیح دهند. فرض کنید رابطه زیر موجوداست:

$$Y_t = f(x_{1,t}, ..., x_{k,t})$$

رابطه (۱)

این مدل، یک مدل ریاضی است چرا که فقط رابطه ریاضی بین متغیر وابسته (Y) و متغیرهای مستقل (X ها) را منعکس کرده است. اگر تابع f نسبت به متغیرهای X۱ تا Xk خطی باشد یعنی به بصورت رابطه زیر باشد:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1,t} + ... + \beta_k x_{k,t}$$

رابطه (۲)

این مدل، یک مدل ریاضی خطی نامیده می‌شود.اینکه چه متغیرهایی باید به عنوان متغیرهای توضیح دهنده استفاده شوند، می‌تواند به تئوری‌های بکارگرفته شده و یا برداشت شخصی مدل ساز بستگی داشته باشد (درخشان۵۴:۱۳۸۵). هر گاه به مدلهای ریاضی یک جمله خطا که یقیناً تصادفی است ، اضافه کنیم به یک مدل رگرسیون تبدیل خواهد شد رابطه (۳) :

رابطه (۳)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1,t} + ... + \beta_k x_{k,t} + \varepsilon_t$$

به متغیر Y که در سمت چپ معادله قرار دارد، متغیر وابسته و به (X ها) متغیرهای توضیح دهنده یا رگرسورها گفته می‌شود. رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS) یک شکل از رگرسیون خطی برای پیش بینی عمومی یا برای مدل سازی متغیر وابسته در ارتباط با مجموعه ای از متغیرهای مستقل یا توضیحی می باشد. تحلیل رگرسیون احتمالاً عمومی ترین آماره

1. Shape file points
2 .sGrid cod.

مورد استفاده در علوم مختلف است. شناخت و ارزیابی ارتباط بین دو متغیر باعث فهم بهتر ارتباط بین متغیر وابسته و مستقل می شود، و نشان می دهد که در یک مکان چه چیزی در حال رخداد است؛ و پیش بینی می کند که چگونه این رخدادها در یک جا و دریک مکان مورد آزمون قرار می گیرند. رگرسیون مربعات عمومی شناخته شده ترین تکنیک رگرسیون ها می باشد.این مدل رگرسیون، همچنین شروعی برای نقاط مورد آزمون برای همه تحلیل های رگرسیون فضایی فراهم می کند. لذا یک مدل جهانی از متغیرها یا فرایندی که ما در صدد پیش بینی و فهم ارتباط بین متغیرها هستیم ایجاد می کند. این مدل رگرسیون تنها یک معادله رگرسیون را برای نشان دادن این فرایند نشان می دهد. اما رگرسیون موزون جغرافیایی این کار را از طریق تهیه معادلات رگرسیون جداگانه برای هر عارضه با ملاحظه ی متغیرهای وابسته و مستقلی که در طول باند (محدوده) عارضه قرار می گیرند، انجام می دهد. شکل و اندازه این محدوده بستگی به ورودی هایی دارد که کاربر تعیین می نماید و معمولاً یکی از روش های کرنل[1]، روش طول باند[2]، فاصله و تعداد عوارض می باشد (عسگری،۱۳۹۰:۶۹). رگرسیون وزنی جغرافیایی تکنیکی است که برای تحلیل های توصیفی برروی آمار فضایی مورد استفاده قرار می گیرد. در رگرسیونهای معمولی فرض ما برآن است که رابطه ای که می خواهیم بین یک متغییر وابسته و مستقل مدل سازی کنیم در سراسر محدوده مورد مطالعه یکسان است. در بسیاری از موارد چنین فرضی صحیح نیست. برای اینگونه موارد راه حل های مختلفی ارائه می شود. رگرسیون وزنی جغرافیایی یکی از روشهای کارا و ساده برای انجام این تحلیل هاست. روش رگرسیون جغرافیایی موزن(GWR)، روش آماری-محلی است که اساس آن بر پایه قانون جغرافیایی اصل نزدیکی همانندی می باشد (عساکره وسیفی پور۱۳۹۰:۵). در رگرسیون معمولی که درآن فقط یک متغیر توضیحی وجود دارد، بصورت زیر نوشته می شود:

رابطه (۴) $$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + e$$

در اینجا Y_t متغیر وابسته و X_1 متغیر مستقل و β۰ و β۱ ضرایبی هستند که باید تخمین زده شوند و e جز خطا است، و فرض می شود که بصورت نرمال توزیع شده است. در این نوع رگرسیون همچنین فرض می شود که مقادیر ضرایب در طول محدوده مورد مطالعه یکسان می باشند. بنابراین اگر هرگونه نوسانات جغرافیایی در روابط وجود داشته باشد باید در جرء خطا منعکس گردد. انواع مختلف آماره ها نیز وجود دارند که به کمک آنها می توان برای بررسی خوبیِ مدل رگرسیون برآورد شده از آنها استفاده نمود. برخی از این آماره ها برای برآورد

1. Kernel
2. Bandwidth method

مناسب درمدل رگرسیون عمومی(OLS) می توان به آزمون های تشخیص بروچ- پاگان[۱]،جارکو - برا[۲] برای بررسی واریانس همسانی و نرمال بودن خطای باقی مانده ها و آزمون خودهمبستگی فضایی با محاسبه آماره موران I اشاره نمود. مهم ترین آزمونی که باید مورد توجه قرار گیرد آزمون خودهمبستگی فضایی است. اگر آماره I موران وجود خودهمبستگی فضایی را تایید کند، نتایج رگرسیون استاندارد تخمینی با (OLS) دیگر اعتماد کردنی نیست، بنابراین باید مشکل خودهمبستگی فضایی رفع گردد. مدل رگرسیون موزون جغرافیایی به صورت رابطه (۵) تعریف می شود (انسلین،۱۹۹۹ :۲۳۴) :

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) X_{ik} + \varepsilon_i$$

رابطه (۵)

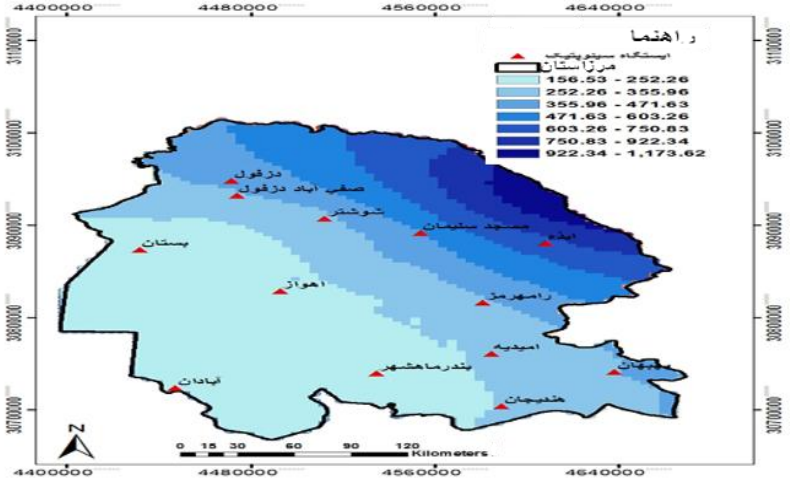
در این رابطه (vi,ui) مختصات i امین نقطه در فضا و$\beta K(ui, vi)$ مقداری تحقق یافته از تابع پیوسته$\beta K(u, v)$ نقطهi می باشد. قابل ذکر است که اگر پارامترها در تمامی نقاط ثابت در نظر گرفته شوند معادله رگرسیون موزون جغرافیایی همان فرم معادله رگرسیون معمولی خواهد بود. این روش وجود تغییر در پارامترها و در مکان های مختلف را می پذیرد و روشی را برای برآورد آنها ارائه می دهد. روش رگرسیون موزون جغرافیایی همان روش حداقل مربعات وزنی است با این تفاوت که به مشاهدات براساس مکانشان نسبت به نقطه مرجع i وزن داده می شود. وزن دهی مشاهدات در فرایند تخمین ثابت نیست و با توجه به مکان مشاهده از نقطه i تغییر می کند. مشاهده نزدیک به نقطه i، وزن بیشتری نسبت به مشاهدات دورتر از نقطه i دریافت می کند(بلیانی و حکیم دوست،۱۳۹۳:۱۲۴).

بحث و نتایج

شکل(۲) توزیع فضایی مجموع بارش سالانه استان خوزستان را نشان می دهد. بطوری که ملاحظه می شود بارش سالانه در استان خوزستان بطور یکسان پراکنده نشده است، لذا می توان بخوبی دریافت که مناطق غرب، جنوبغرب استان مناطق کم بارش و مناطق شرق و شمالشرق استان به سمت شمال استان و مجاور با دامنه های روبه باد در کوه های زاگرس مناطق پربارش را تشکیل می دهند. یکی از موارد اساسی و لازم برای مدل سازی مکانی، برآوردی اولیه و آگاهی از وجود همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته است. جدول (۲) ماتریس ضرایب همبستگی بین پیکسل های مربوط به عوامل مکانی با پیکسل های متناظر با

5. Breush- Pagan test
6. Jarque- Bera

بارش سالانه در استان خوزستان را نشان می دهـد.علی رغـم کوچـک بـودن برخـی از ضـرایب همبستگی ارائه شده درجدول، که به دلیل فراوانـی تعـداد پیکسـل هـای نقشـه بـوده، تمـامی ضرایب ارائه شده در این جدول در سطح ۹۵ درصد اطمینان، معنی دار هسـتند. لـذا مـی تـوان شناخت اولیه از وجود رابطه منطقی بین متغیر مستقل و وابسته بدست آورد.



شکل (۲). توزیع فضایی مجموع بارش سالانه استان خوزستان

همانطور که از جدول(۲) ملاحظه می شود بیشترین ارتباط و هماهنگی مکانی بارش سالانه با عوامل مکانی برای پیشگویی اولیه در مقادیر یاخته های بارش با آنها در متغیـر طـول و عـرض جغرافیایی به میزان ۰/۴۱ و۰/۶۸ و متغیر مکـانی شـیب بـه میـزان ۰/۳۲ دارای بـالاترین تـاثیر مکانی شناخته می شوند.

جدول(۲). ماتریس ضرایب همبستگی بارش سالانه با متغییرهای مکانی

عوامل مکانی	بارش	طول جغرافیایی (متریک)	عرض جغرافیایی (متریک)	ارتفاع	شیب	جهات دامنه
بارش	۱	۰/۴۱	۰/۶۸	۰/۱۴	۰/۳۲	۰/۱۹
طول جغرافیایی(متریک)	–	۱	-۰/۱۶	-۰/۳۶	-۰/۲۶	۰/۴۵
عرض جغرافیایی(متریک)	–	–	۱	۰/۵۶	۰/۶۴	-۰/۱۲
ارتفاع	–	–	–	۱	۰/۶۵	-۰/۱۱
شیب	–	–	–	–	۱	-۰/۲۵
جهات دامنه	–	–	–	–	–	۱

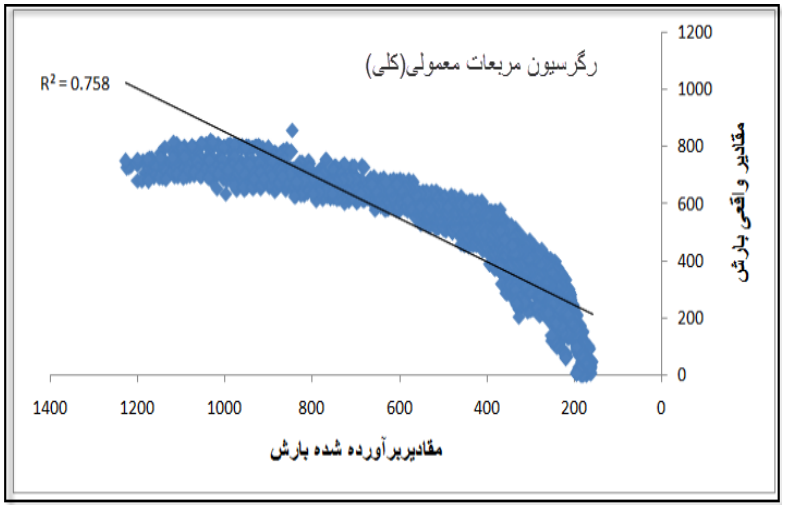
الف:رگرسیون کلی

مدل برازش یافته و ضریب تعیین R^2 برای شناخت رفتار مکانی متغیر بارش سالانه با عوامل جغرافیایی توپوگرافیک(ارتفاع-شیب و جهت دامنه ها) و طول و عرض جغرافیایی به قرار زیر است:

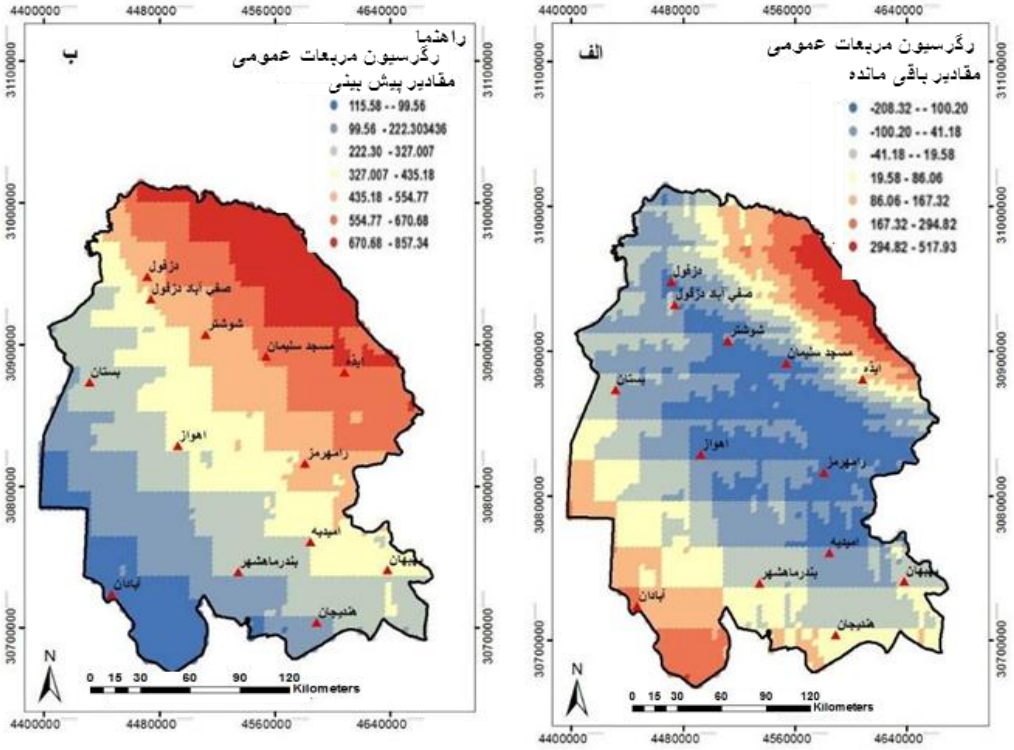
R = - 752 + 0.0019X + 0.0022 Y + 0.016 Elevation - 12.1 Slop+ 1.30 Aspect
(56.94) (75.95) (2.86) (-3.92) (5.31)

باتوجه به جدول (۲) مشاهده شد که تمامی متغیرها برای بیان یک رابطه اولیه در پیشگویی فضایی بارش سالانه استان خوزستان معنی دار بودند. لذا در رگرسیون عمومی برازش شده در رابطه بالا بر متغیرهای فضایی برازش داده شده، مشاهده می شود که تمامی متغیرها در هر سطح، معنی دار و مورد تایید می باشند. اعداد داخل پرانتز در زیر هریک از فراسنج ها به ترتیب مقادیر آماره t در سطح معناداری ۹۵ درصد اطمینان با خطای $\alpha = \%5$ است. در این رابطه عوامل مکانی طول و عرض جغرافیایی به همراه ارتفاع و جهات دامنه رابطه مثبت را با بارش سالانه نشان می دهند، و تنها عامل شیب با داشتن بالاترین ضریب به میزان ۱۲٪- بعنوان بالاترین عامل مکانی تاثیر گذار شناخته می شود. بطوری که با ثابت انگاشتن سایر متغیرها این عامل تاثیری اساسی در کاهش بارش دارد. شکل (۳) پراکنش‌نگار مقادیر واقعی و برآورد شده بارش توسط مدل رگرسیونی (OLS) را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل عدم هماهنگی بین اندازه‌های واقعی و مقادیر برآورد شده، قابل استنباط است. بطوری که مشاهده می شود، برآوردها در نواحی پربارش و کم‌بارش عموماً بیش از مقدار واقعی بوده است. در بین دو ناحیه نیز محدوده دیگری قرار می‌گیرد که اندازه‌های برآورد شده بارش برای آن معمولا کم‌تر از مقادیر مشاهده شده است. این موضوع در شکل (۴ الف) نیز قابل مشاهده است. بر پایه این شکل می توان دریافت که انحرافات مقادیر واقعی و مشاهده شده در پهنه استان خوزستان ، دارای انحرافات مثبت از مقدار بارش در پر باران‌ترین ناحیه استان یعنی شمال شرق و ناحیه کم بارش یعنی جنوب و به ویژه جنوب غرب متمرکز شده‌اند. همچنین بیش‌ترین خطای مثبت در پربارش ترین ناحیه رخ داده است. در دیگر نواحی استان مدل رگرسیون (OLS)، عموما اندازه بارش را کم‌تر از مقدار واقعی آن برآورد کرده است. این نواحی با اندازه‌های منفی بر روی شکل(۴ الف)، قابل مشاهده است. شکل(۴ ب)، برآورد و پیش بینی مقادیر بارش استان خوزستان توسط مدل یادشده را نشان می‌دهد. می‌توان دید که در یک روند کلی بارش از جنوب غرب به سمت شمال شرق افزایش یافته است. به این ترتیب بیش‌ترین اندازه‌های برآورد

شده در شمال- شمال شرق و کم‌ترین برآوردها در جنوب غرب منطقه تمرکز یافته‌اند. بنـابراین این موضع با واقعیت توزیع مکانی بارش در پهنه استان خوزستان هماهنگ مـی‌باشـد. بنـابراین هرچند که مدل رگرسیونی (OLS) تنها ۷۵/۸ درصد از تغییرات مکانی بارش را توجیه می‌کنـد، اما اندازه خطا در برآوردهای آن در برخی نواحی استان بسیار زیاد اسـت. بنـابراین برآوردهـای حاصل از مدل (OLS) برای داده های فضـایی کـه خودهمبسـتگی فضـایی را در مقـادیر خطـا نمایش می دهند، زیاد کارآمد نمی باشند.



شکل (۳). پراکنش نگار مقادیر واقعی و برآوردشده بارش سالانه در رگرسیون موزون جغرافیایی(OLS)



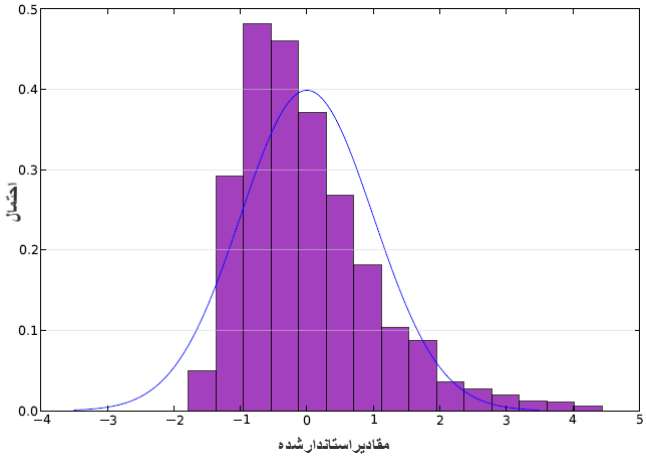
شکل (۴) الف) نقشه باقی مانده و ب) میزان برآورد شده بارش سالانه استان خوزستان مدل رگرسیون OLS

در همین راستا و براساس جدول(۳)، آزمون های بروچ – پاگان و جارکو – برا فرضیات همسانی واریانس و نرمال بودن باقی مانده مدل OSL رد می شود. همچنین آماره I موران ۹۷/. + درصد بدست آمده و در سطح ۱٪ معنی دار، و نشان دهنده وجود خودهمبستگی فضایی در باقی مانده مدل OLS است. این آماره از معتبرترین آماره ها جهت جایگزینی یک مدل رگرسیون فضایی مناسب با برآورد OLS می باشد. چنانچه آماره های بروچ – پاگان و جارکو- برا معنی دار شوند و آماره موران نیز وضعیت خود همبستگی فضایی بین باقی مانده ها را تایید نمایند، جایگزین نمودن یک روش مناسب رگرسیون فضایی(از جمله تاخیر،خطا و موزون جغرافیایی) لازم بنظر می آید (زیبایی، باقری۱۳۹۰:۱۳). لذا گاهی اوقات یکی از راههای تشخیص استفاده از رگرسیون موزون جغرافیایی، آگاهی از میزان خودهمبستگی فضایی باقی مانده خطای برآورد شده توسط خطای فضایی آماره موران می باشد.

جدول(۳)آزمون تشخیص صحت مدل رگرسیون مربعات معمولی(OLS) (همسانی واریانس ، نرمال بودن باقی مانده هاو خودهمبستگی فضایی باقی مانده ها)

آزمون	نرمال بودن باقی مانده ها(OLS)	همسانی واریانس باقی مانده ها(OLS)	مقدارآماره	آماره- valuep سطح معناداری(۹۵٪)
جارکو- برا	ناهمبسته و نرمال		۱۴۵۴/۸۱۸	P۰/۰۵ >۰
خطای فضایی موران	خودهمبستگی فضایی باقی مانده ها		۰/۹۷	P ۰/۰۵ >۰
بروچ – پاگان	همسانی واریانس باقی مانده ها		۲۱۴/۰۶	P ۰/ ۰۵ >۰

همچنین با توجه به شکل۵، بافتنگار حاصل از توزیع باقی مانده مدل(OLS)، می توان دریافت که باقی مانده های حاصل از مدل رگرسیون عمومی نشان دهنده یک توزیع تقریبا چوله به راست و غیر نرمال است. در نهایت برای تخمین مدل سازی مکانی بارش سالانه به روش رگرسیون موزون جغرافیایی، ابتدا مدل مورد نظر را از روش حداقل مربعات عمومی برآورد نمودیم. همانطور که مشاهده می شود با انجام آزمون های تشخیص و ترسیم بافتنگار باقی مانده مدل به همراه آماره خطای فضایی موران که معنی دار بود، مسیر یافتن مدل مناسب دنبال می شود. با توجه به بررسی مورد نظر اگر در رگرسیون عمومی خطای خود همبستگی فضایی و یا ناهمگنی فضایی دیده شود، لازم است تا از مدل های خطای فضایی دیگر ازجمله رگرسیون موزون جغرافیایی استفاده گردد و با استفاده از این روش، مدل دوباره تخمین زده شود و در انتها معادله مناسب جهت توضیح متغیر وابسته انتخاب شود.

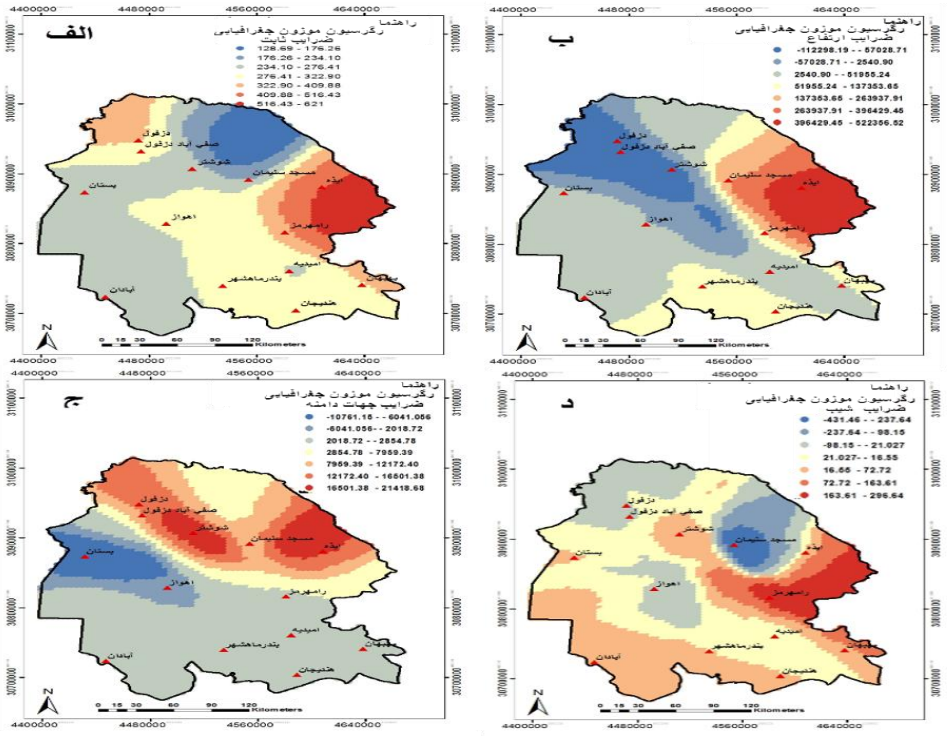


شکل(۵). بافتنگارمقادیر استاندارشده باقی مانده های مدل رگرسیون مربعات معمولی(OLS)

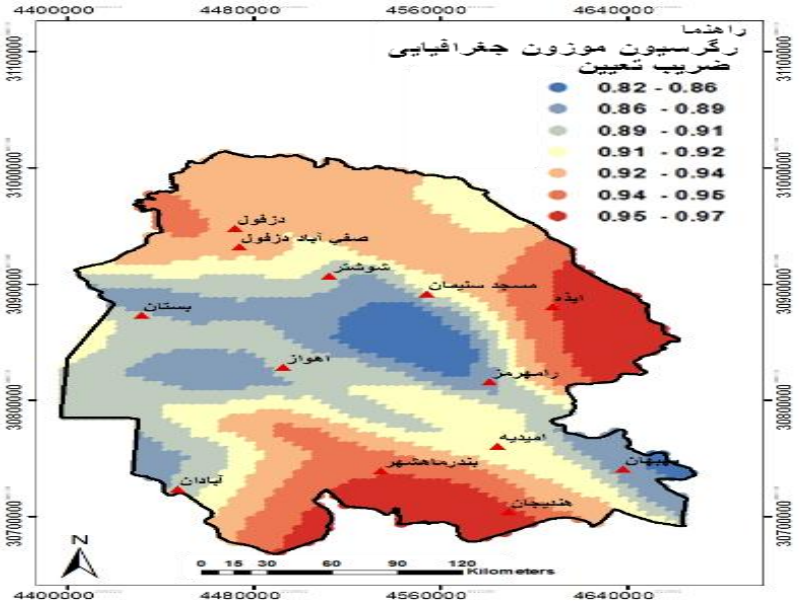
ب:رگرسیون موزون جغرافیایی

نتایج حاصل از مدل رگرسیون موزون جغرافیایی در این بخش مورد بررسی قرار می گیرد. همانگونه که در شکل (۶ الف) مشاهده می کنیم مقادیر توزیع فضایی ضرایب ثابت در هر پیکسل (b_0)،در قسمتهای شرق و حتی شمال شرق استان دارای بالاترین ضرایب ثابت می باشند. همچنین میزان ضرایب ثابت کم نیز در قسمتهای دیگر استان بصورت غیر یکنواخت پراکنده می باشد. بطوریکه کمترین این ضرایب در میانه و پهنه های غرب و جنوبغرب قابل رویت است. براساس نقشه مربوط به توزیع ارتفاعی (شکل۶ ب)، ارتفاعات نیز دارای ضرایب منفی و مثبت برای پیشگویی فضایی بارش خوزستان است. همانطور که مشاهده می شود میزان ضرایب منفی نیز در قسمت شمالشرق استان وحوالی دزفول و صفی آباد رویت می شود و میزان ضرایب مثبت ارتفاع و تاثیر این عامل مکانی در بارش بصورت مستقیم با مقادیر بالا در بهبان و مجاور با ارتفاعات زاگرس قابل مشاهده است. پس با این اوصاف نقش کوه های زاگرس در میزان بارش دریافتی می تواند بخوبی درک شود. لذا بالاترین جای گیری ضرایب ارتفاعی حاصل از مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی منطبق بر مناطق شرقی کوه های زاگرس است. این امر گویا،می تواند حاصل تأثیر توأمان ارتفاع و جهت گیری بادهای باران آور به این ناحیه می باشد. ضرایب حاصل از مدل GWR برای جهات دامنه (شکل۶ ج) نشان دهنده تاثیر بیشتر دامنه های مرکزی زاگراس در استان است که در دامنه های شرقی، غرب، جنوب و جنوبغرب کوه های زاگرس به مرکزیت شهرهای ایذه، بهبهان، مسجد سلیمان و دزفول در جهات (۶۷,۵-۱۱۲,۵،۱۵۷,۵-۲۰۲,۵،۲۴۷,۵-۲۹۲,۵) می باشند،واقع شده اند. لذا این دامنه ها و جهت گیری آنها در این مناطق باعث تاثیر بیشتر دامنه ها در برآورد و تاثیر آن بصورت مثبت برای بارش دریافتی می باشد. (شکل۶ د) توزیع فضایی ضرایب شیب را نشان می دهد. ضرایب شیب نیز به مقدار منفی و مثبت در جای جای استان پراکنده می باشد. در این نقشه شهرستان مسجدسلیمان و محدوده های مجاور با این شهرستان یک رابطه معکوسی را از نظر شیب برروی بارش از خود نشان می دهد. بعبارتی دیگر در جاهایی که ارتفاع و جهات دامنه رابطه مثبت را از خود نشان می دادند، این عامل مکانی در این بخش رابطه منفی دارد. سایر مناطق استان خوزستان برای تاثیر پذیری از عوامل مکانی در پیشگویی فضایی بارش سالانه مقادیر منفی و یا مثبت کمتری را نسبت به مناطق شرق استان که همجوار با کوه های زاگرس است، به خود اختصاص داده اند. همانگونه که ازشکل و پراکنش ایستگاه های تحت مطالعه مشاهده شد می توان به ارتفاع پایین و ناهمواری از سطح دریا در قسمتهای غرب استان و مناطق جنوبی از جمله شهرستانهای آبادان، هندیجان، بستان و اهواز در انعکاس تاثیر پذیری

کمتر از عوامل توپوگرافیک در میزان بارش دریافتی پی برد. لذا با تمامی اوصاف ملاحظه می شود که عوامل مکانی در دامنه های روبه باد در کوه های زاگرس تاثیر مثبتی بر بارش سالانه دارند. از جمله دستاوردهای جالب روش های (آمار فضایی) در مدل GWR نسبت به رگرسیون کلی این است که می توان برای هرنقطه یک ضریب تعیین و نقشه های تخمین حاصل از مدل تهیه نمود. شکل(۷) نقشه توزیع فضایی ضرایب تعیین R^2 مدلGWR است. چنانچه مشاهده می شود مقادیر بالای R^2 در قسمتهای جنوب و شرق استان با ضرایب بالای مدل حادث شده است و نشان از یک تخمین خوب مدل در برآورد متغیر وابسته و متغیر توضیحی پیش بینی کننده است. همچنین مقادیر نسبتا پایین تر نیز در قسمتهای میانه استان جای گرفته اند. بطور کلی آنچه قصد برآورد متغیرهای مستقل برای پیش بینی متغیر بارش سالانه رخ داده با تخمین مدل و ضرایب R^2 مناسب بوده و در تمامی پهنه مورد بررسی بخوبی برآورد شده است.

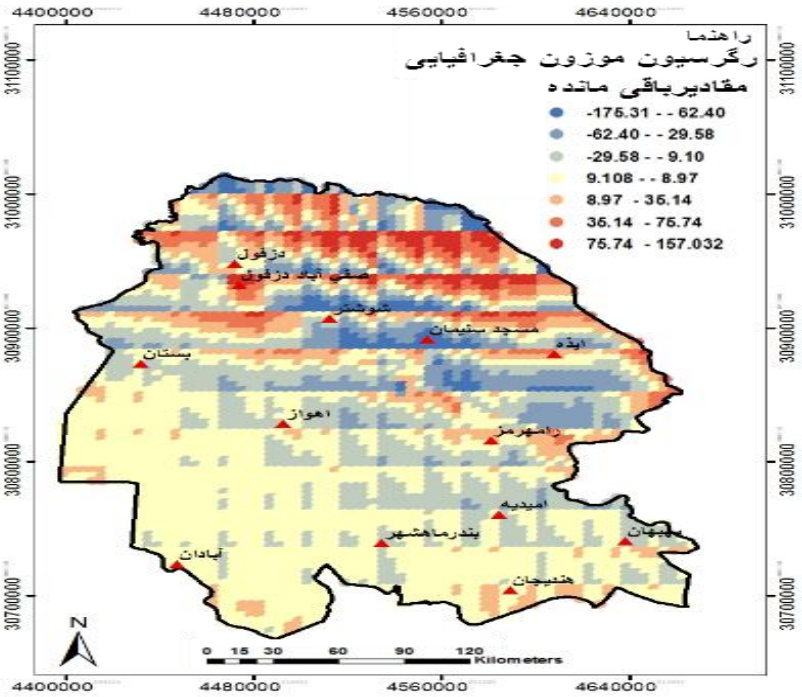


شکل(۶). نقشه های ضرایب مدل رگرسیون موزون جغرافیایی(GWR) به ترتیب الف: توزیع فضایی ضرایب ثابت ب: توزیع فضایی ضرایب ارتفاع ج: توزیع فضایی ضرایب جهات دامنه د: توزیع فضایی ضرایب شیب



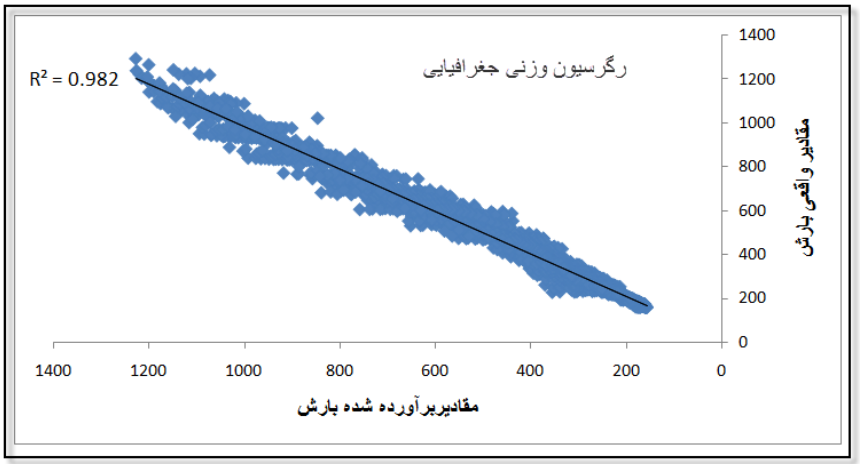
شکل(۷). توزیع فضایی ضرایب تعیین

بنابراین باتوجه به شکل(۸) نقشه مقادیر باقی مانده ها در مدل رگرسیون موزون ، می توان دریافت که میزان بارش سالانه در بسیاری از مناطق نزدیک به واقعیت پیش بینی شده است. چنانچه مقادیر باقیمانده ها در بسیاری از مناطق کمتر از حد واقعی یا بیشتر از حد واقعی پیش بینی شده باشد وجود رخداد خودهمبستگی فضایی درآنها دور از تصور نخواهد بود. توزیع فضایی مانده خطاهای مدل GWR در شکل(۸) دو نکته را نشان می دهد. اول اینکه در مقایسه با شکل (۴ الف) می توان کاهش دامنه های خطا را دید. دامنه خطاها در شکل (۴ الف) در مدل رگرسیون OLS، از ۲۰۸/۳۲- تا ۵۱۷/۹۳، و در شکل (۸) از مدل GWR از ۱۷۵/۳۱- تا ۱۵۷ در نوسان است. بعبارت دیگر برآوردهای حاصل از مدل GWR به مقادیر واقعی نزدیک تر هستند. دوم اینکه نقشه حاصل نشان دهنده مناطق وسیع نزدیک به مقادیر پایین خطا می باشد، که از این نظر در مدل مذکور حاکی از توزیع نرمال در باقی مانده های خطای مدل GWR است. اما نکته جالب توجه مکان گزینی باقی مانده های بزرگ و کوچک در مناطق پربارش استان است که در این مناطق مانده های بیشتر و کمتر از حد واقعی در آنجا قرار گرفته اند.



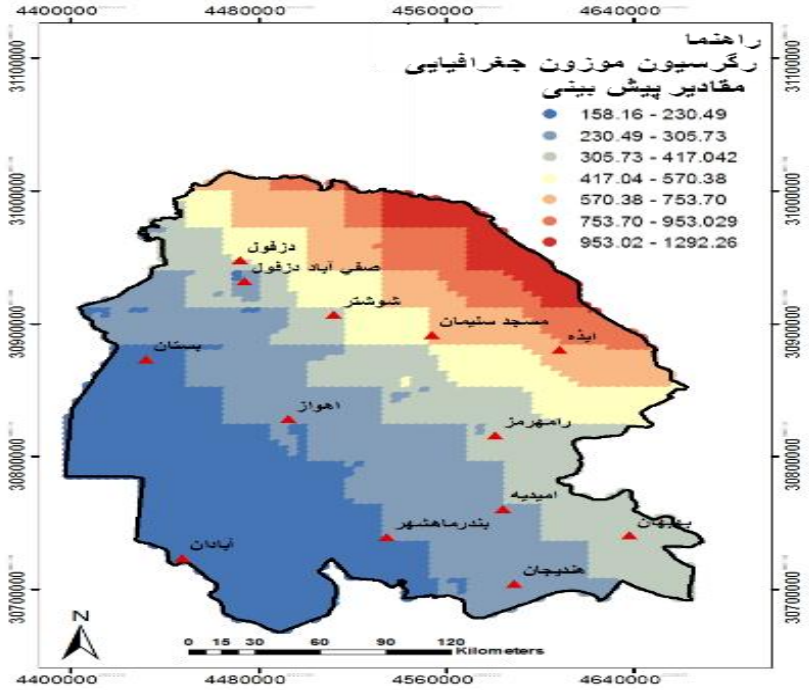
شکل(۸). توزیع فضایی مقادیر باقی مانده ها

شکل(۹) نمودار برازش بین مقادیر مشاهده شده و تخمین زده شده در مدل GWR ، 98= R^2درصد برآورد را نشان می دهد، یعنی اینکه مدل مزبور توانسته ۹۸ درصد رابطه موجود را ارزیابی کند و نسبت بالای این ضریب از کفایت و مناسب بودن مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی در پیش بینی بارش سالانه خبر می دهد. این میزان رابطه و نزدیک بودن میزان مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش بینی نشان از عدم وجود خودهمبستگی فضایی در مقادیر باقی مانده مدل رگرسیون موزون دارد. در حالی که در مدل رگرسیون عمومی ۷۵= R^2درصد بدست آمد که تنها توان تبیین ۷۵ درصد ازتغییرات بارش استان خوزستان در ارتباط با عوامل مکانی ارائه می نماید. همچنین ترسیم پراکنش نگار و مقادیر برآورد شده شکل (۹) بیانگر برازش نیکوتر مدل GWR نسبت به رگرسیون OSL است.



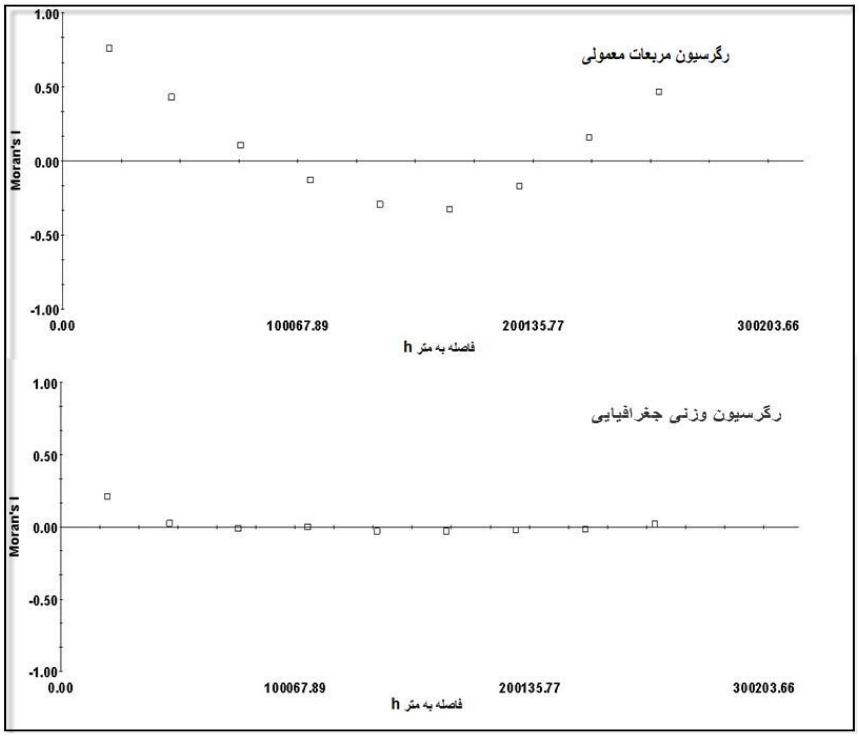
شکل(۹). پراکنش نگار مقادیر واقعی و برآوردشده بارش سالانه در رگرسیون موزون جغرافیایی(GWR)

همانگونه که بیان شد از دیگر نقشه هایی که می توان از مدل GWR تهیه نمود، نقشه پیش بینی حاصل از مقدار بارش سالانه بر اساس متغیرهای توضیحی دخالت داده شده برای پیشگویی فضایی می باشد. در شکل (۱۰) نقشه پیش بینی بارش سالانه نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود مناطق شرق و شمالشرق استان خوزستان براساس پیشگویی فضایی حاصل از مدلGWR دارای مقادیر بالای بارش سالانه می باشند. مناطق جنوب، جنوبغرب، غرب و میانه استان خوزستان نیز حاکی از میزان پیش بینی فضایی بارش سالانه پایین هستند. این مهم نیز در توزیع فضایی مجموع بارش سالانه استان خوزستان کاملا نمایان بود. بعبارتی عوامل مکانی و توپوگرافی مقادیر این برآوردها را توانسته اند در مدل رگرسیون موزون جغرافیایی برای پیش بینی بارش انجام دهند.به واقع نقش این عوامل در مناطق پربارش استان نمایان تر و موثرتر می باشد.در نهایت با ترسیم نمودارپراکنش نگار (شکل ۹) و نقشه های باقی مانده دو مدل رگرسیون کلی و GWR پراکندگی و تمرکز و یا عدم تمرکز مکانی باقی مانده ها در مدل ها را نمایش می دهند. چنانچه باقی مانده ها دارای همبستگی مکانی نباشند می توان از روش های ارزیابی استقلال مکانی استفاده نمود. به عبارتی دیگر باقی مانده های حاصل از مدل نباید در بعد مکان حاوی خودهمبستگی باشند. در این وضعیت روشی که مانده های خطای آن نرمال و حداقل باشد روشی مناسب برای برآورد متغیر وابسته است.



شکل(۱۰). توزیع فضایی مقادیر پیش بینی

یکی از آزمون هایی که می توان برای بررسی خطای مانده ها از آنها برای آگاهی از وجود خود همبستگی فضایی باقی مانده مدل استفاده نمود، آماره I موران و ترسیم کرولوگرام همسانگرد باقی مانده خطا است. شایان توضیح است که میزان خطای فضایی در روش رگرسیون کلی درجه خودهمبستگی فضایی باقی مانده خطا را نشان داد. لذا اشکال زیر جهت تصویر واقعی تر در باقی مانده خطا در هر دو مدل فضایی ترسیم شده است. همانطور که از شکل (۱۱) ملاحظه می شود، باقی مانده ها در مدل رگرسیون کلی دارای خودهمبستگی مکانی بوده و با افزایش فاصله نیز نوسان منظمی را نشان می دهد. اما در مدلGWR باقی مانده ها خودهمبستگی مکانی نداشته و مقدار آن نزدیک به صفر و رفتار خاصی را از خود نشان نمی دهند.



شکل(۱۱). خودهمبستگی نگار باقی مانده های مدل رگرسیون کلی(OLS) و موزون جغرافیایی(GWR)

نتیجه گیری

استفاده از تکنیک های آمارفضایی ابزاری سودمند برای رد یابی تغییرات زمانی و مکانی عناصر اقلیمی می باشد. در این راستا کاربرد تکنیک های آمار فضایی نیز در سال های اخیر رویکردی نوین و بسیار کارآمد برای مدل سازی تغییرات زمانی و مکانی عناصر اقلیمی می باشد. در این پژوهش نیز با استفاده از رویکرد رگرسیون فضایی OLS و GWR جهت مدل سازی مکانی بارش سالانه استفاده شد. لذا برای توجیه تغییرات مکانی بارش سالانه استان خوزستان با درنظر گرفتن عوامل مکانی و با بهره گیری از تعداد ۱۳ ایستگاه سینوپتیک از یک مدل بهینه به نام رگرسیون جغرافیایی موزون(GWR) استفاده شد. نتایج حاصل از کاربرد رگرسیون فضایی نشان داد که نتایج تخمین حاصل ازمدل رگرسیون موزون جغرافیایی مناسب تر از مدل رگرسیون مربعات معمولی است. برهمین اساس مشخص شد که عوامل مکانی ارتفاع در قسمتهای شرق، شمال و جنوبشرق استان خوزستان نقش چشم گیری در میزان بارش

دریافتی نسبت به نواحی جغرافیایی دیگر در استان خوزستان دارد. این تاثیر قوی و مستقیم عامل ارتفاع نتیجه توأمان جای گیری شهرستا ن های واقع در دامنه روبه باد و جهت گیری دامنه های رو به سیستم های باران آور نسبت به سایر مناطق استان می باشد. لذا باتوجه با اینکه استان خوزستان یک منطقه حاصلخیز و دارای دشت و جلگه های مناسب جهت فعالیتهای اقتصادی و کشاورزی است، میزان بارش دریافتی در مناطق همجوار با ارتفاعات زاگرس بیشتر می باشد. ضرایب حاصل از مدلGWR برای جهات دامنه نشان دهنده تاثیر بیشتر دامنه های مرکزی زاگرس در جهات شرق، غرب، جنوب و جنوبغرب کوه های زاگرس به مرکزیت شهرهای ایذه، بهبهان، مسجدسلیمان و دزفول در آزیموت (۶۷,۵-۱۱۲,۵،۱۵۷,۵-۲۰۲,۵،۲۴۷,۵-۲۹۲,۵) بر روی بارش سالانه می باشند. لذا جهت این دامنه ها اثر مثبتی بر دریافت بارش بیشتر در این مناطق دارد. بررسی توزیع فضایی ضرایب شیب نیز نشان داد مقادیر منفی و مثبت در تمامی پهنه استان پراکنده می باشد. در این مورد شهرستان مسجد سلیمان و محدوده های مجاور با این شهرستان یک رابطه معکوسی را از نظر شیب بر روی بارش از خود نشان می دهد. بعبارتی دیگر در جاهایی که ارتفاع و جهات دامنه رابطه مثبت را از خود نشان می دادند این عامل مکانی در این بخش رابطه منفی دارد. سایر مناطق استان خوزستان برای تاثیر پذیری از عوامل مکانی در پیشگویی فضایی بارش سالانه مقادیر منفی و یا مثبت کمتری را نسبت به مناطق شرق استان که همجوار با کوه های زاگرس است، به خود اختصاص داده اند. لذا با تمامی اوصاف ملاحظه شد که عوامل مکانی در دامنه های روبه باد در کوه های زاگرس در قسمتهای شرق، شمال، شمالشرق و جنوبشرق تاثیر اساسی بر مقداربارش سالانه دارند.

منابع و مآخذ

۱. بلیانی، یدالله،حکیم دوست، یاسر(۱۳۹۳). **اصول و مبانی پردازش داده های مکانی فضایی با استفاده از روش های تحلیل فضایی**،انتشارات آزاد پیما،چاپ اول،۴۳۶صفحه.

۲. درخشان، مسعود (۱۳۸۵) **اقتصاد سنجی**، جلد اول، انتشارات سمت.

۳. زیبایی، منصور، باقری و مهرداد(۱۳۹۱). **تعیین عوامل موثر بر فقردراستان فارس: کاربرد روش اقتصاد سنجی فضایی**، مجله اقتصاد کشاورزی، جلد۶، شماره۱، صص۲۳-۱.

۴. عساکره، حسین، سیفی پور، زهره (۱۳۹۱). **مدل سازی مکانی بارش سالانه ی ایران**، مجله جغرافیا و توسعه، شماره۲۹، صص۳۰ – ۱۵.

۵. عساکره، حسین، مازینی، فرشته (۱۳۸۹). **احتمال بررسی وقوع روزهای خشک دراستان گلستان با استفاده از زنجیره مارکوف**، جغرافیا و توسعه، سال هشتم، شماره۱۷. ۱۳۸۹، ۴۴-۲۹.

۶. عسگری، علی،(۱۳۹۰). **تحلیل های آمار فضایی با ARC/GIS**، انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، چاپ اول.

۷. علیجانی، بهلول(۱۳۸۱). **نقش آمار در توسعه علم جغرافیا**، ششمین کنفرانس بین المللی آمار ایران، ۴ تا۶ شهریور، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۸. علیجانی، بهلول (۱۳۷۴). **نقش کوه های البرز بر توزیع ارتفاعی بارش**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره۳۸، شماره۳، ۵۴-۳۷.

۹. محمودی، پیمان، علیجانی، بهلول (۱۳۹۲). **مدل بندی رابطه بارش های سالانه و فصلی با عوامل زمین اقلیم در کردستان**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره۳۱، ۱۳۹۲، ۱۱۲-۹۳.

Alijani, B., Bayat.,A.,Y .,Balyani., Doostkamian .,M and Javanmard,A. (2013). ***Spatial Analysis of Annual Precipitation of Iran***; Second International Conference On Envirenmental Hazard.,kharazmi University – Tehran,Oct29&30.

Anselin, L. (1999). ***Spatial Econometrics: Methods and Models***. Dordrecht: Kluwer Academic.

Basist, A., Bell, G. D. and Meentemeyer, V. (1994**). Statistical *relationship between topography and precipitation pattern***.J.Climate. (7): 1305-1315.

Bird, R.M. (2001). ***Substantial Revenues: Realities and Prospects***, Working paper, Washington, D.C.; World Bank Institute.

Brunsdon C, McClatchey. J and Unwin. D. J, (2001***). Spatial Variation in the Average Rainfall–Altitude Relationship in Great Britain:An Approach Using Geographically Weighted Regression***. Int. J. Climatol. 21.455-466.

Fotheringham, A.S., Brunsdon, C, and Martin Charlton, (2002). ***geographically weightedregression***, Chichester, Wiley and Sons Ltd.

Hansen, James and Lebedeff, serget (1987**). *Global Trend of Measured Surface irTemperature.Journal of Geophysical Research***.92: 13345-13372.

Johansson, B. and Chen, D. (2003**). *The influence of wind and topography on precipitation in Sweden: statistical analysis and modeling***. Int. J. Climatology, (23): 1523-1535.

Jones, P. D. ,Raper, S. C. B. , Bradley. R. S ,Diaz. .F.,Kelly,P.M. and Wigley,T.M.L (1986). ***a:NorthernHemishere Surface emperature Variation***: 1851-1984.J.clim.Appl . Meteorol. 25: 161-175.

Konrad II, C. E. (1996). ***Relationships between precipitation event types and topography in the southern Blue Ridge Mountains of the southeastern USA***. Int. J. Climatology. 16: 49-62.

Prudhomme, G. and Reed, D. W. (1998**). *Relationships between extreme daily precipitation and topography in the mountainous region: A case study in Scotland***. Int. J. Climatology. 18(1): 1439-1453.

Singh Pratap, Kumar Naresh (1997). ***Effect of orography on precipitation in the western Himalayan region***", Journal of Hydrology,199: 183-206.

Storr, D. and Ferguson, H. L. (1972). ***the distribution of precipitation in some mountainous Canadian watershed. Proceedings on symposium of distribution of precipitation in mountainous areas***, 31July – 2 August, Gelio, Norway: 243-263.