

تحلیل فضایی فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران با استفاده از تکنیک های خودهمبستگی فضایی با تأکید بر مراکز و کانون های جمعیتی

یونس خسروی* - دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
حسن لشکری - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
علی اکبر متکان - دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
حسین عساکره - دانشیار گروه جغرافیا دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

Spatial analysis of water vapor pressure in south and southwest of Iran using by spatial autocorrelation techniques emphasizing on population centers

Abstract

As the most important greenhouse gas, water vapor plays a significant role in global warming. Therefore understanding this important climate parameter in populated area can play an important role in survey the climatic comfort. So in this research, first the spatial autocorrelation and identify behavioral patterns of water vapor pressure in South and Southwest of Iran with exploratory spatial data analysis (ESDA) and Anselin Local Moran statistic is investigated and then the effects of this important climatic parameter on population centers is discussed. In this context, the WVP data from 46 synoptic stations in South and Southwest of Iran with appropriate length and highest resolution were used. To analyze the spatial autocorrelation, study area due to the optimal spatial resolution were divided to pixels with the dimension of 9×9 km (3,338 pixels). By programming in MATLAB software, the monthly, annual and decadal WVP were extracted for each pixel. Spatial autocorrelation analysis suggested strengthening and weakening the high-high WVP clusters and Low-Low WVP clusters, respectively. So that high-high WVP clusters have extended near the Persian Gulf (Especially in the Bushehr provinces) and Low-Low WVP clusters have disappeared in southern parts of Zagros; Survey and comparison of the spatial distribution of WVP clusters with temperature clusters, as one of the most important influential parameters, showed a significant positive autocorrelation in the study area. Thus, according to the direct and indirect effects of WVP on human activities and natural environment as the basis of human activity, the establishment of population in population centers of studies area will be affected by fluctuations of WVP and this trend will be more pronounced in the future.

Keywords: Spatial Statistics, Spatial Autocorrelation, Temperature, Water Vapor Pressure, Anselin Local Moran's, Population.

چکیده

بخار آب به عنوان مهم ترین گاز گلخانه ای نقش مؤثری در گرمایش زمین ایفاء می کند. از این رو شناخت وضعیت این عنصر اقلیمی در مناطق جمعیتی می تواند نقش مهمی در بررسی آسایش اقلیمی یک منطقه داشته باشد. لذا در این پژوهش ابتدا به بررسی خودهمبستگی فضایی و شناسایی الگوی رفتاری مقادیر فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران با استفاده از تکنیک تحلیل اکتشافی داده های فضایی (ESDA) و آماره موران محلی پرداخته شده است و سپس تأثیرات این عنصر مهم اقلیمی در کانون های جمعیتی مورد بحث قرار گرفته است. در این راستا از داده های فشار بخار آب ۷۸ ایستگاه سینوپتیک موجود در پهنه جغرافیایی جنوب و جنوب غرب ایران با طول دوره آماری مناسب و بالاترین درجه تفکیک زمانی بهره گرفته شد. برای انجام تحلیل های خودهمبستگی ابتدا محدوده مطالعاتی با توجه به پهنه ترین تفکیک مکانی، به یاخته های ۹×۹ کیلومتر (۳۳۳۸ یاخته) تقسیم گردید. سپس مقادیر فشار بخار آب به صورت میانگین ماهانه، سالانه و دهه ای برای هر یاخته و با استفاده از نرم افزار MATLAB استخراج شد. نتایج تحلیل خودهمبستگی فضایی طی سه دهه گذشته (۲۰۱۰-۱۹۸۱) حاکی از تقویت خوشه های فشار بخار آب زیاد (بالا-بالا) و تضعیف خوشه هایی با مقادیر پایین (پایین-پایین) است. ایجاد خوشه های بالا-بالا فشار بخار آب در حاشیه خلیج فارس (به خصوص در استان بوشهر) و از بین رفتن مقادیر پایین-پایین در بخش های جنوبی زاگرس قابل مشاهده است. بررسی و مقایسه پراکندگی فضایی خوشه های بخار آب با خوشه های دمایی به عنوان یکی از مهم ترین پارامترهای تأثیرگذار بر روی فشار بخار آب، حاکی از خودهمبستگی مثبت و معنی دار در دوره مورد مطالعه بود. بنابراین، با توجه به اثر گذاری مستقیم و غیر مستقیم فشار بخار آب بر فعالیت های انسان و همچنین محیط طبیعی به عنوان بستر فعالیت های انسانی، استقرار جمعیت در کانون ها و مراکز جمعیتی مناطق مورد مطالعه، متأثر از نوسانات فشار بخار آب خواهد بود و این روند در آینده مشهودتر خواهد بود.

واژگان کلیدی: آمار مکانی، خودهمبستگی فضایی، دما، فشار بخار آب، موران محلی، جمعیت.

مقدمه و بیان مسئله

برای رسیدن به این مهم جلب نموده است، مدل‌ها و شبیه‌سازی‌های آماری است (کرسبی، ۱۹۹۳؛ انسلین و جتیس، ۲۰۱۰).

تجزیه و تحلیل آماری متغیرهای محیطی به دو صورت عمده از شاخه‌های علم آمار، یعنی آمار کلاسیک و آمار مکانی امکان پذیر است. در آمار کلاسیک فرض بر استقلال داده‌هاست. بدین معنی که نمونه‌های به دست آمده از جامعه، عمدتاً به صورت تصادفی در نظر گرفته می‌شوند و مقدار اندازه‌گیری شده‌ی یک کمیت معین در یک نمونه‌ی خاص، هیچ‌گونه اطلاعاتی درباره‌ی مقدار همان کمیت در نمونه‌ی دیگر و به فاصله معلوم نخواهد داشت (حسینی پاک، ۱۳۸۰، ص ۵۱). اما در آمار مکانی مشاهدات مستقل از یکدیگر نبوده و برحسب موقعیت قرار گرفتنشان در فضای مورد مطالعه به یکدیگر وابسته هستند (محمد زاده، ۱۳۸۵، ص ۲). بنابراین با قاطعیت می‌توان بین مقادیر یک کمیت در جامعه نمونه‌ها و فاصله و جهت قرارگیری نمونه‌ها نسبت به هم ارتباط برقرار کرد. به طور کل می‌توان هدف از تحلیل مکانی داده‌های فضایی را، شناخت و توصیف چگونگی توزیع، ترتیب قرارگیری، تبیین تشابهات و تمایزات، تعیین الگوی رفتاری متغیرها و ارتباط بین آن‌ها، حجم شدت و سرعت تغییرات در مکان و زمان دانست. آن‌چه که در تحلیل مکانی داده‌های محیطی به خوبی نمود پیدا می‌کند، مفهوم خودهمبستگی فضایی است.

«خودهمبستگی فضایی» به این مفهوم است که ارزش صفت‌های مطالعه شده، خودهمبسته (دارای همبستگی) هستند و همبستگی آن‌ها قابل استناد به نظم جغرافیایی پدیده‌هاست (کلارک و هوسکینگ، ۱۹۸۶، ص ۳۷۹). در طبقه‌بندی الگوهای فضایی خواه خوشه‌ای، پراکنده و یا تصادفی، می‌توان بر چگونگی نظم و ترتیب قرارگیری واحدهای ناحیه‌ای متمرکز شد. به طوری که مشابهت و عدم شباهت هر جفت از واحدهای ناحیه‌ای مجاور را اندازه گرفت. وقتی که این شباهت و عدم شباهت‌ها برای

فشار بخار آب به عنوان یکی از مهم‌ترین گازهای هواسپهر به شمار می‌آید (ساتیش، ۲۰۱۲، ص ۲۲) که از تنوع بسیار بالایی در جو برخوردار است. اهمیت فشار بخار آب تا بدان جا است که به عنوان منبع اصلی بارش تمامی سیستم‌های آب و هوایی، تأمین کننده گرمای نهان در این فرآیند و کنترل کننده ساختار گرما در تروپوسفر (سرانو و همکاران، ۱۹۹۹، ص ۸۸؛ ونتز و همکاران، ۲۰۰۷، ص ۲۰۳؛ ترنبرز و استفانیک، ۲۰۰۳، ص ۲۴۳ و علیجانی، ۱۳۸۲، ص ۲۰۶) و همچنین تشدید کننده سرعت توفان‌ها می‌باشد (آلن و سودن، ۲۰۰۸: ۱۴۸۲). تعیین و تفسیر رفتار این پارامتر مهم اقلیمی و شناسایی دلایل محتمل تغییرات مکانی آن در مطالعات محیطی جهت برنامه‌ریزی‌های صحیح و اصولی، چه در سطح ملی و چه در سطح منطقه‌ای بسیار مؤثر بوده که می‌تواند نقش حیاتی در زندگی انسان و همچنین موجودات زنده ایفاء کند (تونکاز و همکاران، ۲۰۰۷، ص ۱۹۵). به طور کل دو رویکرد اساسی در مطالعات تغییرپذیری داده‌های محیطی به ویژه عناصر اقلیمی در نظر گرفته می‌شود. نخست رویکردی که تغییرات زمانی را مورد توجه قرار می‌دهد و دیگری رویکردی که به بررسی تغییرات فضایی عنصر مورد نظر می‌پردازد. بررسی‌های صورت گرفته در ارتباط با تغییرات زمانی، عمدتاً مبتنی بر مطالعات روند و نوسانات داده‌های محیطی بوده است (اسپانگربرگ و بردمیر، ۱۹۹۹؛ یو و هاشیمو، ۲۰۰۳؛ بگرت و همکاران، ۲۰۰۵؛ پریدا و مولفی، ۲۰۰۸؛ هارتمن و همکاران، ۲۰۰۸؛ برونستی و همکاران، ۲۰۱۰؛ کامپاتا،). در رویکرد دوم، تغییرپذیری و خودهمبستگی‌های فضایی که به عنوان نگرشی نو در ارتباط با متغیرهای محیطی به شمار می‌آید، مورد توجه قرار می‌گیرد (ونگ و همکاران، ۲۰۰۵؛ مک کابی و همکاران، ۲۰۰۵؛ سوگوماران و همکاران، ۲۰۰۹؛ فو و همکاران، ۲۰۱۴). آن‌چه که در سال‌های اخیر توجه اقلیم‌شناسان را

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۳۹ تابستان ۹۴
No.39 Summer 2015

۲۰۲

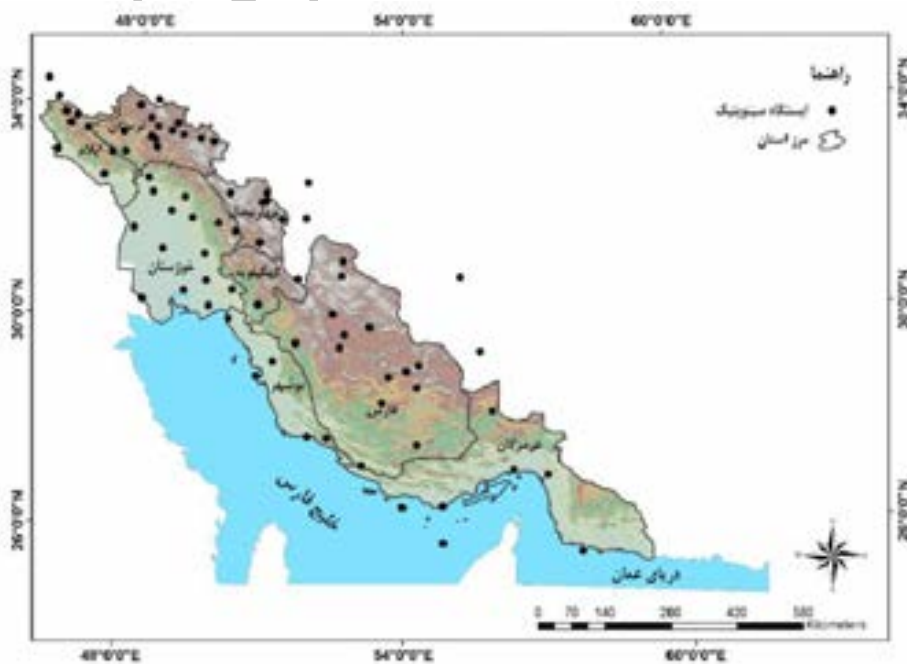
این نوسانات و تغییرات می تواند راهنمای خوبی در راستای پیش بینی توسعه آتی مراکز استقرار جمعیت و فعالیت باشد.

با بررسی های صورت گرفته در ارتباط با پیشینه تحقیق مشخص گردید که تاکنون مطالعه ای در ارتباط با تحلیل خودهمبستگی فضایی فشار بخار آب و یا دیگر اشکال رطوبت جو نظیر رطوبت نسبی، رطوبت مطلق و یا نسبت اختلاط صورت نگرفته است. در این رابطه آنچه که بیشتر مورد توجه اقلیم شناسان بوده است بررسی خودهمبستگی فضایی عناصری مانند درجه حرارت (صادقی نیا و همکاران، ۱۳۹۲، کوهن، ۲۰۰۷؛ لی و همکاران، ۲۰۱۲؛ بالینگ و گودریچ، ۲۰۱۱) و بارش (خلیلی و همکاران، ۲۰۰۷؛ وو و چاولا، ۲۰۰۷؛ کان و کوون، ۲۰۰۷؛ چو، ۲۰۱۲؛ علیجانی و همکاران، ۲۰۱۳) می باشد. با مرور مطالعاتی که تاکنون در مورد تحلیل خودهمبستگی فضایی عناصر اقلیمی انجام گرفته است مشخص گردید؛ علاوه بر اینکه از این تحلیل در بررسی عناصر اقلیمی کمتر بهره گرفته شده و به عنصر مهم اقلیمی یعنی فشار بخار آب

الگوهای فضایی خلاصه شوند، خودهمبستگی فضایی شکل می گیرد (رهنما و ذبیحی، ۱۳۹۰، ص ۱۷).

یکی از مزیت های خودهمبستگی فضایی، تشخیص چگونگی تغییر الگوی فضایی پدیده ها در طول زمان می باشد. بنابراین در تحلیل خودهمبستگی فضایی همواره به دنبال یافتن پاسخ به این سؤال هستیم که آیا مقادیری که در یک سلول قرار گرفته اند ارتباطی با مقادیر پیرامون خود دارند یا خیر؟ زمانی که همبستگی فضایی رخ می دهد، مقادیر بالا و یا پایین تمایل دارند تا از نظر فضایی خوشه ایجاد کنند. از طرف دیگر همبستگی منفی زمانی رخ می دهد که مقادیر واحدهای فضایی مجاور شباهتی به هم نداشته باشند (سایزن، ۲۰۱۰: ۶۴۳، پرمو، ۲۰۰۴، ص ۸۷۵).

بررسی این موضوع، از این منظر حائز اهمیت است که نوسانات فشار بخار آب تأثیر قابل ملاحظه ای بر شاخص آسایش اقلیمی دارد و از آنجا که توسعه کانون ها و مراکز جمعیتی و استقرار فعالیت های انسانی در پهنه سرزمین تا حد زیادی متأثر از شرایط محیطی و بویژه آسایش اقلیمی است، اطلاع از



شکل ۱. توزیع فضایی ۷۸ ایستگاه سینوپتیک بررسی شده در جنوب و جنوب غرب ایران؛ مأخذ: ترسیم نگارندگان.

توجهی نشده است، میزان اثرگذاری آن بر انسان و فعالیت‌های انسانی نیز مورد غفلت واقع شده است. لذا در این مطالعه تلاش است تا با استفاده از تکنیک آمار فضایی و تحلیل‌های خودهمبستگی فضایی، ضمن شناخت و توصیف الگوی رفتاری مقادیر فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران طی دوره آماری ۳۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۸۱) به بررسی یکی از مهم‌ترین دلایل تغییرات فشار بخار آب یعنی دما نیز پرداخته شود. تا از این برابند نیز بتوان الگویی در راستای مدیریت بهتر مراکز و کانونهای جمعیتی و توسعه فعالیت‌های انسانی بدست داد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه پهنه جغرافیایی جنوب و جنوب غرب ایران با مساحت ۳۶۰۲۱۰ کیلومتر مربع می‌باشد که استانهای هرمزگان، بوشهر، فارس، کهگیلویه و بویراحمد، چهارمحال و بختیاری، خوزستان، لرستان و ایلام را در برمی‌گیرد. شکل (۱) موقعیت و نحوه پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، مقادیر فشار بخار آب ۷۸ ایستگاه سینوپتیک موجود در پهنه مورد مطالعه با طول دوره آماری مناسب و بالاترین درجه تفکیک زمانی می‌باشد. به منظور تهیه پایگاه داده

فشار بخار آب، از میان‌یابی مشاهدات ۷۸ ایستگاه همدید واقع در جنوب و جنوب غرب و با بازه زمانی ۱۹۸۱/۱/۱ تا ۲۰۱۰/۱۲/۳۱ استفاده گردید (شکل ۱). برای انجام میان‌یابی، روش‌های مختلف زمین‌آمار نظیر کریجینگ (Kriging)، وزن‌دهی فاصله معکوس (IDW)، و توابع پایه شعاعی (RBF) مورد آزمون قرار گرفتند و پس از ارزیابی خطا، روش بهینه برای انجام عملیات میان‌یابی انتخاب گردید. نتایج آنالیز روش‌های میان‌یابی، نشان‌دهنده برتری روش کریجینگ معمولی با تکنیک گوسی نسبت به سایر روش‌ها بود (جدول ۱). بنابراین با انتخاب روش کریجینگ به عنوان روش برتر، میان‌یابی داده‌های فشار بخار آب با برنامه نویسی در محیط Surfer ۱۰ انجام و پایگاه داده با تفکیک مکانی ۹×۹ کیلومتر در سیستم تصویر لامبرت مخروطی هم‌شکل تهیه گردید. انتخاب تفکیک مکانی مذکور با توجه به نتایج آزمون ارزیابی متقابل صورت گرفت (جدول ۲). جدول ارزیابی خطا کم‌ترین خطا را برای تفکیک مکانی ۹×۹ کیلومتر در نظر گرفته است. بر اساس این تفکیک مکانی، کم‌ترین و بیش‌ترین طول و عرض جغرافیایی در سیستم مختصات لامبرت مخروطی به ترتیب ۴۲۰۰۰۰۰ و ۵۵۵۰۰۰۰، و ۳۰۰۰۰۰۰ و ۳۱۱۷۰۰۰۰ در نظر گرفته شد؛ به طوری که سراسر منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. نتایج ارزیابی روش‌های درون‌یابی برای برآورد مقادیر فشار بخار آب؛ مأخذ: نگارندگان

نتایج ارزیابی متقابل				الگو - تابع	روش	نتایج ارزیابی متقابل				الگو - تابع	روش
R ₂	RMSE	MAE	MBE			R ₂	RMSE	MAE	MBE		
۰/۷۴	۰/۲۹۲	۰/۲۱۶	-۰/۰۳۳	دایره‌ای	SK	۰/۸	۰/۲۴	۰/۱۸۳	-۰/۰۱۱	OK	دایره‌ای
۰/۷۳	۰/۲۹۴	۰/۲۱۷	-۰/۰۳۶			کروی					
۰/۷	۰/۳۱	۰/۲۳۰	-۰/۰۴۲			نمایی					
۰/۷۳	۰/۲۹۲	۰/۲۱۴	-۰/۰۳۱			گوسی					
۰/۷۱	۰/۳۰۴	۰/۲۲۴	-۰/۰۴			درجه دو منطقی					
۰/۷۸	۴/۳۶	۳/۰۷	-۰/۱۶			ST	IDW	توان ۲			
۰/۷۷	۴/۵۴	۳/۲۱	-۰/۰۸۶	TPSS	توان ۳						
OK: Ordinary Kriging					RBF: Radial Basic Functions						
SK: Simple Kriging					ST: Spline with Tension						
IDW=Inverse Distance Weighting					TPSS: Thin Plate Spline						

جدول ۲. مقادیر آماره انتخاب بهترین شبکه بندی (یاخته های اقلیمی فشار بخار آب) بر اساس محدوده مورد مطالعه؛ مأخذ: نگارندگان.

قدرت تفکیک	۹×۹ کیلومتر	۱۰×۱۰ کیلومتر	۱۱×۱۱ کیلومتر
میزان خطا	۱۰۸۴۰۴۰۱۸۷/۱	۱۰۸۷۱۲۱۷۵۴/۸	۱۰۹۲۲۶۲۴۴۱/۳

گردید؛ لذا به عنوان مجموعه روش هایی که برای پی ریزی کردن نمایش تصویری داده های فضایی، مشاهده اندازه ها، وابستگی فضایی یا ناهمگونی فضایی به کار می روند، شناخته می شوند (برتاو و همکاران، ۱۳۹۲، ص ۹).

به زعم انسلین و همکاران (۲۰۰۷، ص ۲۹۸)، ESDA زیر مجموعه تحلیل اکتشافی داده ها است که بر تمایز خصوصیات داده های فضایی، به ویژه بر خودهمبستگی فضایی و ناهمگونی فضایی تأکید می کند. آماره های فضایی متنوعی برای نمایش توزیع آماری پدیده ها در فضا وجود دارد که یکی از معتبرترین آن ها آماره انسلین موران محلی است. با در اختیار داشتن عوارض مکانی وزن دهی شده و به کمک این آماره می توان نقاط با مقادیر کم یا زیاد که بطور خوشه ای توزیع شده اند و یا مقادیر با تفاوت ارزشی بالا را نمایش داد. آماره انسلین موران محلی به تبیین الگوی ارتباط فضایی یک پارامتر

با ۳۳۳۸ یاخته پوشیده می شود که هر یاخته برای هر روز دارای یک ارزش کمی از فشار بخار آب می باشد (شکل ۲). پس از ترسیم نقشه های روزانه (۱۰۹۵۷ نقشه)، تمامی نقشه ها به ماتریس داده تبدیل شدند. بدین ترتیب در هر نقشه ارزش درایه nij برابر با ارزش یاخته nij از نقشه معادل است. از اتصال ماتریس هر روز به روزهای دیگر، ماتریس نهایی داده ها به ابعاد ۳۳۳۸×۱۰۹۵۷ حاصل شد. در نهایت با استفاده از برنامه نویسی در نرم افزار متلب، مقادیر فشار بخار آب به صورت میانگین ماهانه، سالانه و دهه ای برای هر یاخته استخراج شد که پایه محاسبات در مراحل بعدی قرار گرفت.

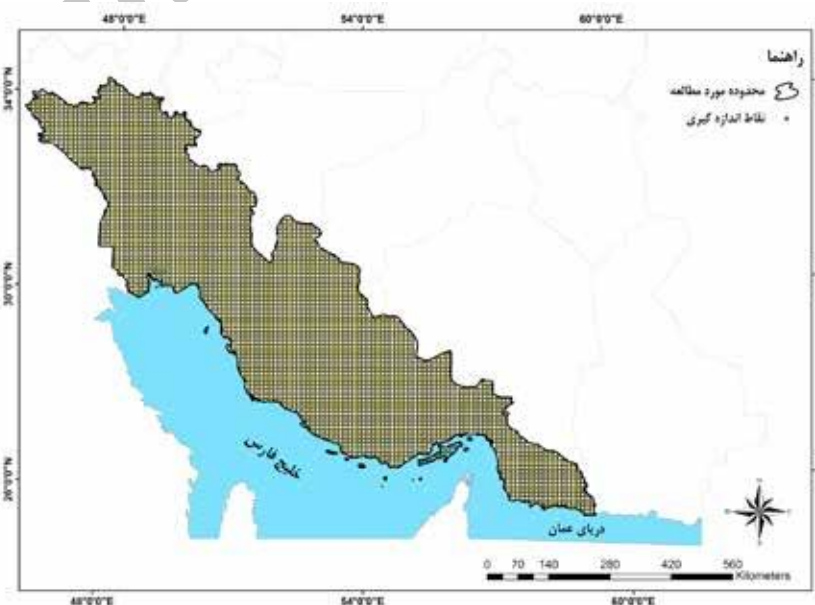
تحلیل اکتشافی فضایی- زمانی فشار بخار آب

به منظور شناسایی تغییرات فضایی- زمانی مقادیر فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران از روش تحلیل اکتشافی داده های فضایی (ESDA) استفاده

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۳۹ تابستان ۹۴
No.39 Summer 2015

۲۰۵



شکل ۲. داده های شبکه بندی شده فشار بخار آب با استفاده از روش کریجینگ و به ابعاد ۹ کیلومتر مربع.

بیانگر این است که سلول‌های موجود توسط سلول‌های مشابه خود محاصره شده‌اند. در پژوهش حاضر مقادیر مثبت I_i نشان‌دهنده این است که سلول‌های فشار بخار آب با مقادیر مشخص توسط سلول‌هایی با مقادیر مشابه همان سلول‌ها احاطه شده‌اند. اگر I_i یک عدد مثبت بزرگ باشد، مبین وجود محدوده‌ای با خوشه‌بندی قوی است. بطوری که مقادیر مشابه در کنار یکدیگر تشکیل خوشه‌هایی داده‌اند. از طرف دیگر مقادیر منفی و معنی‌دار I_i بیانگر آن است که عارضه مورد نظر توسط عوارضی که از لحاظ ارزشی اصلاً مشابهتی با یکدیگر ندارند احاطه شده است. به این نوع عوارض، ناخوشه گفته می‌شود. وجود چنین عوارضی حاکی از همبستگی فضایی منفی است. یکی از مزایای آماره انسلین موران محلی، شناسایی نوع خودهمبستگی فضایی بین داده‌ها و در یک محدوده جغرافیایی می‌باشد. با کمک این آماره ۴ گروه خودهمبستگی وجود دارد:

• **خوشه‌های مقادیر زیاد (HH):** این گروه به گروه مقادیر بالا-بالا مشهورند. در این گروه نقاط با ارزش‌های بالا توسط نقاطی با ارزش‌های بالا احاطه شده‌اند. با کمک این تحلیل می‌توان خوشه‌هایی که دارای بالاترین ارزش‌ها بوده و توسط ارزش‌های بالا احاطه شده‌اند را شناسایی کرد. این فاکتور در شناسایی عناصر اقلیمی با خوشه‌های با مقادیر بالا بسیار مفید است.

• **خوشه‌های مقادیر کم (LL):** این گروه، گروه مقادیر پایین-پایین هستند که نقاط با مقادیر کم توسط نقاط دیگر که آن‌ها هم دارای مقادیر کم هستند احاطه شده‌اند. با این فاکتور می‌توان مناطق و یا خوشه‌هایی که دارای مقادیر کم فشار بخار آب هستند را شناسایی کرد.

• **نقاط بالا-پایین (HL):** در این گروه مقادیر بالا توسط مقادیر کم احاطه شده‌اند. بطور مثال نقاطی که دارای رخداد بالای فشار بخار آب هستند توسط نقاطی که دارای حداقل فشار بخار آب می‌باشند

مکانی در محدوده همسایگی می‌پردازد. به عبارت دیگر این آماره میزان خودهمبستگی و یا تمایزات فضایی بین مقادیر سلول‌های مجاور در یک محدوده جغرافیایی را تعیین نموده و معنی‌داری آن را مورد آزمون قرار می‌دهد. آماره موران محلی طبق رابطه زیر قابل محاسبه است (کلیف و ارد، ۱۹۸۱):

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n W_{i,j} (x_i - \bar{x})$$

در این رابطه x_i خصیصه عارضه i ، میانگین خصیصه مربوطه و $(W_{i,j})$ وزن فضایی بین عارضه i و j می‌باشد که جمع وزن‌ها برابر ۱ است. در این رابطه S_i^2 برابر است با:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n W_{i,j}}{n-1} - \bar{x}^2$$

در این رابطه، n برابر با تعداد کل عوارض می‌باشد. در این آماره امتیاز استاندارد Z محاسبه شده و در یک سطح اطمینان مورد آزمون قرار می‌دهد. امتیاز استاندارد ZI_i به صورت زیر محاسبه می‌شود (کلیف و ارد، ۱۹۸۱؛ گودچیلد، ۱۹۸۶):

$$ZI_i = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}}$$

در اینجا خواهیم داشت:

$$E[I_i] = - \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n W_{i,j}}{n-1}$$

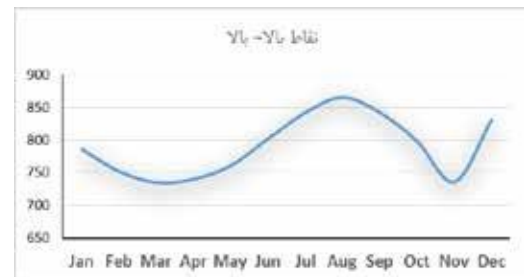
(رابطه ۵)

$$V[I_i] = E[I_i^2] - E[I_i]^2$$

در این تحلیل اگر مقدار I_i مثبت و معنی‌دار باشد



شکل ۴. تغییرات زمانی نقاط پایین-پایین فشار بخار آب ماهانه در جنوب و جنوب غرب ایران طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰



شکل ۳. تغییرات زمانی نقاط بالا-بالا فشار بخار آب ماهانه در جنوب و جنوب غرب ایران طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰

احاطه شده است.

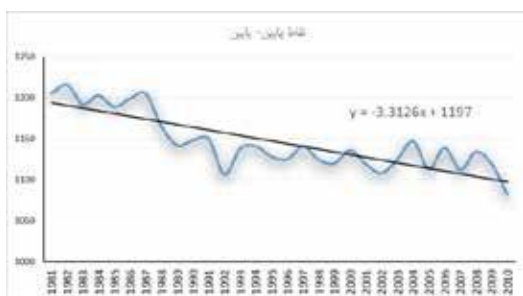
• **نقاط پایین - بالا (LH):** در این گروه نقطه‌ای که دارای مقادیر پایین هستند توسط عوارض دارای مقادیر زیاد احاطه شده‌اند. برای محاسبه و ترسیم نقشه‌ها و نمودارهای مربوطه از نرم افزارهای ArcGIS، GeoDa، و GS+ استفاده شده است.

یافته‌های پژوهش

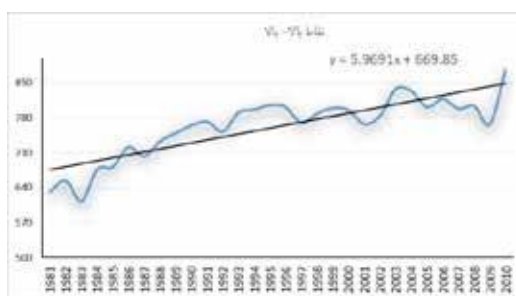
انجام آماره موران محلی بر روی مقادیر فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران بدین گونه است که ابتدا نقاط بالا-بالا و بالا-پایین، پایین-پایین و پایین-بالا برای مقیاس‌های زمانی ماهانه، سالانه و دهه‌ای شمارش گردید و روند تغییرات این نقاط مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته مشخص گردید که در تمامی مقیاس‌های مورد مطالعه، آماره موران فقط حاوی ارزش‌های بالا-بالا و پایین-پایین است. این بدان معنی است که در منطقه مورد مطالعه گاه ارزش‌های بالا توسط نقاطی با ارزش‌های بالا محاصره شده‌اند (بالا-بالا) و گاه ارزش‌های پایین توسط دیگر ارزش‌های پایین احاطه شده‌اند (پایین-پایین). حالت سوم هم که نشان دهنده عدم معنی‌داری است نیز در آماره موران محلی قابل مشاهده است. شکل‌های ۳ تا ۸ تعداد نقاط بالا-بالا و بالا-پایین را برای فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران به ترتیب در سه مقیاس ماهانه، سالانه و دهه‌ای نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر ماهانه ارزش‌های بالا-بالا و پایین-پایین مشخص می‌گردد که کمترین تعداد نقاط

بالا-بالا در ماه‌های نوامبر (۷۳۶) و مارس (۷۳۵) و بیش‌ترین تعداد در ماه آگوست (۸۶۵) رخ داده است. بنابراین می‌توان گفت که بیش‌ترین فراوانی خوشه‌های بالا-بالا در ماه‌های گرم سال و کم‌ترین تعداد آن در ماه‌های سرد رخ داده است (شکل ۳). با بررسی تغییرات زمانی نقاط پایین-پایین مشخص گردید که فراوانی این نقاط در ماه ژانویه (۱۰۳۷) و جولای (۱۲۰۰) به ترتیب از کمترین و بیش‌ترین مقدار برخوردار است (شکل ۴). همانند نحوه توزیع نقاط بالا-بالا، تعداد زیاد نقاط پایین-پایین نیز منطبق بر ماه‌های گرم و تعداد کم آن در ماه‌های سرد سال می‌باشد.

در بررسی دیگر، مقیاس سالانه و دهه‌ای تغییرات زمانی نقاط بالا-بالا و پایین-پایین در نظر گرفته شدند و مقادیر هر کدام از نقاط استخراج و روند تغییرات زمانی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت (شکل‌های ۵ تا ۸). بررسی تغییرات زمانی نقاط بالا-بالا در مقیاس‌های فوق، نشان دهنده وجود روند افزایشی در این نقاط است. به طوری که تعداد این نقاط در دهه اول (۱۹۹۰-۱۹۸۱) از ۶۹۲ مورد به ۷۸۶ مورد در دهه سوم رسیده است. روند تغییرات نقاط بالا-بالا در نمودار تغییرات زمانی آن (شکل ۵) دیده می‌شود. با توجه به این شکل کاملاً واضح است که در دوره زمانی (۲۰۱۰-۱۹۸۱)، خوشه‌های با رطوبت بالا تقویت شده و از نظر فضایی گسترده‌تر شده‌اند. به عبارت دیگر روند فشار بخار آب طی دوره مورد بررسی، به صورت افزایشی بوده است و بخار آب در



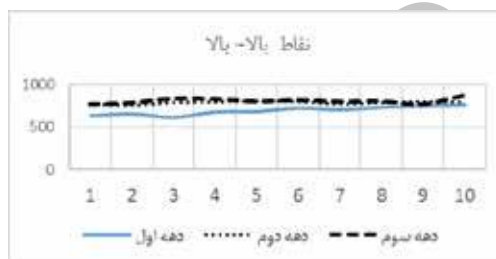
شکل ۶. تغییرات زمانی نقاط پایین-پایین فشار بخار آب دهه‌ای در جنوب و جنوب غرب ایران طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰



شکل ۵. تغییرات زمانی نقاط بالا-بالا فشار بخار آب دهه‌ای در جنوب و جنوب غرب ایران طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰



شکل ۸. تغییرات زمانی نقاط پایین-پایین فشار بخار آب دهه‌ای در جنوب و جنوب غرب ایران طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰



شکل ۷. تغییرات زمانی نقاط بالا-بالا فشار بخار آب دهه‌ای در جنوب و جنوب غرب ایران طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰

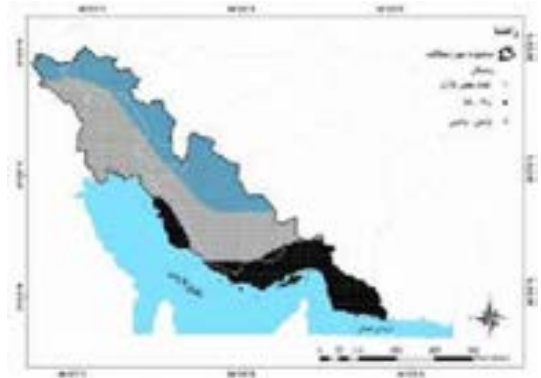
آنچه که در تحلیل‌های فوق مهم می‌باشد این است که خوشه‌های بالا-بالا و پایین-پایین در کجای منطقه افزایش و یا کاهش یافته‌اند. برای رسیدن به این هدف از آماره موران محلی (انسلین) برای ترسیم نقشه‌های پراکندگی فضایی نقاط بالا-بالا و پایین-پایین مقادیر فشار بخار آب استفاده گردید. به دلیل تعداد زیاد نقشه‌ها و بررسی دقیق‌تر تغییرات زمانی خوشه‌ها، فقط به بررسی نقشه‌های دو مقیاس زمانی فصلی و دهه‌ای پرداخته می‌شود. در نقشه‌های ترسیم شده، محدوده‌های تحت تصرف نقاط بالا-بالا نشان دهنده نواحی با بخار آب بالا و به عبارتی دیگر نواحی مرطوب از نظر موجودی بخار آب در نظر گرفته شده‌اند. از طرف دیگر محدوده‌های تحت تصرف نقاط پایین-پایین به عنوان نواحی با بخار آب پایین و به عبارتی دیگر خوشه‌های با رطوبت حداقل از نظر موجودی بخار آب نام‌گذاری شده‌اند. با مشاهده نقشه‌های فصلی (شکل‌های ۹ تا ۱۲) مشخص می‌شود که بیشترین

منطقه طی دوره زمانی ۳۰ ساله، افزایش یافته است. برخلاف نقاط بالا-بالا، تعداد نقاط پایین-پایین در طول دوره مورد مطالعه روند کاهشی داشته است (شکل ۶). بر اساس این شکل تعداد نقاط پایین-پایین از تعداد ۱۲۰۵ مورد در دهه اول، به ۱۰۸۱ مورد در دهه سوم رسیده است. شکل‌های ۷ و ۸ تغییرات را به صورت دهه‌های نمایش می‌دهد. در یک جمع‌بندی می‌توان گفت در دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۱، خوشه‌های با رطوبت پایین تضعیف شده و خوشه‌های با رطوبت بالا گسترش و تقویت یافته‌اند.

با توجه به بررسی‌های فوق مشخص گردید که تغییرات نقاط بالا-بالا و پایین-پایین در منطقه به چه صورت بوده است و طی دوره مورد بررسی تعداد این نقاط افزایش یافته است یا کاهش؟ بنابراین با اطمینان می‌توان در مورد تقویت، تضعیف، گسترش یا کاهش مقادیر فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران اظهار نظر کرد. اما



شکل ۱۰. پراکندگی فضایی نقاط بالا-بالا و پایین-پایین فشار بخار آب در فصل بهار در جنوب و جنوب غرب ایران



شکل ۹. پراکندگی فضایی نقاط بالا-بالا و پایین-پایین فشار بخار آب در فصل زمستان در جنوب و جنوب غرب ایران



شکل ۱۲. پراکندگی فضایی نقاط بالا-بالا و پایین-پایین فشار بخار آب در فصل پاییز در جنوب و جنوب غرب ایران



شکل ۱۱. پراکندگی فضایی نقاط بالا-بالا و پایین-پایین فشار بخار آب در فصل تابستان در جنوب و جنوب غرب ایران

به دلیل بخار آب ناچیز مناطق مرکزی کشور در فصل تابستان، قاعدتاً می بایست در این منطقه هم نقاط پایین-پایین بیشتری وجود داشته باشد. لذا می توان گفت که نقاط پایین-پایین در این منطقه، خوشه های پایین-پایین واقع در بخش های شمالی منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار داده و آن ها را به طرف عرض های پایین تر می راند. بنابراین به دلیل شباهتی که بین این دو منطقه وجود دارد، خوشه های با ارزش های پایین بیشتری شکل گرفته است و در نتیجه بر وسعت آن ها افزوده می شود. در فصل بهار نسبت به فصل پاییز تعدد نقاط بالا-بالا هم بیشتر به چشم می خورد. همین روند در نقاط پایین-پایین هم قابل مشاهده است. در این فصل، روند تغییرات مکانی با تغییراتی در تعداد نقاط همانند فصل تابستان می باشد. با مشاهده

تعداد نقاط بالا-بالا در فصل تابستان و در حاشیه دریای عمان و حدود ۶۰ درصد از مساحت خلیج فارس قابل رویت است. می توان گفت که در فصل گرم سال به دلیل بالا بودن دمای بخش های جنوبی و همچنین دمای سطحی آب دریای عمان و خلیج فارس از یک طرف و وجود سیستم های فشاری با منشاء جنوبی از طرف دیگر، بخار آب در خشکی های همجوار نسبت به دیگر فصول افزایش محسوسی را از خود نشان داده است. بنابراین قابل انتظار است که در فصل تابستان تعداد نقاط بالا-بالا نسبت به فصول دیگر بیشتر شود و مساحت بیشتری را از لحاظ طولی (توسعه به طرف عرض های بالاتر) به خود اختصاص دهند. همین عامل باعث شده است تا مساحت پهنه های غیرمعنی دار کاهش یافته و به طرف عرض های بالاتر رانده شوند. از طرف دیگر



شکل ۱۴. پراکندگی فضایی نقاط بالا-بالا و پایین-پایین فشار بخار آب در دهه ۱۹۹۱-۲۰۰۰ در جنوب و جنوب غرب ایران



شکل ۱۳. پراکندگی فضایی نقاط بالا-بالا و پایین-پایین فشار بخار آب در دهه ۱۹۸۱-۱۹۹۰ در جنوب و جنوب غرب ایران



شکل ۱۶. پراکندگی فضایی نقاط بالا-بالا و پایین-پایین میانگین فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران و روند تغییرات آن طی سه دهه ۱۹۹۰-۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰-۲۰۰۱

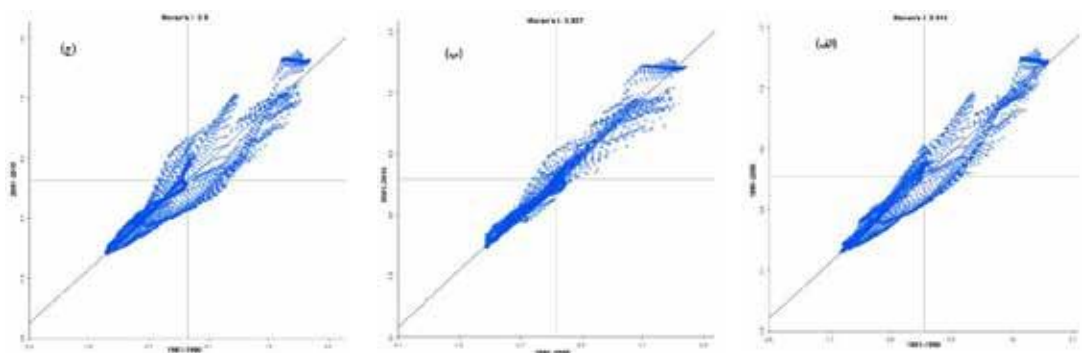


شکل ۱۵. پراکندگی فضایی نقاط بالا-بالا و پایین-پایین فشار بخار آب در دهه ۲۰۰۱-۲۰۱۰ در جنوب و جنوب غرب ایران

بالا و پایین-پایین و مکان دقیق خوشه‌های تشکیل شده و با از بین رفته بر روی نقشه مربوط به دهه ۲۰۱۰-۲۰۰۱ (شکل ۱۶) مشخص شده است. قابل ذکر است که محدوده‌های مشخص شده بر روی این نقشه، حاصل اختلاف تغییرات کاهش نقاط بالا-بالا و پایین-پایین افزایشی نقاط پایین-پایین بین دو دهه ۱۹۹۰-۱۹۸۱ و ۲۰۱۰-۲۰۰۱ است. با بررسی این نقشه مشخص می‌شود که تعداد خوشه‌های فضایی حاصل از نقاط بالا-بالا طی دهه اول تا دهه سوم روندی کاهش داشته است. از طرف دیگر نقاط پایین-پایین درست عکس توزیع نقاط بالا-بالا می‌باشد. به گونه‌ای که در دهه‌های مورد بررسی، روندی صعودی داشته است. این بررسی همچنین نشان می‌دهد که ضمن کاهش و یا افزایش تعداد

نقشه‌های دو فصل دیگر مشخص می‌شود که روند تغییرات مکانی تقریباً مشابه بوده و فقط تفاوت در تعداد نقاط بالا-بالا و پایین-پایین است که این تعداد در فصل زمستان به پایین‌ترین حد خود می‌رسد.

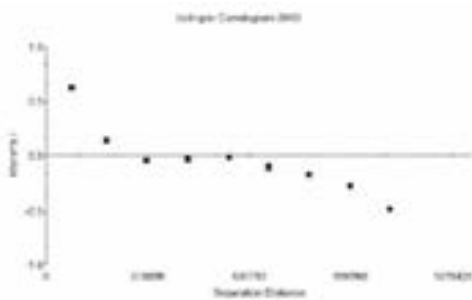
با بررسی نقشه‌های سه دهه ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ (شکل‌های ۱۳ تا ۱۵) مشخص می‌شود که در هر سه دهه نواحی با مقادیر بالا-بالا در امتداد پهنه‌های آبی جنوب کشور یعنی دریای عمان و خلیج فارس شکل گرفته‌اند. از طرف دیگر نواحی شمالی منطقه مورد مطالعه که گستره‌های ارتفاعی زاگرس را تشکیل می‌دهند محلی برای وقوع مقادیر پایین-پایین بخار آب شده است. برای درک بهتر این موضوع، روند تغییرات فضایی خوشه‌های بالا-



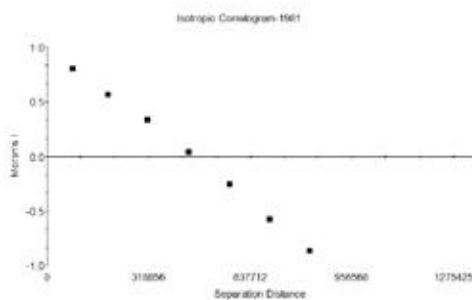
شکل ۱۷. ماتریس خودهمبستگی فضایی تغییرات زمانی مقادیر فشار بخار آب در دهه های مختلف در جنوب و جنوب غرب ایران

ارزشی فشار بخار آب در سه دهه اخیر، از تحلیل ماتریس خودهمبستگی فضایی موران دو متغیره بهره گرفته شد. بدین منظور مقادیر فشار بخار آب در هر دهه با دهه بعد از آن مقایسه گردید. مقادیر بالای شاخص موران نشان از وجود خودهمبستگی بالا و حاکی از تفاوت بسیار ناچیز مقادیر فشار بخار آب در دو دهه، و مقادیر پایین حاکی از وجود تغییرات بالا در دو دهه است. خودهمبستگی فضایی بین دو دهه ۱۹۹۰-۱۹۸۱ و ۲۰۰۰-۱۹۹۱ (شکل ۱۷-الف)، عدد ۹۱۴.۰ را نشان می دهد که نشان دهنده تغییرات ناچیز مقادیر فشار بخار آب در این دو دهه بوده است. از طرف دیگر آماره خودهمبستگی فضایی به مقدار ۹۳۷.۰ (شکل ۱۷-ب) برای دو دهه ۲۰۰۰-۱۹۹۱ و ۲۰۱۰-۲۰۰۱ نشان دهنده تغییرات کمتر مقادیر فشار بخار آب نسبت به دهه قبل بوده است. با این بررسی، وجود تغییرات ملایم را در مقادیر فشار بخار آب در هر دهه نسبت به دهه بعد می توان مشاهده کرد. اما برای بررسی دقیق تر تغییرات فشار بخار آب در کل دوره مورد مطالعه، می توان آماره خودهمبستگی فضایی موران را برای کل دوره مورد مطالعه محاسبه کرد. بدین منظور آماره دو متغیره موران محلی برای دو دهه ۱۹۹۰-۱۹۸۱ و ۲۰۱۰-۲۰۰۱ ترسیم گردید (شکل ۱۷-ج). مقدار کمتر آماره موران محلی در این بررسی (۰.۹) حاکی از وجود تغییرات مقادیر فشار بخار آب از ابتدا

نقاط بالا-بالا و یا پایین-پایین، تغییراتی از لحاظ مکانی هم ایجاد شده است. همان طور که در شکل ۱۶ مشاهده می شود، نقاط بالا-بالا به مساحت ۲۱۲۸۱ کیلومتر مربع که در حاشیه خلیج فارس (بخش های جنوبی استان بوشهر) و همچنین قسمت های جنوبی استان فارس وجود داشته اند، طی گذشت دو دهه یعنی رسیدن به دهه ۲۰۱۰-۲۰۰۱، از بین رفته و یا تضعیف شده اند. از طرف دیگر خوشه هایی با بخار آب بالا (نقاط بالا-بالا) در بخش های شمالی خلیج فارس واقع در استان بوشهر و قسمت های جنوبی استان خوزستان به مساحت ۲۱۰۰۰ کیلومتر مربع ایجاد شده است. به موازات تغییرات کاهش نقاط بالا-بالا، نقاط پایین-پایین روندی افزایشی داشته اند. این روند افزایشی با تغییرات شمال غربی-جنوب شرقی همراه بوده است. به عبارت دیگر نقاط پایین-پایین به بخش های شرقی و جنوب شرقی حرکت نموده اند. مقادیر پایین-پایین واقع در بخش های جنوبی زاگرس دارای روندی صعودی داشته اند. مساحت این پهنه برابر ۱۴۹۳۰ کیلومتر مربع می باشد. تغییرات کاهش نه چندان زیاد در نقاط پایین-پایین واقع در امتداد زاگرس که مساحتی بالغ بر ۱۳۵۰۰ کیلومتر مربع دارند، رخ داده است. به طوری که این خوشه ها در دهه سوم از بین رفته و یا تضعیف شده اند. برای مشخص نمودن وضعیت تغییرات مقادیر



شکل ۱۹. خودهمبستگی نگار فضایی همسانگرد فشار بخار آب در سال ۱۹۸۱



شکل ۱۸. خودهمبستگی نگار فضایی همسانگرد فشار بخار آب در سال ۱۹۸۱

منفی از فاصله ۵۷۲ شروع شده و تا فاصله ۱۰۷۷ کیلومتری قابل مشاهده است.

خودهمبستگی نگار سال ۲۰۱۰ حاکی از کاهش فاصله خودهمبستگی فضایی بین داده‌ها نسبت به سال ۱۹۸۱ می‌باشد. براساس خودهمبستگی نگار این دو سال، مشخص می‌گردد که مقادیر خود همبستگی فضایی مثبت در گام‌های جستجو ۱، ۲ و ۳ که به ترتیب در فواصل مکانی ۸۱، ۱۹۲ و ۳۱۶ کیلومتر قرار گرفته‌اند از ۰/۷۳۱، ۰/۴۰۹ و ۰/۲۲۸ در سال ۱۹۸۱ به ۰/۶۴۲، ۰/۲۴۱ و ۰/۰۸۳ در سال ۲۰۱۰ رسیده است (جدول ۳). این بررسی مشخص می‌کند که مقادیر خودهمبستگی فضایی مثبت در این سال با سرعت بیشتری نسبت به سال ۱۹۸۱ کاهش یافته است و تقریباً در فاصله ۳۱۶ کیلومتری به مقدار بحرانی خود می‌رسد.

از آن جا که بخار آب در یک منطقه به شرایط دمایی وابسته است و در ارتباط مستقیم با یکدیگرند، لذا دور از انتظار نیست که یکی از دلایل مهم تغییرات مقادیر فشار بخار آب، تغییرات دما بوده باشد. برای بررسی دقیق‌تر این موضوع، خودهمبستگی فضایی موران محلی دمای منطقه مورد مطالعه در سه دهه ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ بررسی شد تا مشخص گردد که افزایش و یا تضعیف مقادیر فشار بخار آب (نقاط بالا- بالا یا پایین- پایین) با تغییرات مکانی دمای سه دهه حاضر به چه صورت بوده است. بر اساس شکل ۲۰، روند تغییرات مکانی دما

تا انتهای دوره مورد مطالعه بوده است. در این نمودار مشخص می‌شود که بیشتر تغییرات در مقادیر بالا- بالا رخ داده است و همچنین تغییرات کمتری نیز در مقادیر پایین- پایین مشاهده می‌شود. گواه این مطلب شکل ۱۶ می‌باشد.

یکی دیگر از مفاهیم تحلیل فضایی داده‌های محیطی، تشخیص وجود یا عدم وجود خودهمبستگی فضایی در فاصله‌های مختلف است. در این مفهوم مشخص می‌شود که مقادیر فشار بخار آب تا چه فاصله‌ای قادرند خوشه‌ها را تشکیل و یا الگوی خوشه‌ای را بوجود آورند. در بررسی الگوهای پراکنش فضایی در فاصله‌های مختلف به این نتیجه خواهیم رسید که الگوها معمولاً از فاصله‌ای به فاصله دیگر تغییر می‌کنند که در واقع منعکس‌کننده وجود فرآیندهای فضایی خاص در فواصل مختلف است. جهت روشن‌تر شدن این موضوع، مقدار آماره موران عمومی برای فواصل مختلف محاسبه و نمودار خودهمبستگی نگار فضایی همسانگرد آن برای دوره مطالعاتی ۲۰۱۰-۱۹۸۱ ترسیم گردید. شکل‌های ۱۸ و ۱۹ خودهمبستگی نگار فضایی فشار بخار آب را در دو سال ابتدایی و انتهایی دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۱ نمایش می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود مقدار خودهمبستگی فضایی فشار بخار آب در سال ۱۹۸۱ تقریباً در فاصله ۵۷۲ کیلومتر به مقدار بحرانی (همبستگی صفر و شروع همبستگی منفی) خود رسیده است. در این نمودار همبستگی

جدول ۳. مقادیر خودهمبستگی فضایی موران عمومی فشار بخار آب دهه ای در گام های مختلف طی سه دهه

۱۹۸۱-۲۰۱۰

گام های فضایی	میانگین فاصله	دهه ۱۹۸۱-۱۹۹۰	دهه ۱۹۹۱-۲۰۰۰	دهه ۲۰۰۱-۲۰۱۰
۱	۸۱۶۴۳/۷۱	۰/۷۳۱	۰/۶۵	۰/۶۴۲
۲	۱۹۲۳۵۲/۷۹	۰/۴۰۹	۰/۲۵۴	۰/۲۴۱
۳	۳۱۶۱۶۲/۰۵	۰/۲۲۸	۰/۱۰۳	۰/۰۸۳
۴	۴۴۴۳۹۷/۸۶	۰/۰۵۱	-۰/۰۰۱	-۰/۰۱۵
۵	۵۷۲۲۳۱/۹۱	-۰/۱۶۴	-۰/۱۴۲	-۰/۱۰۴
۶	۶۹۸۸۳۷/۰۵	-۰/۳۸۵	-۰/۲۰۳	-۰/۱۶۳
۷	۸۲۵۰۴۱/۵۹	-۰/۶۰۹	-۰/۳۰۴	-۰/۲۵۸
۸	۹۵۲۲۷۸/۵۷	-۰/۹۲۶	-۰/۵۹۷	-۰/۵۶۲
۹	۱۰۷۷۸۵۵/۴۱	-۱/۰۹۵	-۰/۸۱۱	-۰/۸۶۳

مدیریت شهری

فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۳۹ تابستان ۹۴
No.39 Summer 2015

۲۱۳

مقادیر موران دومتغیره فشار بخار آب و دما برای دهه های ۱۹۸۱-۱۹۹۰، ۱۹۹۱-۲۰۰۰ و ۲۰۱۰-۲۰۰۱ به ترتیب ۰.۸۴۹۸، ۰.۸۵۱۱ و ۰.۸۲۰۶ را نشان می دهد که حاکی از یک رابطه مثبت معنی دار است. البته لازم به ذکر است که با گذشت زمان از شدت این رابطه کاسته شده است. بنابراین در یک جمع بندی می توان گفت که دما در این منطقه نقش تعیین کننده در توزیع مکانی فشار بخار آب دارد. البته ناگفته نماند که پارامترهای دیگری هم نظیر عوامل مکانی (مانند طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع، شیب و جهات شیب)، سمت و سرعت باد، دوری و نزدیکی به منابع رطوبتی، نحوه تأثیرگذاری سیستم های حامل رطوبت و ... در توزیع مکانی فشار بخار آب تأثیرگذار هستند که خود جای بحث دارد.

نتیجه گیری و جمع بندی

تحلیل خودهمبستگی داده های محیطی به عنوان یکی از مهم ترین رویکردهای تحلیل اکتشافی داده های فضایی (ESDA) به شمار می آید. آنچه که در این تحلیل مهم تلقی می شود، تأکید بر تمایز خصوصیات داده های فضایی، به ویژه بر خودهمبستگی

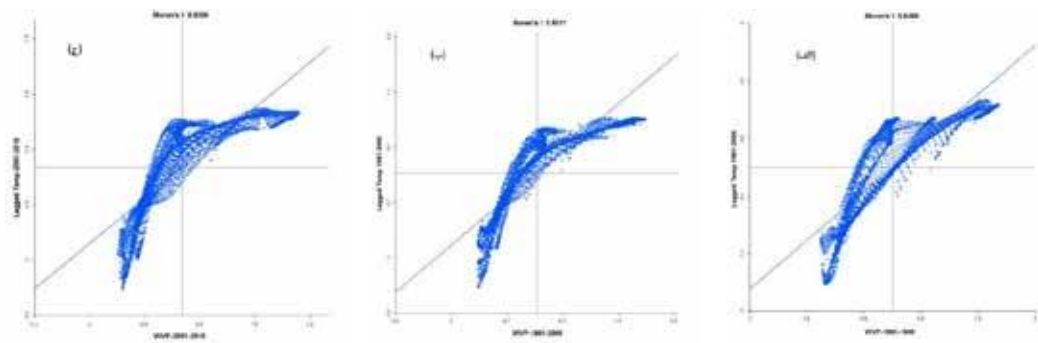
در جهت جنوب شرق- شمال غرب است. باتوجه به بررسی های صورت گرفته انتظار می رود که به موازات افزایش دما در دهه های حاضر، فشار بخار آب هم در همان امتداد افزایش یابد. برای تعیین نوع رابطه فشار بخار آب و دما در منطقه آماره خودهمبستگی موران محلی محاسبه گردید. نتایج حاکی از وجود خودهمبستگی مثبت و معنی دار بین مقادیر فشار بخار آب و دما است. با مقایسه تغییرات فشار بخار آب (شکل ۱۸) و تغییرات دما (شکل ۲۰) طی سه دهه ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ مشخص می شود که به موازات ایجاد خوشه های دمایی در بخش های شمالی خلیج فارس، خوشه های بالا- بالای فشار بخار آب هم در این منطقه شکل گرفته اند. از طرف دیگر خوشه های سرد شکل گرفته در بخش مرکزی منطقه، منجر به ایجاد نقاط پایین-پایین فشار بخار آب شده است. از بین رفتن خوشه های سرد به موازات ارتفاعات زاگرس، رابطه ای مستقیم با حذف نقاط پایین- پایین فشار بخار آب دارد. وضعیت مقادیر باقی مانده فشار بخار آب و دما در پراکنش نگار موران این موضوع را به خوبی نشان می دهد (شکل ۲۱). طبق نمودارهای ترسیم شده،



شکل ۲۰. پراکندگی فضایی نقاط بالا-بالا و پایین-پایین دما در جنوب و جنوب غرب ایران و روند تغییرات آن طی سه دهه ۱۹۹۰-۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰-۲۰۰۱

فصل گرم سال به دلیل بالا بودن دمای بخش های جنوبی و همچنین دمای سطحی آب دریای عمان و خلیج فارس از یک طرف و وجود سیستم های فشاری نظیر ITCZ که در دوره گرم سال به منطقه نزدیک شده و باعث تشدید شدن جریانات جنوبی واقع در روی شرق خلیج فارس و تنگه هرمز به سمت شرق می شود، بخار آب در خشکی های همجوار نسبت به دیگر فصول افزایش محسوسی را از خود نشان می دهد. بنابراین قابل انتظار است که در فصل تابستان تعداد نقاط بالا-بالا نسبت به فصول دیگر بیشتر شود و مساحت بیشتری را از لحاظ طولی (توسعه به طرف عرض های بالاتر) به خود اختصاص دهند. از طرف دیگر در فصل سرد سال از تعداد نقاط بالا-بالا کاسته می شود؛ به طوری که در این فصل نقاط بالا-بالا جای خود را به نقاط پایین-پایین و یا بدون معنی داری داده اند. بررسی تغییرات زمانی نقاط بالا-بالا در مقیاس سالانه، نشان دهنده وجود روند افزایشی در این نقاط است. به طوری که تعداد این نقاط در دهه اول (۱۹۹۰-۱۹۸۱) از ۶۹۲ مورد به ۷۸۶ مورد در دهه سوم

فضایی و ناهمگونی فضایی است. به طور حتم رخداد خودهمبستگی بالا و در نتیجه تشکیل خوشه در یک منطقه بازگو کننده دلیلی است که منجر به چنین توزیع فضایی شده است. به عبارتی دیگر چنین خودهمبستگی به صورت تصادفی بوجود نیامده است؛ بلکه از یک دلیل خاص تبعیت می کند. بنابراین در این پژوهش در ابتدا به شناسایی الگوی فضایی رفتار فشار بخار آب در طی دوره زمانی ۳۰ ساله پرداخته شد و سپس یکی از مهم ترین دلایل محتمل رخداد خودهمبستگی فضایی در داده های فشار بخار آب یعنی دما مورد بحث قرار گرفت. نتایج نشان داد که کم ترین تعداد نقاط بالا-بالای فشار بخار آب در ماه مارس و نوامبر و بیش ترین تعداد آن در ماه آگوست رخ داده است. لذا می توان گفت که بیش ترین تعداد پیکسل های با ارزش بالا-بالا در ماه های گرم سال و کم ترین تعداد آن در ماه های سرد سال رخ داده است. خودهمبستگی بوجود آمده ناشی از خوشه های بالا-بالا عمدتاً در فصل تابستان رخ داده است و دقیقاً هم راستا با مقادیر بالای فشار بخار آب در این فصل است. می توان گفت که در



شکل ۲۱. نمودارهای پراکنش نگار موران محلی میانگین فشار بخار آب و دما در جنوب و جنوب غرب ایران

سرزمین‌های هموار در این منطقه عاملی بر نفوذ بیشتر مقادیر بالای فشار بخار آب در بخش‌های جنوبی شده است. توزیع فضایی نقاط بالا-بالا تا جایی ادامه می‌یابد که قابلیت انتقال بخار آب وجود داشته باشد. به عبارت دیگر می‌توان دلایلی نظیر تأثیر منابع عمده رطوبتی خلیج فارس و دریای عمان، نقش باد در انتقال بخار آب به نواحی داخلی، توپوگرافی منطقه از جمله وجود سد عظیم کوهستانی زاگرس، موقعیت مکانی سامانه‌ها و شرایط سینوپتیکی در فصول مختلف در منطقه و مواردی از این قبیل را به عنوان عواملی ذکر کرد که منجر به بالا رفتن تعداد نقاط بالا-بالا در مناطق نزدیک به ساحل شده است. با عبور از این منطقه و فاصله گرفتن از منابع عمده رطوبتی، ارتفاعات دستخوش تغییرات شده و دیگر آن همگنی موجود در حواشی سواحل جنوبی را ندارند. همین عامل باعث می‌شود که مقادیر فشار بخار آب نتوانند خوشه‌های مشابه را در فواصل دورتر تشکیل دهند. رسیدن به سد عظیم کوهستانی زاگرس که نتیجه آن همگنی بیشتر ارتفاعات و همچنین دمای پایین‌تر می‌باشد، باعث شده است که خوشه‌های مشابه مقادیر پایین فشار بخار آب در این بخش شکل بگیرد. با بررسی نقشه تغییرات مکانی مقادیر فشار بخار آب طی سه دهه ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ مشخص می‌شود که نقاط بالا-بالا واقع در حاشیه ساحلی خلیج فارس (بخش‌های جنوبی استان فارس و

رسیده است. بدین معنی که خوشه‌های با فشار بخار آب بالا تقویت شده و از نظر فضایی گسترده‌تر شده‌اند. به عبارت دیگر روند فشار بخار آب طی دوره مورد بررسی، به صورت افزایشی بوده است و بخار آب در منطقه مورد مطالعه طی دوره زمانی ۳۰ ساله، افزایش یافته است. برخلاف نقاط بالا-بالا، تعداد نقاط پایین-پایین در طول دوره مورد مطالعه روند کاهشی داشته است. به طوری که تعداد نقاط پایین-پایین از تعداد ۱۱۸۶ در دهه اول، به ۱۱۱۹ مورد در دهه سوم رسیده است. بنابراین می‌توان گفت که در دوره زمانی (۱۹۸۱-۲۰۱۰)، خوشه‌های با رطوبت پایین تضعیف شده و خوشه‌های با رطوبت بالا گسترش و تقویت یافته‌اند. با بررسی نقشه‌های سه دهه ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ مشخص شد که در هر سه دهه نواحی با مقادیر بالا-بالا در امتداد پهنه‌های آبی جنوب کشور یعنی دریای عمان و خلیج فارس شکل گرفته‌اند. از طرف دیگر نواحی شمالی منطقه مورد مطالعه که گستره‌های ارتفاعی زاگرس را تشکیل می‌دهند محلی برای وقوع مقادیر پایین-پایین بخار آب شده است. بنابراین همان‌طور که قابل انتظار بود، به دلیل تأثیرپذیری مستقیم فشار بخار آب از درجه حرارت، نواحی همگن مشخصی در ارتباط با مقادیر بالا-بالای فشار بخار آب در بخش‌های جنوبی که دارای مقادیر بالاتر دمایی نسبت به دیگر محدوده‌های منطقه مورد مطالعه هستند تشکیل شده است. وجود

بوشهر) که مساحتی بالغ بر ۲۱۰۰۰ کیلومتر مربع داشتند از بین رفته‌اند. سیر صعودی این نقاط را در مساحتی حدود ۲۱۲۸۱ کیلومتر مربع می‌توان در بخش‌های شمالی خلیج فارس واقع در استان بوشهر و قسمت‌های جنوبی استان خوزستان مشاهده کرد. از طرفی دیگر از تعداد نقاط پایین-پایین کاسته شده است. تغییرات کاهشی در نقاط پایین-پایین واقع در امتداد زاگرس که مساحتی بالغ بر ۱۴۹۳۰ کیلومتر مربع دارند، قابل مشاهده است. با بررسی سالانه خودهمبستگی نگار فشار بخار آب مشخص گردید که طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ خودهمبستگی فضایی بین داده‌ها کاهش یافته است که خود حاکی از کاهش شباهت بین مقادیر فشار بخار آب با گذشت زمان است. دلیل رخداد چنین حالتی کاملاً مکشوف نیست؛ اما شاید بتوان به دلایلی نظیر تأثیرات توپوگرافی، تغییرات موقعیت قرارگیری سامانه‌ها، تغییرات کاربری اراضی و مواردی از این قبیل نسبت داد. بنابراین برای کشف دلایل مربوطه، نیاز به مطالعه جامع‌تر و گسترده‌تری می‌باشد. نتایج تحلیل فضایی رابطه فشار بخار آب و دما حاکی از وجود خودهمبستگی مثبت و معنی‌دار بین مقادیر فشار بخار آب و دما بود. به طوری که به موازات ایجاد خوشه‌های دمایی بالا در بخش‌های شمالی خلیج فارس، خوشه‌های بالا-بالای فشار بخار آب هم در این منطقه شکل گرفته است. از طرف دیگر خوشه‌های سرد شکل گرفته در بخش مرکزی منطقه، منجر به ایجاد نقاط پایین-پایین فشار بخار آب شده است. بنابراین در یک جمع‌بندی می‌توان گفت که دما در این منطقه نقش تعیین‌کننده در توزیع مکانی فشار بخار آب دارد. البته ناگفته نماند که پارامترهای دیگری هم وجود دارد که می‌تواند مؤثر واقع شود. بررسی عوامل مؤثر دیگر در مقادیر فشار بخار آب در بخش تحلیل ارتباط فضایی فشار بخار آب با عوامل مکانی توضیح داده شده است. در میان عوامل طبیعی، آب و هوا به عنوان تشکیل‌دهنده بخش مهمی از مفهوم محیط،

نقش بسیار مهمی در فعالیت‌های انسانی ایفاء می‌کند. در شرایط شکل‌گیری آسایش انسان از دیدگاه آب و هوایی، چهار عنصر دما، رطوبت، باد و تابش نقش مؤثری دارند. در بین این عناصر دما و رطوبت (و اشکال آن نظیر فشار بخار آب، رطوبت نسبی و رطوب مطلق) اثر بیشتری در آسایش بشر در مراکز جمعیتی دارند. مساعد بودن یا نبودن آب و هوا به طور قابل توجهی در توسعه و گسترش سکونتگاه‌های جمعیتی (شهری و روستایی) و کانون‌های فعالیت (کشاورزی، صنعت و خدمات) مؤثر می‌باشد. شرایط آب و هوایی و تغییرات عناصر اقلیمی، انسان‌ها را در جهت ساختن و به‌وجود آوردن انواع فضای زیستی با در نظر گرفتن ملاحظات اقلیمی، ملزم ساخته است. طول و عرض در و پنجره‌ها، ضخامت دیوارها، شکل و فرم ساختمان، نوع سقف، جنس مصالح و ارتفاع ساختمان، همه و همه، متأثر از شرایط محیط طبیعی و بویژه اقلیم است. در زمینه سایر فعالیت‌های انسان اعم از کشاورزی، صنعت و خدمات نیز اثر گذاری به همین منوال است. نتایج نشان داد که در طول دوره مطالعه، فشار بخار آب در جنوب و جنوب غرب ایران روندی افزایشی داشته است. از طرفی به دلیل رابطه معنی‌دار فشار بخار آب و دما، مشخص گردید که متعاقباً دما نیز روندی صعودی داشته است. لذا با توجه به روند افزایشی بخار آب و دما که به عنوان دو پارامتر مهم اقلیمی در تعیین آسایش اقلیمی یک منطقه به شمار می‌آیند، برنامه‌ریزی صحیح و اصولی در کانون‌های جمعیتی اهمیت بیشتری از پیش پیدا می‌کند. بنابراین توجه به اهداف عمده طراحی اقلیمی در هر منطقه آب و هوایی و پیش‌بینی مواردی در جهت تحقق بخشیدن به این اهداف موجب سازگاری و هماهنگی کانون‌های جمعیتی با شرایط اقلیمی از یک طرف و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و هویت یافتن معماری در هر اقلیم از طرف دیگر خواهد شد. طراحی معماری در کانون‌های جمعیتی همواره مورد توجه معماران بوده است؛ این

مهم به ویژه در شرایطی که منطقه با افزایش بخار آب جوی و متعاقب آن افزایش دما روبرو باشد، به مهم ترین چالش ذهنی معمار تبدیل می شود. با توجه به اینکه تغییرات در یک عنصر اقلیمی سبب می شود تا همواره معماری کانون های جمعیتی خود را با شرایط موجود وفق دهد، با افزایش بخار آب طی دوره آماری سی ساله که خود از یک طرف متأثر از دما بوده و از طرفی دیگر با توجه به اثر گلخانه-ایش بر روی دمای محیط تأثیر گذاشته است، لازم است آسایش اقلیمی و نوع معماری محیط مورد بازنگری قرار گیرد. از طرفی دیگر به دلیل تغییر شرایط رطوبتی، رخداد پدیده های مرتبط نظیر پدیده شرجی که در تماس مستقیم با مقادیر بخار آب می باشد دچار دستخوش تغییرات شده است و می تواند نقش مهمی در تغییر وضعیت آسایش اقلیمی یک منطقه داشته باشد.

بخار آب جو یکی از مهم ترین عناصر اقلیمی بوده که به علت نقش بسزایی که در ترازمندی انرژی سیاره زمین دارد

می تواند در تبیین تغییرات اقلیمی مؤثر باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که اثبات وجود روند معنی دار در سری زمانی بخار آب به تنهایی نمی تواند دلیل قاطعی بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد بلکه فرض رخداد آن را تقویت می کند. با بررسی منابع مختلف مشخص گردیده که پدیده تغییر اقلیم وجود داشته و دارد و ادامه نیز خواهد داشت. لذا افزایش در در مقادیری نظیر بخار آب جو و دما به عنوانی عناصر تأثیرگذار در پدیده تغییر اقلیم همواره هر روز شدیدتر و مخرب تر می شود و این در حالی است که ما هر روز آگاه تر می شویم که اگر پدیده تغییر اقلیم با همین روند ادامه پیدا کند، مهم ترین دستاورد انسان یعنی تمدن و شهرنشینی را از بین خواهد برد. افزایش دمای جهانی که عمدتاً ناشی از افزایش گازهای گلخانه ای نظیر بخار آب است و در این پژوهش به این مهم دست یافتیم، به عنوان چالشی عظیم در پیش روی آیندگان ما

است؛ آینده ای که زودتر از آنچه فکر کنیم خواهد رسید. با توجه به این نتایج مهم، مفهوم توسعه پایدار و همچنین پیش بینی تمهیداتی برای کاهش آثار منفی تغییرات عناصر اقلیمی در کانون های جمعیتی اهمیتی دو چندان پیدا می کنند. لذا برای رسیدن به این مهم، مشارکت همه جانبه متخصصان، معماران، شهرسازان و مردم طلب شده تا آیندگان نیز از داشته های ما بهره مند شوند. این همان مفهوم توسعه پایدار است که شامل آینده نگری، محیط گرایی و عدالت گرایی می شود.

منابع و ماخذ

برتاو، عیسی؛ حاجی نژاد، علی؛ عسگری، علی و گلی، علی (۱۳۹۲) بررسی الگوهای سرقت مسکونی با به کارگیری رویکرد تحلیل اکتشافی داده های فضایی، مطالعه موردی: شهر زاهدان، پژوهش های راهبردی امنیت و نظم اجتماعی، سال دوم، شماره پیاپی ۶، شماره دوم، صص ۲۳-۱.

حسینی پاک، علی اکبر (۱۳۸۰) زمین آمار، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

رهنما، محمد رحیم و ذبیحی، جواد (۱۳۹۰) تحلیل توزیع تسهیلات عمومی شهری در راستای عدالت فضایی با مدل یکپارچه دسترسی در مشهد، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۳، صص ۵-۲۶.

صادقی نیا، علیرضا؛ علیجانی، بهلول؛ ضیائی، پرویز و خالدی، شهریار (۱۳۹۲) کاربرد تکنیک های خودهمبستگی فضایی در تحلیل جزیره حرارتی شهر تهران، مجله تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۳، شماره ۳۰، صص ۹۰-۶۷.

علیجانی، بهلول (۱۳۷۳) نگرش نو در کاربرد آب و هواشناسی در مدیریت منابع توسعه کشور، نقش آب و هوا در طراحی مسکن، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳۵.

محمدزاده، مهدی (۱۳۸۵) آشنایی با آمار فضایی، نشریه ندا، سال چهارم، شماره ۲، صص ۱۲-۱.

Alijani, B., Bayat, A., Y., Balyani, Doostkamian, M and Javanmard, A., (2013), Spatial Analysis of

- Methods for geographers, John Wiley and sons, New York.
- Cliff, A. D. , & Ord, J. K. , (1981), Spatial processes: models & applications, No 44, London.
- Hassani Pak, A. A. , (2001), Geostatistics, University of Tehran Pub, Tehran.
- Fu, W. J. , Jiang, P. K. , Zhou, G. M. , & Zhao, K. L. , (2014), Using Moran's I and GIS to study the spatial pattern of forest litter carbon density in a subtropical region of southeastern China, Biogeosciences, Vol. 11, No 8, PP. 2401-2409.
- Goodchild, M. F. , (1986), Spatial Autocorrelation, CATMOG 47; Norwich, UK, PP. 6–25.
- Hartmann, S. Becker, and L. King , (2008), Quasi-Periodicities in Chinese Precipitation Time Series, Theoretical and Applied Climatology, No 92, PP. 155–163.
- Kampata, J. M. , Parida, B. P. , & Moalafhi, D. B. , (2008), Trend analysis of rainfall in the headstreams of the Zambezi River Basin in Zambia, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Vol. 33, No 8, PP. 621-625.
- Khalili, M. , Leconte, R. , & Brissette, F. , (2007), Stochastic multisite generation of daily precipitation data using spatial autocorrelation, Journal of hydrometeorology, Vol. 8, No 3, PP. 396-412.
- Kühn, I. , (2007), Incorporating spatial autocorrelation may invert observed patterns, Diversity and Distributions, Vol. 13, No 1, PP. 66-69.
- Li, X. , Zhou, W. , Ouyang, Z. , Xu, W. , & Zheng, H. , (2012), Spatial pattern of greenspace affects land surface temperature: evidence from the heavily urbanized Beijing metropolitan area, China. Landscape ecology, Vol. 27, No 6, PP. 887-898.
- McCabe, M. F. , Kalma, J. D. , & Franks, S. W. , (2005), Spatial and temporal patterns of land surface Annual Precipitation of Iran; Second International Conference On Environmental Hazard. , Kharazmi University – Tehran, Oct 29 & 30.
- Allen, R. P. , and Sodden, B. J. , (2008), Atmospheric warming and the amplification of precipitation extremes, Science, No 321, PP. 1481–1484.
- Anselin, L. , Sridharan, S. , & Gholston, S. , (2007), Using exploratory spatial data analysis to leverage social indicator databases: the discovery of interesting patterns. Social Indicators Research, Vol. 82, No 2, PP. 287-309.
- Balling Jr, R. C. , & Goodrich, G. B. , (2011), Interannual variations in the local spatial autocorrelation of tropospheric temperatures, Theoretical and applied climatology, Vol. 103, No 3-4, PP. 451-457.
- Begert, M. , Schlegel, T. , & Kirchhofer, W. , (2005), Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000, International Journal of Climatology, Vol. 25, No 1, PP. 65-80.
- Brunetti, M. , Buffoni, L. , Maugeri, M. , & Nanni, T. , (2000), Trends of minimum and maximum daily temperatures in Italy from 1865 to 1996, Theoretical and Applied Climatology, Vol. 66, No 1-2, PP. 49-60.
- Chang, H. , & Kwon, W. T. , (2007), Spatial variations of summer precipitation trends in South Korea, 1973–2005, Environmental Research Letters, Vol. 2, No 4, PP. 12-45.
- Chu, H. J. , (2012), Assessing the relationships between elevation and extreme precipitation with various durations in southern Taiwan using spatial regression models, Hydrological Processes, Vol. 26, No 21, PP. 3174-3181.
- Clark, W. A. V. , Hosking, P. L. , (1986), Statistical



- face fluxes from remotely sensed surface temperatures within an uncertainty modelling framework, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 9, No 5, PP. 467-480.
- Serrano, A. , Mateos, V. L and Garcia, J. A. , (1999), Trends analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921-1995, *phys. Chem. Earth (B)*, No 24, PP. 84-90.
- Spangenberg, A. , & Bredemeier, M. , (1999), Application of spectral analysis to meteorological and soil solution chemistry data, *Chemosphere*, Vol. 39, No 10, PP. 1651-1665.
- Sugumaran, R. , Larson, S. R. , & DeGroot, J. P. , (2009), Spatio-temporal cluster analysis of county-based human West Nile virus incidence in the continental United States, *International journal of health geographics*, Vol. 8, No 1, PP. 43.
- Tonkaz, T. , Çetin, M. , & Tülücü, K. , (2007), The impact of water resources development projects on water vapor pressure trends in a semi-arid region, Turkey, *Climatic change*, Vol. 82, No 1-2, PP. 195-209.
- Trenberth KE, Stepaniak DP. , (2003), Seamless poleward atmospheric energy transports and implications for the Hadley circulation, *J Climate*, No 16, PP. 3705–3721.
- Wang, Q. , Ni, J. , & Tenhunen, J. , (2005), Application of a geographically weighted regression analysis to estimate net primary production of Chinese forest ecosystems, *Global Ecology and Biogeography*, Vol. 14, No 4, PP. 379-393.
- Wentz, F. , L. Ricciardulli, K. Hilburn, and C. Mears. , (2007), How much more rain will global warming bring?, *Science Express*, No 317, PP. 233–235.
- Wu, E. , & Chawla, S. , (2007), Spatio-tempo-
ral analysis of the relationship between south american precipitation extremes and the el niño southern oscillation, In *Data Mining Workshops. ICDM Workshops, Seventh IEEE International Conference on IEEE*, PP. 685-692.
- Wu, P. C. , Lay, J. G. , Guo, H. R. , Lin, C. Y. , Lung, S. C. , & Su, H. J. , (2009), Higher temperature and urbanization affect the spatial patterns of dengue fever transmission in subtropical Taiwan, *Science of the total environment*, Vol. 407, No 7, PP. 2224-2233.
- Yue, S. , Hashino, M. , (2003), Long term trends of annual and monthly precipitation in Japan, *Journal of the American Water Resources Association*, No 39, PP. 587-596.