Golestan University

Journal of the Climate Change Research

Scientific Journal of Golestan University
Vol. 4, No. 15, Autumn 2023

Spatial analysis of dew point temperature trend changes in Iran

Mahnaz Rostamian[1*], Seyed Hossein Mirmousavi[2], Kohzad Raispour[3]

[1] PhD student of Climatology, Zanjan University, Zanjan, Iran, Email: mrostamian1394@yahoo.com
[2] Associate Professor of Climatology, Department of Geography, Zanjan University, Zanjan, Iran, Email: hossein.mousavi047@gmail.com
[3] Assistant Professor of Climatology, Department of Geography, University of Zanjan, Zanjan, Iran, Email: raispour@znu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-8-15
Accepted: 2023-9-25

Keywords:
Climate change
Precipitation
quantile regression
trend analysis
Iran

ABSTRACT

Introduction: Dew point temperature is one of the important atmospheric variables and its long-term changes can lead to changes in the climatic characteristics of an area. In order to spatially analyze the trend of dew point temperature changes in Iran, the annual and monthly data of this variable in 93 synoptic weather stations (1998-2022) have been used. In order to investigate the effect of changes in other atmospheric variables on dew point temperature, the data of average annual relative humidity, average minimum and average maximum temperature, and average total annual precipitation have been used. To investigate the change process, Mann-Kendall and age gradient method and to identify the patterns governing the spatial changes of dew point temperature in Iran, from spatial autocorrelation models such as Moran and Gattis -Ardji model and the relationship between other atmospheric variables with changes in dew point temperature from regression method. Multivariate standard was used. The results of analyzing the trend of changes in Kendall showed that this variable has an increasing trend in the areas around the North and South seas and the northwest region, and a decreasing trend in other regions of the country.

Materials and methods: In this research, from the annual and monthly data of the variables of average annual and seasonal dew point temperature, average annual minimum temperature, average annual maximum temperature, average annual relative humidity and average total annual precipitation of 93 synoptic meteorological stations with a statistical period of 25 years (1998-2022) was obtained and used from the Meteorological Organization. Based on the results of these tests, Mann-Kendall and Shib-Sen's statistical method with the least amount of error was selected and used as the optimal method for analyzing the trend of dew point temperature changes. In the next step, Moran's Global Spatial Statistics Index was used to analyze the spatial changes governing the dew point temperature and year. In the current research, in order to analyze the spatial distribution patterns governing the dew point temperature changes, the Gettys-Ardji model was used. In order to analyze the effective variables in changes in dew point temperature, such as average minimum and maximum temperature, relative humidity and precipitation, standard multivariate regression method has been used.

Results and discussion: Examining the annual average dew point temperature in Iran during the statistical period under study shows that the highest values of this variable are along the southern coasts of Iran, and after this region, the northern coasts of the country have the highest dew point temperature values (Figure 1). The central, eastern and northeastern regions have the lowest values, which shows that the dew point temperature in Iran is related to the atmospheric humidity, because the coasts with high humidity have high dew point temperatures, and on the other hand, the central parts due to humidity They have a lower average temperature. In this regard, the results of studies (Wermeter et al., 2022) in the coastal areas of the southeastern United States of America showed that the coastal areas have higher dew point temperatures than other areas due to high humidity.

Conclusion: The results of global Moran's index showed that the dew point temperature strongly follows the high cluster pattern and has a positive spatial autocorrelation. And the analysis of hot spots based on the Gattis Ardji model also showed that the areas with high dew point temperature mainly in the coastal areas of the north and south and parts of the northwest of Iran have a significant spatial correlation and the cold spots in the interior parts. And central Iran is concentrated. which shows the importance of humidity in the type of spatial distribution of this variable in Iran. And the multivariable regression also showed that the average minimum temperature with a correlation of 0.82 and the average relative humidity with a correlation of 0.73 have the greatest effect on changes in dew point temperature in Iran.

Cite this article: Rostamian, M., Mirmousavi, S.H., Raispour, K. (2023). Spatial analysis of dew point temperature trend changes in Iran. *Journal of the Climate Change Research*, 4 (15), 55-72.

©The author(s)
Publisher: Goletan University
Doi: 10.30488/CCR.2023.411763.1156

نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی

فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال چهارم/ شماره مسلسل پانزدهم/ پاییز ۱۴۰۲ / صفحات: ۷۲-۵۵

تحلیل فضایی روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران

مهناز رستمیان[۱*]، سیدحسین میرموسوی[۲]، کوهزاد رئیس‌پور[۳]

[۱]دانشجوی دکترای اقلیم شناسی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، رایانامه: mrostamian1394@yahoo.com

[۲]دانشیار اقلیم شناسی گروه جغرافیای دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، رایانامه: hossein.mousavi047@gmail.com

[۳]استادیار اقلیم شناسی گروه جغرافیای دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، رایانامه: raispour@znu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۳

واژه‌های کلیدی:
دمای نقطه شبنم
نوسانات اقلیمی
رطوبت نسبی
ایران

چکیده

دمای نقطه شبنم یکی از متغیرهای مهم جوی است و تغییرات دراز مدت آن می تواند منجر به تغییر ویژگی های اقلیمی یک ناحیه گردد. به منظور تحلیل فضایی روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران از داده‌های میانگین سالانه و ماهانه این متغیر در ۱۰۹ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در طی دوره آماری ۲۰۲۲-۱۹۹۰ استفاده شده است. جهت بررسی اثر تغییرات سایر متغیر های جوی بر دمای نقطه شبنم از داده های میانگین رطوبت نسبی سالانه، میانگین حداقل و میانگین حداکثر دما و میانگین مجموع بارش سالانه استفاده شده است. برای بررسی روند تغییرات از روش من کندال و جهت شناسایی الگوهای حاکم بر تغییرات فضایی دمای نقطه شبنم در ایران، از مدل‌های خودهمبستگی فضایی موران جهانی و گتیس ارد جی استفاده شده است. نتایج بررسی روند تغییرات دمای نقطه شبنم نشان می دهد این متغیر در نواحی اطراف دریاهای شمال و جنوب و منطقه شمال غرب از روند افزایشی و در مناطق مرکزی، شرق و شمال شرق ایران از روند کاهشی برخوردار است. تحلیل فضایی مناطق با دمای نقطه شبنم بالا نشان دهنده الگوی خوشه‌ای شدید می باشد بدین معنی که مناطق با دمای نقطه شبنم بالا عمدتاً در بخش‌هایی از سواحل دریای خزر و بخش‌های زیادی از سواحل خلیج فارس و دریای عمان، بخش‌هایی از شمال آذربایجان و اردبیل گسترده شده است. این موضوع نشان می دهد که با نزدیک شدن به منابع رطوبتی دمای نقطه شبنم نیز بیشتر می‌شود. هم چنین تحلیل فضایی مناطق با دمای نقطه شبنم پایین نیز نشان می‌دهد که این نوع دماها عموماً در بخش وسیعی از مناطق مرکزی جنوب استان خراسان و شرق و جنوب شرق ایران متمرکزشده‌اند. تمرکز این دماهای پایین در بخش‌های داخلی و مرکزی ایران نشان‌دهنده نقش کاهش رطوبت به دلیل دوری از دریاهای شمال و جنوب در کاهش میزان دمای نقطه شبنم می‌باشد.

استناد: رستمیان، مهناز؛ میرموسوی، سیدحسین؛ رئیس‌پور، کوهزاد. (۱۴۰۲). تحلیل فضایی روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران. *نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی*، ۴ (۱۵)، ۷۲-۵۵.

ناشر: دانشگاه گلستان

© نویسندگان.

Doi: 10.30488/CCR.2023.411763.1156

مقدمه

با جدی شدن بحث تغییر اقلیم در دنیا، مطالعه پارامترها و متغیرهای آب و هوایی به صورت گسترده‌ای مورد توجه قرارگرفته است. دمای نقطه شبنم یکی از متغیرهای مهم جهت تخمین متغیرهای مربوط به هواشناسی کشاورزی می‌باشد (حسینی، ۱۳۹۷). این متغیر، ارتباط نزدیکی با محتوای رطوبتی جو دارد و تحت شرایط گرمایش جهانی می‌تواند در مناطق جغرافیایی مختلف رفتار دوگانه‌ای را از خود نشان دهد (Arikan et al., 2021). بدین معنی که با افزایش مقدار دمای نقطه شبنم به ظرفیت رطوبتی هوا افزوده می‌شود و در مناطقی که رطوبت کافی برای بارش داشته باشد باعث افزایش شدت بارش شده و در مناطقی که رطوبت لازم وجود نداشته باشد موجب کاهش بارش و خشکی هوا می شود؛ به همین دلیل، دمای نقطه شبنم به عنوان یکی از فاکتورهای مهم در پیش‌بینی بارش مورد استفاده قرار می‌گیرد. به دلیل اهمیت موضوع پژوهش‌های متعددی در ارتباط با دمای نقطه شبنم در سطح جهان انجام شده که از آن جمله می‌توان به مطالعات Robinson و همکاران (۲۰۰۰) اشاره کرد که در پژوهشی به بررسی روند زمانی تغییرات دمای نقطه شبنم در ایالات متحده آمریکا پرداخته است و به این نتیجه رسیده است که میانگین فصلی این متغیر، در بیشتر مناطق، دارای روند افزایشی بوده است. Hubbard و همکاران (۲۰۰۳) که به بررسی تخمین دمای نقطه شبنم روزانه برای دشت‌های بزرگ شمالی ایالات متحده آمریکا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مدل‌های رگرسیونی توانایی بالایی در تخمین داده‌های روزانه دمای نقطه شبنم دارد. Zounemat-Kermani (۲۰۱۲) به منظور تخمین دمای نقطه شبنم از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چند خطی استفاده نمود و به این نتیجه رسید که استفاده از جهت باد به عنوان ورودی، همراه با متغیرهای دیگر هواشناسی می‌تواند دقت پیش‌بینی این دو مدل را افزایش دهد. Mortuza و همکاران (۲۰۱۴) روند زمانی و مکانی رطوبت نسبی و دمای نقطه شبنم در بنگلادش مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که رطوبت نسبی و دمای نقطه شبنم سالانه و فصلی، روند افزایشی داشته است. Kim و همکاران (۲۰۱۵) مدل‌سازی دینامیکی- فیزیکی دمای نقطه شبنم روزانه در ایالات متحده را انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که نتایج رگرسیون تعمیم یافته در تخمین دمای نقطه شبنم در تمامی ایستگاه‌ها بهتر از شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد. در زمینه دمای نقطه شبنم و تاثیر آن بر پارامترهای مختلف اقلیمی می‌توان به مطالعات (Górnicki et al., ۲۰۱۷)، (Wasko et al, 2018)، (Famiglietti et al,2018)، (Bui et al,2019)، (Yao et al., 2021)، (Sein et al.,۲۰۲۲) اشاره کرد. مروری بر پژوهش های داخلی نشان می‌دهد که پژوهش های بسیار محدودی در ارتباط با دمای نقطه شبنم انجام شده است که اکثر آنها در زمینه روش‌ها و مدل‌های تخمین این متغیر می باشد. به عنوان نمونه می توان به مطالعه حسینی و همکاران (۱۴۰۱) اشاره نمود که با استفاده مدلهای شبکه عصبی و رگرسیون تطبیقی چند متغیره نسبت به تخمین این متغیر در ایستگاه هواشناسی خوی پرداخته اند و نهایتا به این نتیجه رسیدند که رگرسیون تطبیقی تخمین های بهتری را نسبت به مدل شبکه عصبی نشان می دهد. از این قبیل مطالعات می توان به تیموری و همکاران (۱۳۹۹) در استان سیستان و بلوچستان و پرویز (۱۴۰۰) در ایستگاه های رشت، یزد و ارومیه نمود. برخی دیگر از مطالعات با رویکرد واکاوی تغییرات زمانی و مکانی دمای نقطه شبنم انجام شده است در همین راستا منتظری و یقینی (۱۳۹۸) در ۱۶۲ ایستگاه هواشناسی کشور تغییرات زمانی و مکانی این پارامتر را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند دمای نقطه شبنم در دهه های اخیر روند کاهشی داشته و این موضوع نشانده خشک شدن تدریجی محتوی رطوبتی ایران است. مطالعات قره خانی و قهرمان (۱۳۸۹) نیز از همین نوع است. پژوهش های بسیار کمی در زمینه ارتباط دمای نقطه شبنم با متغیرهای اقلیمی انجام شده که در این زمینه می توان به ناظم السادات و

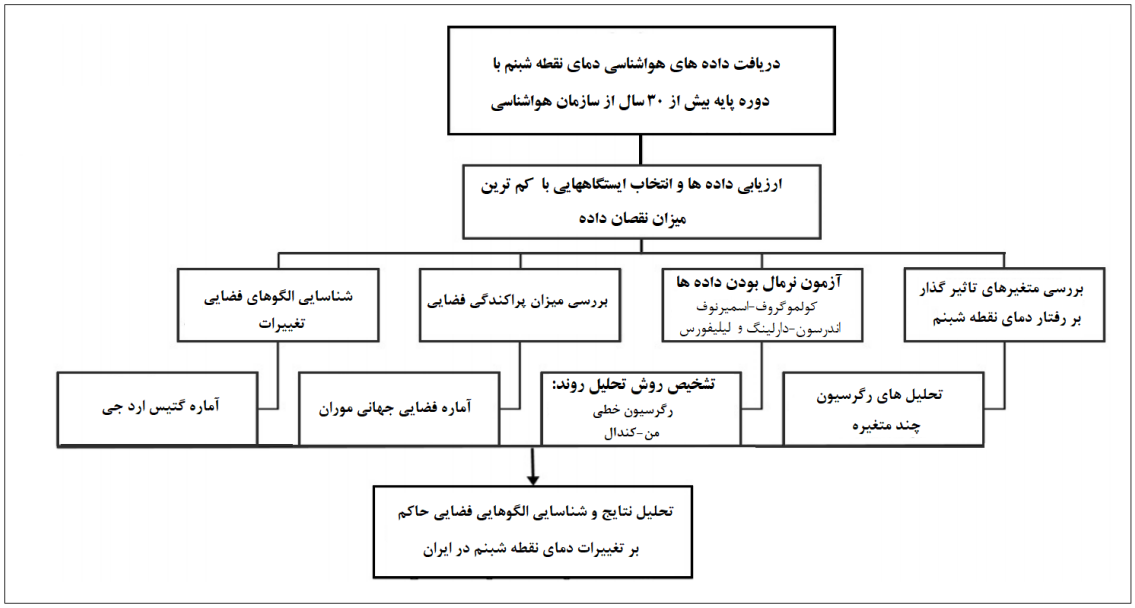
همکاران (۱۳۸۰) اشاره نمود که در مطالعات خود به بررسی رابطه دمای نقطه شبنم روزانه و دمای کمینه روز بعد در منطقه جهرم فارس پرداختند و نتیجه گرفتند که با توجه به مقادیر دمای نقطه شبنم و رطوبت نسبی، می توان وقوع سرمازدگی را در حد مطلوبی پیش بینی نمود. مرور مطالعات داخلی نشان می دهد که در زمینه دمای نقطه شبنم پژوهش های اندکی در زمینه تحلیل روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران صورت گرفته است و اکثر این پژوهش ها مربوط به قبل از سال ۲۰۱۰ میلادی می باشد. با توجه به اهمیت دهه های اخیر در بررسی تغییرات متغیرهای جوی نظیر دمای نقطه شبنم لازم است تا با استفاده از آمار بروزتر و روش های دقیق تر نسبت به بررسی مجدد این متغیر اقدام گردد. هم چنین در پژوهش های قبلی توزیع مناسب ایستگاهها در پهنه ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس در پژوهش حاضر تلاش شده است تا با بهره گیری از داده های بهنگام ایستگاههای هواشناسی سینوپتیک کشور در یک دوره ۳۳ ساله و با در نظر گرفتن توزیع جغرافیایی مناسب آنها در پهنه ایران، نسبت به بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی دمای نقطه شبنم پرداخته شود. هدف اصلی پژوهش حاضر شناسایی روند فضایی تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران است چراکه با تشخیص الگوهای حاکم بر تغییرات این متغیر می توان نمای بهتری از اثرگذاری آن بر تغییرات رفتار سایر متغیرهای اقلیمی نظیر بارش داشت. در این زمینه مطالعات متعدد در سطح جهان، حاکی از تاثیر تغییرات دمای نقطه شبنم بر افزایش بارش های فرین می باشد و لازم است تا در پژوهش های آتی این موضوع نیز مورد توجه و بررسی قرار گیرد. سوالات مهمی که پژوهش حاضر سعی بر پاسخگویی به آن است، این است که آیا در دهه های اخیر دمای نقطه شبنم در ایران تغییرات معنی داری پیدا کرده است؟ در صورت وجود تغییرات، الگوی فضایی حاکم بر این تغییرات به چه شکل است و کدام مناطق کشور از تغییرات افزایشی و یا کاهشی معنی داری برخوردار هستند؟ دمای نقطه شبنم در ایران با چه متغیرهایی بیشتر در ارتباط است و میزان همبستگی بین آنها چقدر است؟ برای پاسخگویی به این سوالات در پژوهش حاضر سعی شده است تا با استفاده از روشهای تحلیل روند مناسب و مورد قبول در اکثر مطالعات اقلیمی نظیر روش من کندال نسبت به بررسی روند تغییرات این متغیر در دهه های اخیر اقدام گردد و هم چنین با استفاده از مدل های تحلیل فضایی نظیر تحلیل لکه های داغ و مدل موران الگوهای فضایی حاکم بر این تغییرات شناسایی گردد. هم چنین با بررسی ارتباط بین این متغیر با متغیرهای اقلیمی مختلف از طریق روش‌های رگرسیونی مناسب نسبت به شناسایی متغیرهای مهم تاثیرگذار اقدام گردد.

داده‌ها و روش‌ها

در پژوهش حاضر از داده‌های سالانه و ماهانه متغیرهای میانگین دمای نقطه شبنم سالانه و ماهانه، میانگین دمای کمینه سالانه، میانگین بیشینه دمای سالانه، میانگین رطوبت نسبی سالانه و میانگین مجموع بارش سالانه تعداد ۱۰۹ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک با دوره آماری ۳۳ سال (۲۰۲۲-۱۹۹۰) استفاده شده است.

در پژوهش حاضر به منظور ارزیابی روند تغییرات دمای نقطه شبنم در طی دوره آماری مورد مطالعه، روش های مختلف تحلیل روند بر روی داده ها، مورد ارزیابی قرار گرفت تا بر اساس نتایج حاصل از آن، روش مناسب و کارآمد برای این منظور انتخاب گردد. برای این منظور در اولین گام، جهت تشخیص نرمال بودن داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف، اندرسون-دارلینگ و لیلیفورس بر روی داده های دمای نقطه شبنم به کار گرفته شد. در مرحلهٔ بعد برای تشخیص روند داده‌ها براساس توزیع نرمال و غیرنرمال سری‌های زمانی دمای نقطه شبنم از آزمون رگرسیون خطی بر اساس روش کمترین مربعات خطا (روش‌های پارامتریک) و آزمون من-کندال (روشهای ناپارامتریک) استفاده شد. بر اساس نتایج حاصل از این آزمون ها، روش آماری

من کندال با کم ترین مقدار خطا به عنوان روش بهینه برای تحلیل روند تغییرات دما نقطه شبنم انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله به منظور شناسایی الگوهای فضایی حاکم بر تغییرات دمای نقطه شبنم از آماره فضایی موران جهانی و تحلیل لکه های داغ بر اساس آماره گتیس ارد جی استفاده شد. خروجی حاصل از آماره موران، عددی تحت عنوان نمره استاندارد یا z-score می باشد که با استفاده از آن می‌توان درجه پراکنده بودن یا متمرکز بودن عوارض یا داده‌های فضایی را اندازه‌گیری نمود (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۴). مدل گتیس ارد جی بر مبنای آن است که ویژگی‌های دارای مقادیر بالا یا پایین به‌صورت مکانی خوشه‌بندی می‌شوند. یک ویژگی با ارزش بالا، مهم است اما ممکن است از نظر آماری نقطه داغ محسوب نشود برای اینکه یک نقطه معنی‌دار از نظر آماری باشد، بایستی یک پیکسل دارای مقادیر بالا با پیکسل‌های مجاور با مقادیر بالا نیز احاطه شود.



شکل ۱- فلوچارت مراحل انجام پژوهش

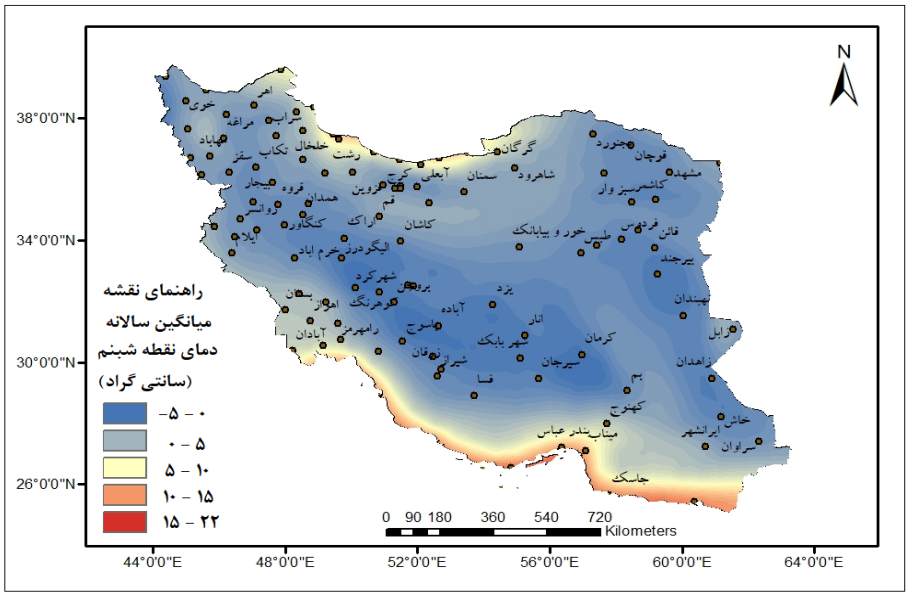
در مرحله آخر به منظور تحلیل متغیرهای موثر در تغییرات دمای نقطه شبنم نظیر میانگین حداقل و حداکثر دما، رطوبت نسبی و بارش از روش رگرسیون استاندارد چند متغیره استفاده شده است. دلیل استفاده از این روش این است که هر کدام از این متغیرها دارای واحد های اندازه گیری متفاوتی هستند و بخاطر همین نمی توان به طور دقیق سهم هر کدام از این متغیرها را در تغییرات دمای نقطه شبنم مشخص کرد. بنابراین برای محاسبه اهمیت نسبی هر کدام از این متغیرها لازم است نسبت به استاندارد سازی متغیرها بر اساس میانگین و انحراف معیارشان قبل از مدل سازی رگرسیونی اقدام گردد به همین خاطر، رگرسیون استاندارد چند متغیره روش مناسب تری برای این منظور می باشد (عساکره ،۱۳۹۰). مراحل انجام پژوهش بصورت فلوچارت ارائه شده است (شکل ۱).

نتایج و بحث

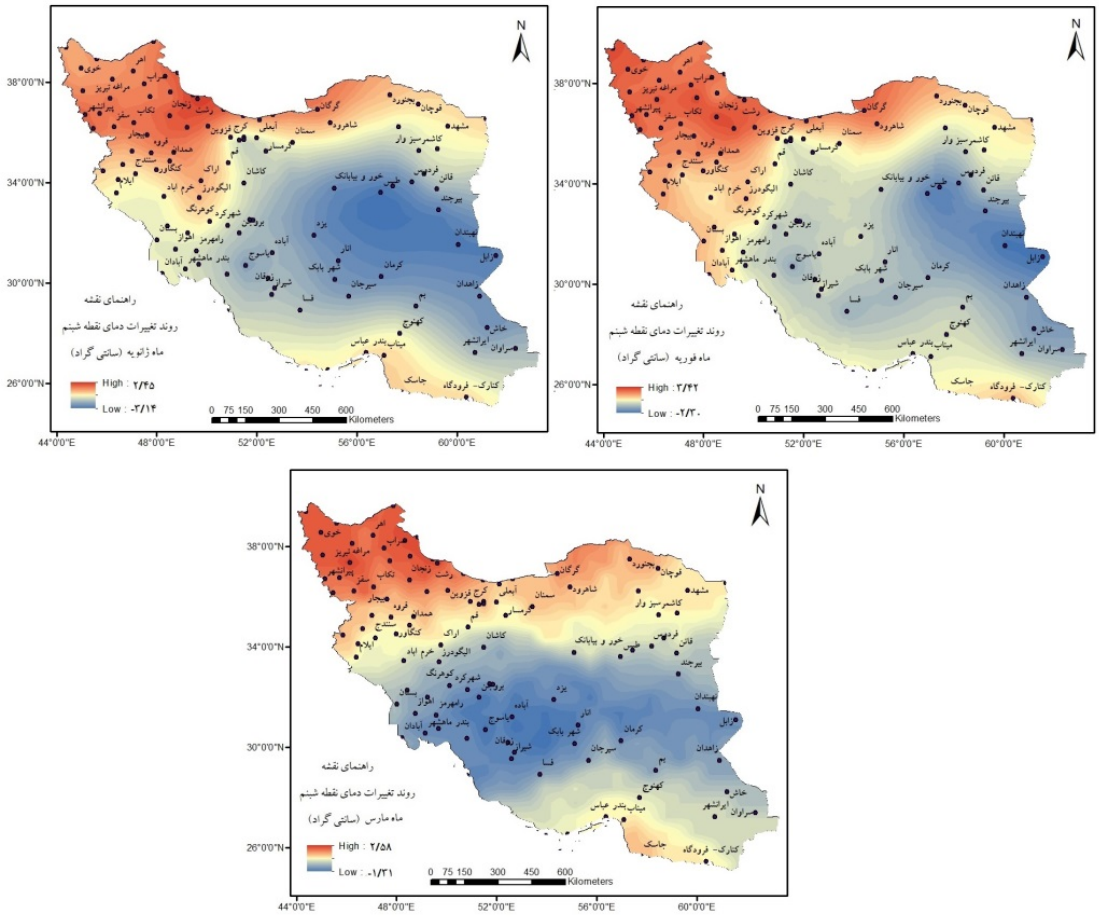
بررسی میانگین سالانه دما نقطه شبنم در ایران در دوره آماری مورد مطالعه نشان می‌دهد که بالاترین مقادیر این متغیر به صورت نواری در امتداد سواحل جنوب ایران می‌باشد و بعد از این منطقه، سواحل شمالی کشور بیشترین مقادیر دمای نقطه شبنم را دارد (شکل۲). مناطق مرکزی، شرق و شمال شرق کم‌ترین مقادیر را دارند که این موضوع نشان می‌دهد دمای نقطه شبنم در ایران با میزان رطوبت جو در

رابطه است چرا که سواحل با رطوبت زیاد دمای نقطه شبنم بالایی را دارند و در مقابل بخش‌های مرکزی به دلیل رطوبت کم میانگین دمای کم‌تری دارند. در این رابطه نتایج مطالعات ورمتر و همکاران نیز در نواحی ساحلی جنوب شرق ایالات متحده آمریکا نشان داد که نواحی ساحلی به دلیل بالا بودن رطوبت دارای دمای نقطه شبنم بیشتری نسبت به نواحی دیگر هستند (Wermter et al., ۲۰۲۲).

در پژوهش حاضر به‌منظور تحلیل روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران داده‌های میانگین سالانه، ماهانه و فصلی این متغیر در ۱۰۹ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در طی دوره آماری ۲۰۲۲-۱۹۹۰ با استفاده از روش تحلیل روند من کندال در نرم افزار متلب محاسبه و جهت تحلیل بهتر نقشه‌های هم روند بر اساس روش میانیابی کریجینگ ترسیم گردید (شکل‌های ۶-۳). بررسی نقشه روند دمای نقطه شبنم در فصل زمستان (ژانویه، فوریه، مارس) نشان می‌دهد که ناحیه ساحلی خزری، منطقه شمال غرب، بخش‌هایی از شمال شرق، و جنوب ایران در ایستگاه هایی نظیر بندرعباس و جاسک دارای روند صعودی می‌باشد. به استثنای بخش‌های مذکور بقیه نقاط ایران در این فصل دارای روند نزولی می‌باشد (شکل ۳). در بین ماه‌های مختلف این فصل در ماه ژانویه گستره جغرافیایی بیشتری از نیمه جنوبی ایران نسبت به سایر ماه‌ها دارای روند نزولی می‌باشد. کمترین مقدار روند نزولی متعلق به ایستگاه‌هایی در پهنه شمال شرق مانند (بیرجند و نهبندان) و ایستگاه‌هایی در مرکز ، جنوب غرب و غرب می‌باشد (شکل ۳). بررسی وضعیت تغییرات روند دمای نقطه شبنم ایران در فصل زمستان نشان می‌دهد که این متغیر در طی سه دهه اخیر در نیمه شمالی و بخش هایی از نواحی ساحلی جنوب کشور از روند صعودی معنی‌داری برخوردار است. بالا رفتن میزان این متغیر در فصل زمستان که بخش مهمی از بارش کشور در این فصل اتفاق می‌افتد می‌تواند موجب افزایش ناهنجاری‌های بارشی نظیر افزایش فراوانی و شدت بارش‌های فرین مخصوصاً در شمال غرب کشور و ناحیه خزری شود. چرا که با افزایش میانگین دمای نقطه شبنم ظرفیت رطوبتی جو افزایش پیداکرده و در صورت وجود رطوبت کافی می‌تواند بارش‌های سنگین‌تری را سبب شود. در این رابطه نتایج مطالعات اخیر تعدادی از پژوهشگران داخلی نشان می‌دهد که در ناحیه خزری در اثر تغییرات اقلیمی شدت بارش‌های فرین در سال‌های اخیر افزایش پیداکرده است (صادقی نیا و همکاران، ۱۴۰۱ و موسوی ، ۱۳۸۶).

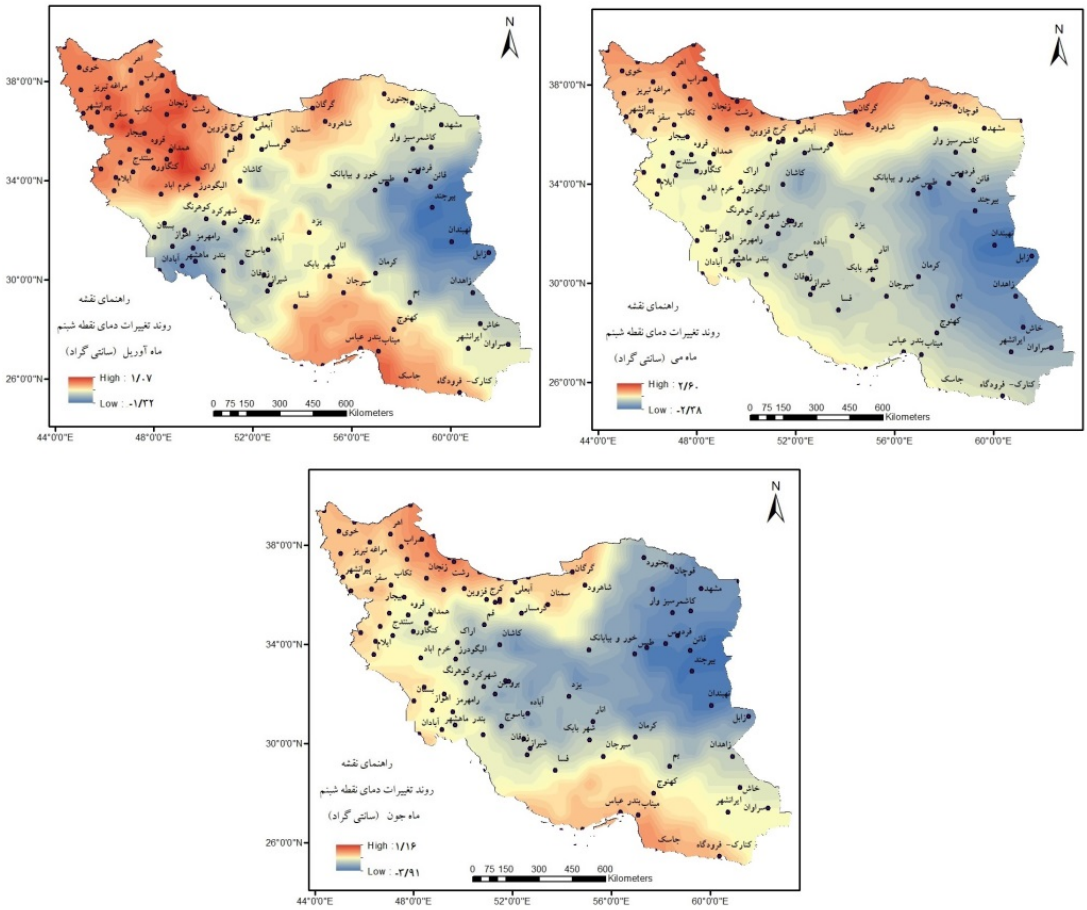


شکل ۲: نقشه میانگین دمای نقطه شبنم سالانه در طی دوره آماری ۲۰۲۲-۱۹۹۰



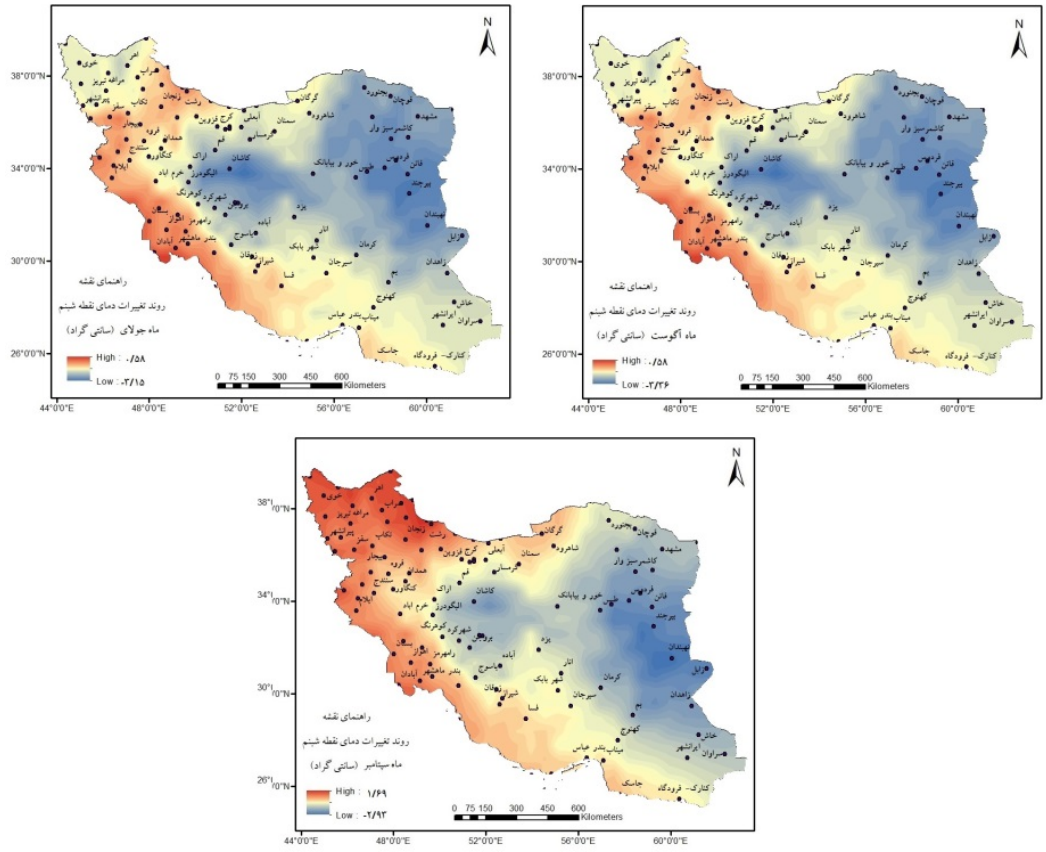
شکل ۳: نقشه روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ماه های فصل زمستان در طی دوره آماری ۲۰۲۲-۱۹۹۰

بررسی نقشه روند تغییرات دمای نقطه شبنم در فصل بهار نشان می‌دهد که بخش‌های وسیعی از مناطق مرکزی و شرقی کشور دارای روند نزولی در دمای نقطه شبنم می‌باشند. در بیشتر ماه های این فصل بخش‌هایی از ناحیه خزری، بخش‌هایی از منطقه شمال غرب، سواحل جنوبی کشور دارای روند صعودی در میانگین دمای نقطه شبنم می باشند. در اواسط فصل بهار در ماه می از گستره مناطقی با روند صعودی کاسته شده و این مناطق بیشتر در نوارهای ساحلی شمال و جنوب و منطقه شمال غرب متمرکز شده است. در این فصل ایستگاه‌های واقع در بخش‌های شرقی و شمال شرقی دارای روند نزولی می‌باشند (شکل۴). بررسی روند تغییرات دمای نقطه شبنم در فصل بهار نیز نشان می دهد طی سه دهه اخیر روند این متغیر بخصوص در ماه های می و جون در پهنه وسیعی از ایران نزولی می‌باشد و این موضوع می‌تواند با توجه به محدودیت منابع رطوبتی ورودی به ایران موجب کاهش مقدار بارش در این فصل در سال‌های آتی و یا بروز ناهنجاری‌های بارشی شود. در این رابطه نتایج پژوهش‌های (قره خانی و قهرمان ،۱۳۸۹) نیز نشان داد که روند تغییرات رطوبت در ایران در دهه‌های اخیر کاهشی بوده و این موضوع می‌تواند سبب کاهش بارندگی در سال‌های آتی در ایران شود.



شکل ۴: نقشه روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ماه های فصل بهار در طی دوره آماری ۲۰۲۲-۱۹۹۰

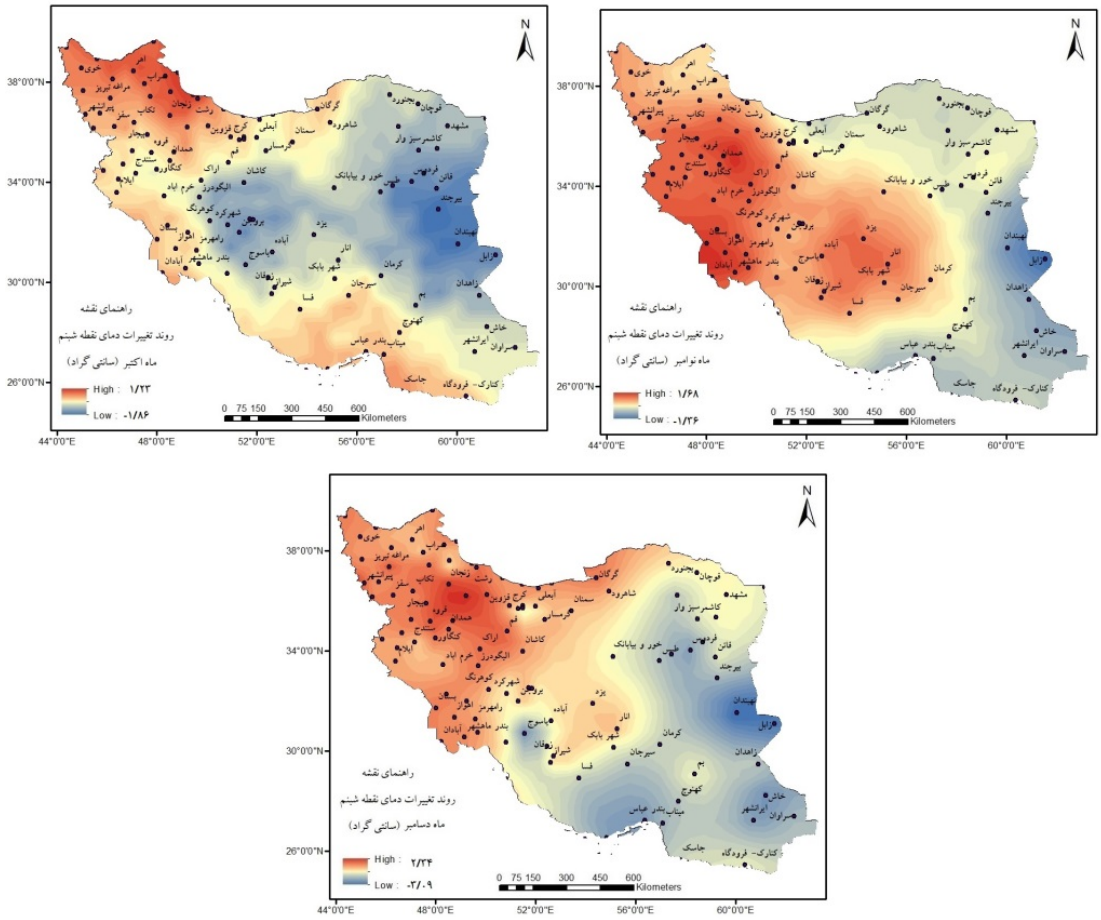
بررسی نقشه روند دمای نقطه شبنم در فصل تابستان نشان می‌دهد که اکثر مناطق ایران به استثنای بخش‌هایی در ناحیه ساحلی خزر، بخش‌هایی پراکنده‌ای در منطقه شمال غرب، جنوب غرب و سواحل جنوب نظیر بندرعباس دارای روند نزولی می‌باشند. در آخرین ماه این فصل (ماه سپتامبر) بخش‌هایی بیشتری از منطقه‌های شمال غرب ، غرب و جنوب غرب (اهواز و آبادان) روند صعودی داشته‌اند و کمترین مقدار روند نزولی متعلق به ایستگاه‌هایی در شمال شرق (نهبندان و بیرجند)، جنوب شرق (زاهدان و زابل)، مرکز کشور مانند (اصفهان و کاشان) و ایستگاه‌های در جنوب غرب (شیراز و شهرکرد) می‌باشد (شکل ۵). به طورکلی در فصل تابستان گستره جغرافیایی مناطقی که دارای روند صعودی هستند کمتر از فصول قبل می‌باشد ولی نکته مشترک بین این فصل با فصول دیگر تمرکز ایستگاه‌هایی با روند صعودی عمدتاً در مناطق شمال غرب کشور و هم چنین در سواحل شمالی و جنوبی ایران می‌باشد که نشان می‌دهد تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران بشدت از تغییرات میزان رطوبت تبعیت می کند.



شکل ۵- نقشه روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ماه های فصل تابستان در طی دوره آماری ۲۰۲۲-۱۹۹۰

بررسی نقشه روند دمای نقطه شبنم در فصل پاییز با تفاوت‌هایی در برخی از ماه ها نشان می‌دهد که اکثر بخش‌های کشور به استثنای بخش‌های پراکنده‌ای در ناحیه ساحلی خزر غربی، بخش‌هایی در منطقه شمال غرب، ایستگاه‌هایی در جنوب غرب مانند (اهواز و آبادان) دارای روند نزولی می‌باشد. بررسی روند تغییرات ماهانه دمای نقطه شبنم در این فصل نشان می دهد که در ماه های نوامبر و دسامبر شرایط قدری متفاوت است به طوری‌که نیمی از گستره ایران مانند نواحی مرکزی، جنوب غرب، شمال غرب دارای روند صعودی است. در اولین ماه فصل پاییز (اکتبر) روند نزولی دمای نقطه شبنم تا مرکز کشور گسترش پیدا کرده است. کمترین مقدار روند نزولی متعلق به ایستگاه‌هایی در شمال شرق مانند (بیرجند و نهبندان) و ایستگاه‌هایی در جنوب شرق می‌باشد (شکل ۶). به‌طورکلی با توجه به اینکه نتایج پژوهش‌های اکثر محققین داخلی نشان می‌دهد که فصل پاییز فصل اصلی بارش ایران هست با افزایش روند دمای نقطه شبنم بخصوص در بخش‌های غربی ، شمال غربی، جنوب غربی کشور به نظر می‌رسد این موضوع باعث بروز ناهنجاری‌های مختلف در اقلیم بارشی این مناطق شود که در این زمینه نتایج مطالعات (فرج زاده و همکاران ،۱۳۹۲) نشان می‌دهد که در اثر تغییر اقلیم و افزایش میانگین دما بارش کشور در برخی از مناطق کشور کاهش پیداکرده است. علاوه بر این از نتایج افزایش دمای نقطه شبنم در برخی از نقاط دنیا افزایش شدت رخداد بارش‌های فرین است که در این رابطه نتایج پژوهش‌های (لندریک و میجگارد[1] ۲۰۱۰، و (واسکو و شارما[2] ۲۰۱۵،) نشان می‌دهد که با افزایش دمای نقطه شبنم رخداد بارش‌های فرین در ایستگاه‌های متعدد در سطح دنیا افزایش پیدا نموده است.

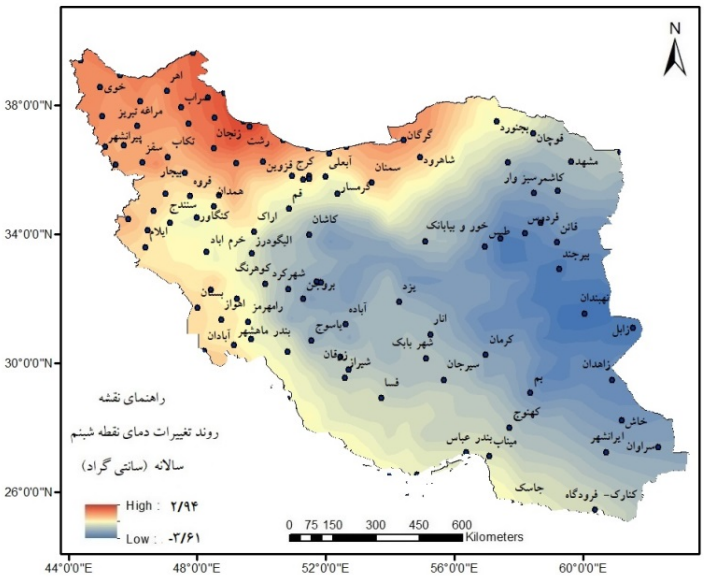
[1] Lenderink & Meijgaard
[2] Wasko & Sharma



شکل ۶: نقشه روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ماه‌های فصل پاییز در طی دوره آماری ۲۰۲۲-۱۹۹۰

بررسی روند تغییرات دمای نقطه شبنم در مقیاس زمانی سالانه نمای روشنی از روند افزایشی معنی‌دار این پارامتر در ناحیه خزری و منطقه شمال غرب ایران نشان می‌دهد (شکل ۷). همان‌طور که پیشتر بحث شد انتظار می‌رود این مناطق تحت تأثیر این افزایش شاهد افزایش رخداد بارش‌های فرین در دو دهه اخیر باشد. مروری بر پژوهش‌های داخلی در این زمینه نشان می‌دهد که در اثر افزایش میانگین دما در منطقه شمال غرب ایران به دلیل تغییرات اقلیمی، شدت بارش‌های فرین در سال‌های اخیر در این منطقه افزایش پیداکرده است (جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۹ و مسعودیان و دارند،۱۳۹۲).

در پژوهش حاضر به‌منظور درک الگوهایی فضایی حاکم بر تغییرات دمای نقطه شبنم، شاخص پراکندگی فضایی موران برای کل دوره محاسبه و ترسیم گردید (جدول ۱ و شکل ۸) مقادیر شاخص موران جهانی برای توزیع فضایی دمای نقطه شبنم برای کل دهه ۰/۸۸ می‌باشد و چون این عدد تقریباً نزدیک ۱+ می‌باشد، بیانگر این مطلب است که تغییرات دمای نقطه شبنم دارای خود همبستگی فضایی و الگوی خوشه‌ای بالا است. نتایج حاصل از تحلیل‌های ماهانه و سالانه روند (شکل‌های ۳ تا ۷) نشان داد که این خوشه‌ها منطبق بر مناطق افزایشی در نواحی ساحلی شمال و جنوب و هم چنین منطقه غرب و شمال غرب می‌باشد (شکل ۷).

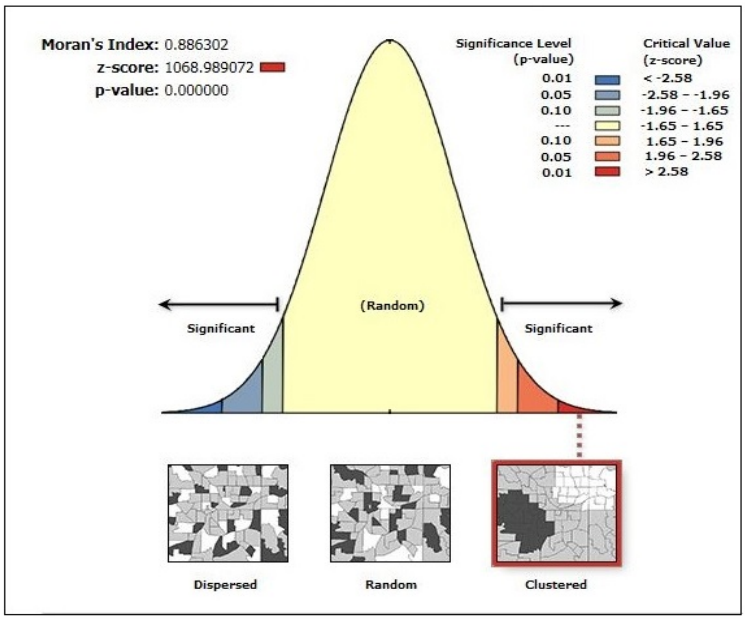


شکل ۷- نقشه هم‌روند من کندال دمای نقطه شبنم سالانه (۲۰۲۲- ۱۹۹۰)

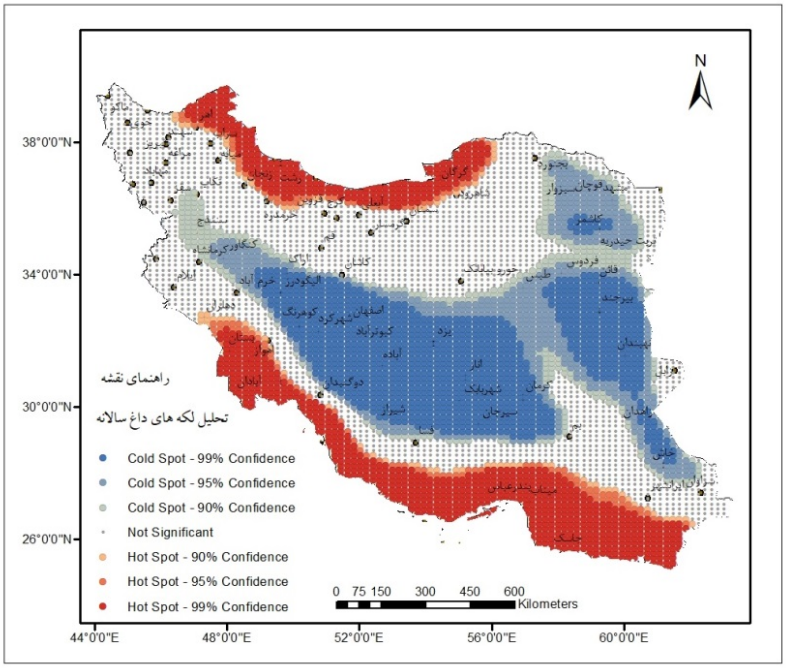
جدول ۱- خروجی آماره موران جهانی برای دمای نقطه شبنم

سال	شاخص موران	شاخص موران مورد انتظار	واریانس	z-sore	p-value
۲۰۲۲-۱۹۹۰	۰/۸۸	-۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۱۰۶۸/۹۸	۰

تحلیل‌هایی فضایی بر مبنای نقاط داغ (افزایش‌های معنی‌دار) و نقاط سرد (کاهش‌های معنی‌دار) می‌تواند نشان‌دهنده وجود الگوی خاص در تغییرات متغیر مورد نظر در یک منطقه باشد. به‌عبارت دیگر این نتیجه را تائید می‌کند که تغییرات ایجاد شده اتفاقی نیستند و دارای نظم و الگوی آماری می‌باشند. در پژوهش حاضر تحلیل لکه‌های داغ بر مبنای مدل گتیس ارد انجام و نتایج آن به‌صورت نقشه‌های پهنه‌بندی شده ارائه گردید (شکل ۹). نتایج بررسی تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران بر مبنای لکه‌های داغ نشان می‌دهد لکه‌های داغ (مناطق با دمای نقطه شبنم بالا) به صورت خوشه‌ای و عمدتاً در بخش‌هایی از سواحل دریای خزر و بخش‌های زیادی از سواحل خلیج‌فارس و دریای عمان، بخش‌هایی از شمال آذربایجان و اردبیل گسترده شده است؛ که این مسئله بیانگر آن است که با نزدیک شدن به منابع رطوبتی دمای نقطه شبنم بیشتر می‌شود. بررسی نحوه توزیع جغرافیایی لکه‌های سرد (مناطق با دمای نقطه شبنم پایین) نیز نشان می‌دهد که این لکه‌ها عموماً در بخش وسیعی از مناطق مرکزی جنوب استان خراسان و شرق و جنوب شرق ایران متمرکزشده‌اند. تمرکز این لکه‌ها در بخش‌های داخلی و مرکزی ایران نشان‌دهنده نقش کاهش رطوبت به دلیل دوری از دریاهای شمال و جنوب در کاهش میزان دمای نقطه شبنم می‌باشد. تحلیل پراکندگی لکه‌های داغ و سرد در ایران نشان‌دهنده این است که تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران به شدت تحت تأثیر تغییرات میزان رطوبت می‌باشد (شکل ۹).



شکل ۸: خروجی شاخص موران برای تغییرات شناسایی الگوی تغییرات دمای نقطه شبنم سال‌های(۲۰۲۲-۱۹۹۰)



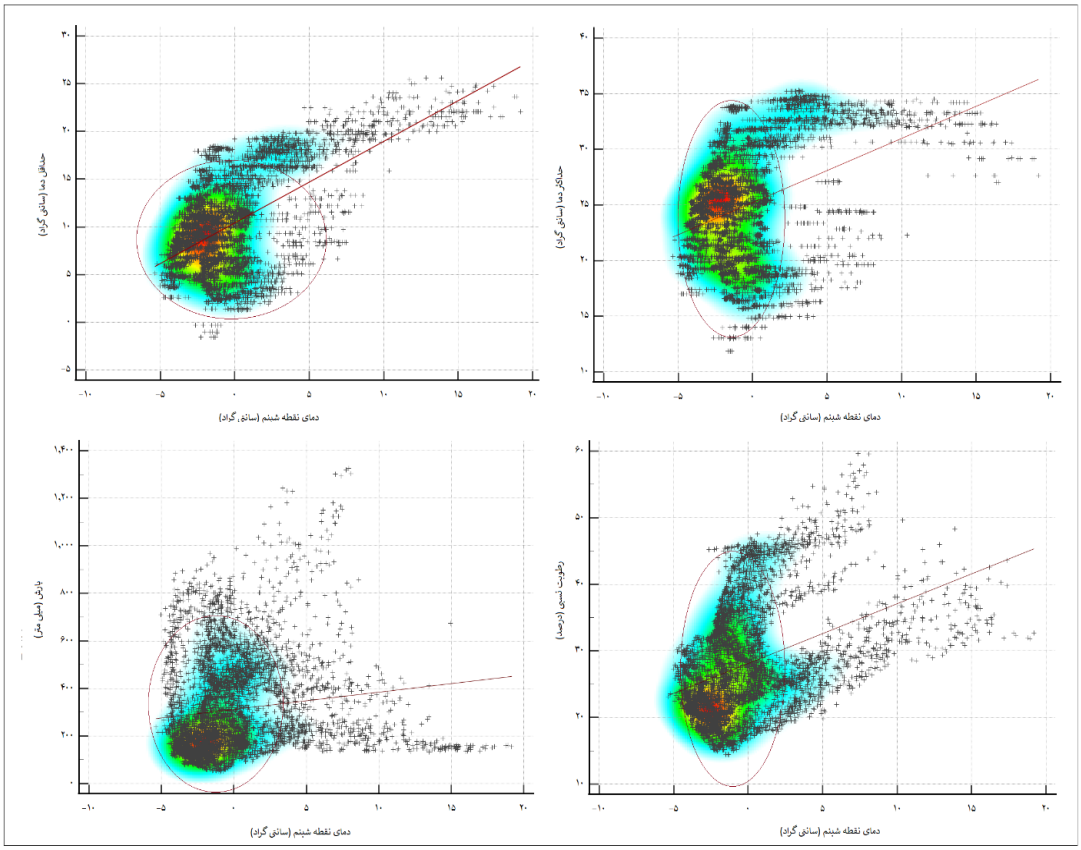
شکل ۹: نقشه تحلیل لکه‌های داغ تغییرات دمای نقطه شبنم سالانه (۲۰۲۲- ۱۹۹۰)

به‌منظور بررسی دلایل جغرافیایی و اقلیمی تغییرات فضایی دمای نقطه شبنم نسبت به بررسی متغیرهای مؤثر در آن اقدام گردید. نتایج برخی از مطالعات در سطح جهان نشان داد که در تغییرات دمای نقطه شبنم متغیرهای جوی همچون دما، رطوبت نسبی و بارش مؤثر می‌باشد (Lawrence,2005) بر این اساس نسبت به ساخت داده‌های شبکه‌ای بر اساس روش میانیابی کریجینگ پرداخته شد و سپس با استفاده از مدل رگرسیون استاندارد چند متغیره نسبت به بررسی میزان تأثیرگذاری آن‌ها بر دمای نقطه شبنم در ایران اقدام شد. برای این منظور ابتدا داده‌های مربوط به هرکدام از این متغیرها نسبت به میانگین و انحراف معیارشان، استاندارد و سپس در مدل وارد شد. به طورکلی نتایج

حاصل از این مدل نشان داد که میانگین حداقل دما با میزان همبستگی ۰/۸۲ بیشترین تأثیر را در تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران دارد. میانگین رطوبت نسبی با همبستگی ۰/۷۳ دومین متغیر اقلیمی مؤثر در تغییرات دمای نقطه شبنم می‌باشد. د اولویت های بعدی میانگین حداکثر دما و میانگین مجموع بارش متغیرهایی هستند که میزان تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران وابسته به آن‌ها است (جدول۲ و شکل۱۰).

جدول ۲: مشخصات آماری و میزان همبستگی متغیرهای مورد بررسی در مدل رگرسیون چند متغیره

متغیر	R square	RMSE	میزان همبستگی
میانگین حداقل دما	۰/۷۱	۰/۳۲	۰/۸۲
میانگین حداکثر دما	۰/۶۵	۰/۳۷	۰/۶۱
رطوبت نسبی	۰/۸۳	۰/۴۰	۰/۷۳
میانگین مجموع بارش	۰/۷۴	۰/۳۳	۰/۵۱



شکل ۱۰- نمودار رگرسیون چند متغیره رابطه بین دمای نقطه شبنم با متغیرهای جوی(۲۰۲۲- ۱۹۹۰)

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی روند تغییرات میانگین دمای نقطه شبنم در ایران و هم چنین شناسایی الگوهای فضایی حاکم بر این تغییرات، انجام شده است. اولین سوالی که مطرح گردید این است که آیا در دهه های اخیر دمای نقطه شبنم در ایران تغییرات معنی داری پیدا کرده است؟ نتایج حاصل از تحلیل روند بر اساس روش من کندال بر روی داده های میانگین دمای نقطه شبنم تعداد ۱۰۹ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کشور نشان داد که در طی دوره

مورد مطالعه، مناطق ساحلی شمال و جنوب و منطقه شمال غرب ایران در اکثر ماههای سال از روند صعودی معنی داری برخوردار هستند و بقیه نقاط کشور از جمله مناطق مرکزی، شرقی و شمال شرقی دارای روند نزولی هستند. یکی از دلایل مهم صعودی بودن نواحی ساحلی شمال و جنوب ایران را می توان به افزایش میزان رطوبت هوا به دلیل افزایش میانگین دمای این مناطق در طی دهه های اخیر نسبت داد. چرا که با افزایش دما ظرفیت رطوبتی هوا نیز افزایش پیدا کرده و نتیجا میزان دمای نقطه شبنم نیز بیشتر می شود. در این راستا نتایج پژوهش های برخی از پژوهشگران داخلی چنین نتیجه ای را تایید می کند. به عنوان نمونه بارانی و کرمی (۱۳۹۸) در پژوهشی که در زمینه بررسی روند تغییرات دما و بارش در ایران انجام دادند نشان دادند که میانگین دما در دهه های اخیر در نواحی سواحلی و هم چنین منطقه شمال غرب ایران دارای روند افزایشی معنی داری بوده است. در پژوهش دیگری که در سالهای اخیر توسط صادقی نیا و همکاران در ارتباط با تحلیل فضایی تغییرات اقلیمی در ایران انجام گرفت نیز مشخص شد مناطق مذکور در مولفه های دمایی روند افزایشی شدیدی را در نیم قرن اخیر تجربه کرده اند (صادقی نیا و همکاران، ۱۴۰۰). بنابر این می توان چنین استنباط نمود که همسو با روند افزایش دما به دلیل گرمایش جهانی اقلیم، اکثر نقاط ایران از جمله نواحی ساحلی نیز تحت تاثیر قرار گرفته و با افزایش میزان تبخیر و بالا رفتن ظرفیت رطوبتی، میانگین دمای نقطه شبنم نیز از سیر صعودی برخوردار شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در منطقه شمال غرب ایران علی رغم دوری نسبی از دریا و منابع رطوبت، افزایش معنی داری در میانگین دمای نقطه شبنم اتفاق افتاده است. یکی از دلایل افزایش دمای نقطه شبنم در منطقه شمال غرب ایران را می توان به افزایش روند رطوبت نسبی در دهه های اخیر در این منطقه نسبت داد به نحوی که نتایج برخی از پژوهش ها در ایران نشان دهنده افزایش معنی دار در این متغیر می باشد (ابلاغیان و همکاران، ۱۳۹۸). سوال دیگری که در پژوهش حاضر مطرح گردید این بود که در صورت وجود تغییرات، الگوی فضایی حاکم بر این تغییرات به چه شکل است؟ در این خصوص نتایج حاصل از تحلیل فضایی بر اساس شاخص موران نشان داد که تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران دارای خودهمبستگی فضایی مثبت و الگوی خوشه‌ای بالا است. نتایج حاصل از تحلیل‌های روند ماهانه و سالانه این متغیر نشان داد که این خوشه‌ها منطبق بر مناطق افزایشی در نواحی ساحلی شمال و جنوب و هم چنین منطقه غرب و شمال غرب می‌باشد. هم چنین نتایج تحلیل فضایی لکه های داغ و سرد بر مبنای آماره گتیس- اورد جی نیز نشان داد که تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران به شدت از تغییرات میزان رطوبت تبعیت می‌کند بر این اساس نتایج پژوهش‌های برخی از محققین داخلی نیز نشان می‌دهد که تغییرات دمای نقطه شبنم به تغییرات دمای هوا و رطوبت وابسته است (منتظری و یقینی، ۱۳۹۸). در پژوهش حاضر به منظور پاسخگویی به سوال سوم مبنی بر اینکه دمای نقطه شبنم در ایران با چه متغیرهایی بیشتر در ارتباط است و میزان همبستگی بین آنها چقدر است؟ نسبت به اجرای مدل رگرسیون چند متغیره بر روی متغیرهایی مختلف نظیر میانگین حداکثر دما ، میانگین حداقل دما، میانگین رطوبت نسبی و میانگین مجموع بارش سالانه اقدام گردید. نتایج حاصل از تحلیل های رگرسیونی نشان داد میانگین حداقل دما و رطوبت نسبی بیشترین همبستگی را با دمای نقطه شبنم در ایران دارند و میانگین حداکثر دما و میانگین مجموع بارش در اولویت های بعدی قرار دارند. موضوع مهمی که از نتایج حاصل از این پژوهش استنباط می شود این سوال است که افزایش یا کاهش میانگین دمای نقطه شبنم چه پیامدهایی را در اقلیم ایران می تواند داشته باشد؟ در این خصوص پژوهش های متعددی در جهان انجام شده است که عمده آنها نشان می دهند که افزایش این متعیر می تواند باعث بروز ناهنجاری های بارشی شود.یکی از این ناهنجاری ها افزایش میزان بارش فرین و مخاطره آمیز است (Ali et al., 2018 &Dario &Leonardo,2021). بر این اساس

نتایج پژوهش‌های اخیر تعدادی از محققین داخلی نیز نشان می دهد که در اثر افزایش میانگین دما در ناحیه خزری به دلیل تغییرات اقلیمی، شدت بارش‌های فرین در سال‌های اخیر افزایش پیداکرده است (صادقی نیا و همکاران، ۱۴۰۱ و موسوی ،۱۳۸۶). در منطقه شمال غرب نیز نتایج مطالعات اخیر تعدادی از پژوهشگران داخلی نشان می دهد که در اثر افزایش میانگین دمای این منطقه به دلیل تغییرات اقلیمی، شدت بارش‌های فرین در سال‌های اخیر افزایش پیداکرده است (جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۹ و مسعودیان و دارند ،۱۳۹۲). بنابراین روند افزایشی دمای نقطه شبنم در این دو منطقه از ایران منجر به افزایش رخداد بارش‌های فرین شده است که در این زمینه لازم است تا پژوهش‌های دقیق‌تری انجام پذیرد. نتایج پژوهش حاضر درباره روند صعودی دمای نقطه شبنم در ناحیه ساحلی خزر و روند نزولی در بخش‌های مرکزی با نتایج مطالعات (احمدی سرخونی، ۱۳۹۵) هم راستا می‌باشد. همچنین پژوهش حاضر نشان داد روند دمای نقطه شبنم در بخش‌های وسیعی از مناطق داخلی و مرکزی ایران به سمت دماهای پایین جابجا شده است. کم شدن دمای نقطه شبنم در اکثر این پهنه‌ها به معنای کاهش ظرفیت نگهداری رطوبتی در این مناطق و خشک شدن تدریجی اقلیم این پهنه‌ها به مرور زمان می‌باشد. در این راستا نتایج پژوهش‌های منتظری و یقینی (۱۳۹۸) نیز نشان داد که به دلیل روند کاهشی دمای نقطه شبنم در گستره وسیعی از ایران اقلیم این کشور در دهه‌های آتی خشکی بیشتری را تجربه خواهد نمود.

منابع

۱. احمدی سرخونی، احسان. ۱۳۹۵. اقلیم‌شناسی دمای نقطه شبنم در ایران، استاد راهنما منتظری، مجید. پایان‌نامه ارشد دانشگاه پیام نور، مرکز بین‌الملل قشم، دانشکده علوم انسانی. گروه جغرافیا، ۱۳۴ صفحه.

۲. ابلاغیان، آناهیتا، آخوندعلی، علی محمد.، رادمنش، فریدون، زارعی، حیدر.۱۳۹۸. بررسی روند تغییرات دما، بارندگی و رطوبت نسبی در ایران، علوم و مهندسی آبیاری، ۴۲(۳)، صص۲۱۲-۱۹۷.

۳. انتظاری، علیرضا.، داداشی رودباری، عباسعلی.، اسدی، مهدی، ۱۳۹۴. ارزیابی خودهمبستگی فضایی تغییرات زمانی مکانی جزایر گرمایی در خراسان رضوی، نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱۶، ص۱۴۶-۱۲۵.

۴.بارانی, نادر.، کرمی، آیت اله. ۱۳۹۸. تحلیل روند سالانه پارامترهای اقلیمی دما و بارش در نواحی ده گانه زراعی - اکولوژیکی ایران، فصلنامه علوم محیطی، شماره ۱۷(۴)، صص ۹۰-۷۵.

۵..تیموری، محمد، قائمی، علیرضا، عزیزیان، غلامرضا.، هاشمی منفرد، سید آرمان. ۱۳۹۹. ارزیابی روش‌های پیش‌پردازش کننده در عملکرد تکنیک‌های محاسبات نرم در تخمین دمای نقطه شبنم. نشریه هواشناسی و علوم جو، جلد۳، شماره ۲، صفحات ۱۷۵-۱۸۷.

۶. .پرویز، لاله.۱۴۰۰. رهیافت ترکیب وزنی مدل ها با روش‌های عکس واریانس و رگرسیون حداقل مربعات در تخمین دمای نقطه شبنم، نیوار، ۱۱۲، صص. ۱۵۰-۱۳۷.

۷.جهانبخش اصل، سعید، ساری صراف، بهروز، عساکره، حسین، شیر محمدی، سهیلا. ۱۳۹۹. واکاوی تغییرات زمانی مکانی بارش‌های بحرانی (فرین بالا) در غرب ایران طی سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۶۵، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم شماره ۱، صص۱۰۶-۸۹.

۸..حسینی، سید فرهنگ. ۱۳۹۷. تخمین دمای نقطه شبنم با استفاده از مدل‌های تجربی و هوشمند، اساتید راهنما جواد بهمنش، وحید رضاوردی نژاد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد .مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه ارومیه.

۹.حسینی، سیدفرهنگ، بهمنش، جواد، رضاوردی‌نژاد، وحید، خان‌محمدی، ندا. ۱۴۰۱. ارزیابی عملکرد مدل‌های هوشمند در تخمین دمای نقطه شبنم با استفاده از پارامترهای هواشناسی، نشریه دانش آب و خاک،.جلد ۳۲ شماره۳ ، صص ۱۰۳ تا ۱۱۴.

۱۰. صادقی نیا، علیرضا.، صداقت، مهدی.، رفعتی, سمیه. ۱۴۰۱. تحلیل شواهد تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر، جغرافیای طبیعی، شماره ۱۵(۵۵)، صص ۱۱۳-۹۵.

۱۱. صادقی‌نیا، علیرضا، رفعتی، سمیه، صداقت، مهدی.۱۴۰۰. تحلیل فضایی تغییرات اقلیمی در ایران،

تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۴ ، صص ۷۰-۵۵.

۱۲. عساکره، حسین. ۱۳۹۰. مبانی اقلیم‌شناسی آماری، انتشارات دانشگاه زنجان، صفحه ۵۴۵.

۱۳. فرج زاده اصل، منوچهر.، احمدی، محمد.، علیجانی، بهلول، قویدل رحیمی، یوسف.، مفیدی، عباس.، بابائیان، ایمان. ۱۳۹۲. بررسی وردایی الگوهای پیوند از دور و اثر آن‌ها بر بارش ایران، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره ۱۵، صص ۴۵-۳۱.

۱۴. قره خانی، ابوذر، قهرمان، نوذر. ۱۳۸۹. بررسی روند تغییرات فصلی و سالانه رطوبت نسبی و نقطه شبنم در چند نمونه اقلیمی در ایران، نشریه آب‌وخاک، جلد ۲۴، شماره ۴، صص ۶۴۶- ۶۳۶..

۱۵.مسعودیان، سید ابوالفضل، دارند، محمد. ۱۳۹۲. شناسایی و بررسی تغییرات نمایه‌های بارش فرین ایران طی دهه‌های اخیر، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۱۱، صص۲۵۷-۲۳۹.

۱۶.منتظری، مجید.، یقینی ، زهرا .۱۳۹۸. واکاوی تغییرات زمانی دمای نقطه شبنم در ایران، دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، سال اول، شماره ۱، صص ۳۹-۲۰.

۱۷.موسوی، سید شفیع. ۱۳۸۶. بررسی تغییرپذیری بارش و روند شاخص بی‌نظمی آن در سواحل جنوب دریای خزر، نیوار، ۳۲(۶۵-۶۴)، صص ۱۹-۷.

۱۸.ناظم السادات، سیدمحمدجعفر.، سپاسخواه، علیرضا.، محمدی، شهرام .۱۳۸۰. بررسی رابطه دمای نقطه شبنم روزانه و دمای کمینه روز بعد در منطقه جهرم فارس (مطالعه موردی) ، علوم آب‌وخاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۵(۳)، صص ۹-۱۵.

19. Ali, H., Fowler, H.J., & Mishra, V., 2018, Global observational evidence of strong linkage between dew point temperature and precipitation extremes. *Geophys. Res. Lett*, 45, pp. 320–30.

20. Arikan, B. B., Jiechen, L., Sabbah, I. I., Ewees, A., Homsi, R., & Sulaiman, S. O. 2021, Dew point time series forecasting at the North Dakota. *Knowledge-Based Engineering and Sciences*, *2*(2), 24-34.

21. Bui, A., Johnson, F., & Wasko, C. 2019, The relationship of atmospheric air temperature and dew point temperature to extreme rainfall. *Environmental Research Letters*, 14(7), 1-10.

22. Dario, P., & Leonardo, V. N., 2021, Exploring the linkage between dew point temperature and precipitation extremes: A multi-time-scale analysis on a semi-arid Mediterranean region, *Atmospheric Research,* 254, pp. 1045-1061.

23. Famiglietti, C. A., Fisher, J. B., Halverson, G., & Borbas, E. E. 2018, Global validation of MODIS near-surface air and dew point temperatures. *Geophysical Research Letters*, 45(15), 7772-7780.

24. Górnicki, K., Winiczenko, R., Kaleta, A., & Choińska, A. 2017, Evaluation of models for the dew point temperature determination. *Technical Sciences*, 20(3), 241-257.

25. Hubbard, K. G., Mahmood, R., & Carlson, C. 2003, Estimating daily dew point temperature for the northern Great Plains using maximum and minimum temperature. *Agronomy Journal*, 95(2), 323-328.

26. Kim, S., Singh, V. P., Lee, C. J., & Seo, Y. 2015, Modeling the physical dynamics of daily dew point temperature using soft computing techniques. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19, 1930-1940.

27. Lawrence.M.G 2005, The Relationship between Relative Humidity and the Dew point Temperature in Moist Air. *Bulletin of the American Meteorological Society.* Volume 86: Issue 2: PP 225–234.

28. Lenderink, G., & Meijgaard, E.V. 2010, Linking increases in hourly precipitation extremes to atmospheric temperature and moisture changes, *Environ. Res. Lett*, 5 , PP.1-9.

29. Mortuza, M.R., Selmi, S., Khudri, M. M., Ankur, A. K., & Rahman, M. M. 2014, Evaluation of temporal and spatial trends in relative humidity and dew point temperature in Bangladesh. *Arabian Journal of Geosciences*, *7*, 5037-5050.

30. Robinson, P. J. 2000, Temporal trends in United States dew point temperatures. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal*

Meteorological Society, 20(9), 985-1002.

31. Sein, Z. M. M., Ullah, I., Iyakaremye, V., Azam, K., Ma, X., Syed, S., & Zhi, X. 2022. Observed spatiotemporal changes in air temperature, dew point temperature and relative humidity over Myanmar during 2001–2019, *Meteorology and Atmospheric Physics*, *134*, 1-17.
32. Wasko, C., & Sharma, A. 2015. Steeper temporal distribution of rain intensity at higher temperatures within Australian storms, *Nat. Geosci*, 8, pp. 527–9.
33. Wasko, C., Lu, W. T., & Mehrotra, R. 2018, Relationship of extreme precipitation, dry-bulb temperature, and dew point temperature across Australia. *Environmental Research Letters*, *13*(7), 074031.
34. Wermter, J., Noble, S., & Brian, V., 2022, Impacts of the Thermal Gradient on Inland Advecting Sea Breezes in the Southeastern United States, *Atmosphere*, 13, pp. 1-13.
35. Yao, F., Sun, J., & Dong, J. 2022, Estimating Daily Dew Point Temperature Based on Local and Cross-Station Meteorological Data Using CatBoost Algorithm. *cmes-computer modeling in engineering & sciences*, 130(2), 671-700.
36. Zounemat-Kermani, M. 2012, Hourly predictive Levenberg–Marquardt ANN and multi linear regression models for predicting of dew point temperature. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 117(3-4), 181-192.