Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Climate change and the need for urban green space adaptation (Case study: Sabzevar city)

Hamid Salehi [1] | **Mohammad Motamedi** [2]✉ | **Ezatullah Mafi** [3]

1. PhD student in Geography and Urban Planning, Shirvan Branch, Islamic Azad University, Shirvan, Iran. **E-mail:** username@mail.com
2. Corresponding author, Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Shirvan Branch, Islamic Azad University, Shirvan, Iran. **E-mail:** username@mail.com
3. Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Shirvan Branch, Islamic Azad University, Shirvan, Iran. **E-mail:** username@mail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2021/02/03
Received in revised
2021/05/10
Accepted
2021/05/25
Published
2021/07/15
Published online
2025/12/22

Keywords:
Climate change,
green space,
climate adaptation of Sabzevar city,
satellite images,
adaptation,
AHP,
NDVI.

ABSTRACT

Climatic model simulations indicate that global temperatures are projected to increase by 1 to 5.5 degrees Celsius by the year 2100. Given the significant implications of climate change, it is imperative to acknowledge this phenomenon in order to develop targeted strategies for mitigating its effects. This study employed the Kendall tau method to analyze trends in climate change, and utilized the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate criteria influencing urban green spaces. Consequently, the Green Space Adaptation Index for Sabzevar City was calculated for the year 2040. Changes in urban green space were assessed through satellite imagery and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). A notable decrease in green space area, coinciding with urban expansion during the study period (which aligns with the historical period of climate models and observational data for Sabzevar), was observed. Furthermore, projections indicate that the increase in temperature will continue with greater intensity over the next decade (2021-2030). Subsequently, the per capita urban green space was calculated. The analysis of climate data suggests that the development of green spaces, commensurate with climate change, could play a critical role in enhancing the resilience of Sabzevar City to climate change impacts. The implementation of climate-responsive green spaces and their management could reduce greenhouse gas emissions while fostering a more conducive environment for human activities. However, due to urban sprawl and population growth, the adaptation capacity is expected to decline from 0.48 during the baseline period to 0.32 in the 2021-2030 period. A total of 15 indicators across four criteria—cultural, managerial, technological, ecological, and botanical—were synthesized using ArcGIS software, based on importance coefficients derived from expert evaluations conducted in Expert Choice software. The findings reveal that 26.9% of Sabzevar's urban green spaces exhibit very low adaptation capability, 39.5% show low adaptation, 14.4% are rated as medium, 8.7% as high, and 10.5% as very high. Consequently, it can be concluded that 66.4% of urban green spaces in Sabzevar are characterized by low adaptation rates, while only 19.2% demonstrate high adaptation capacity, with 14.4% classified as medium. Overall, the results indicate that the adaptation rate of urban green spaces in Sabzevar is currently inadequate, particularly in the context of the escalating challenges posed by climate change.

Cite this article: Salehi, Hamid., Motamedi, Mohammad., & Mafi, Ezatullah. (2025). Climate change and the need for urban green space adaptation (Case study: Sabzevar city). *Applied Researches in Geographical Sciences*, 25 (79), 446-463. DOI: http://dx.doi.org/10.61882/jgs.25.79.4

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University
DOI: http://dx.doi.org/10.61882/jgs.25.79.4

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Extended Abstract

Introduction

Urban areas are increasingly influenced by climate change, particularly through rising temperatures and declining precipitation, which present significant challenges to the quality of urban life and environmental sustainability. Sabzevar, a city situated in an arid to semi-arid region of Iran, is undergoing marked climate shifts that jeopardize its ecological balance and urban resilience. Green spaces are vital in mitigating the effects of climate change, such as the urban heat island phenomenon, while also enhancing thermal comfort and biodiversity. However, the existing urban green infrastructure in Sabzevar appears inadequate to address the accelerating impacts of climate change. This study seeks to evaluate the effects of climate change on urban green spaces in Sabzevar and to propose adaptation strategies informed by climatic modeling, remote sensing, and spatial interpolation techniques.

Materials and Methods

This study utilized a mixed-methods approach that integrated climatic data analysis, remote sensing techniques, and field surveys. Historical climate data spanning from 1997 to 2017 were subjected to analysis via the Mann-Kendall test to identify trends in temperature and precipitation. Future climate projections extending to the year 2030 were simulated using Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) models under the Representative Concentration Pathway 8.5 (RCP8.5) scenario. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), derived from satellite imagery, was employed to assess the dynamics of green spaces over time. Spatial interpolation techniques, including Kriging, Inverse Distance Weighting (IDW), Spline, and Thiessen polygons, were utilized to map variations in summer temperatures across the urban landscape. The accuracy of each interpolation method was evaluated using root mean square error (RMSE), mean absolute error (MAE), and mean bias error (MBE) as error metrics. Furthermore, Geographic Information System (GIS) tools and expert surveys were implemented to assess the current adaptive capacity of urban green spaces.

Results and Discussion

The analysis indicates a significant warming trend in Sabzevar, characterized by an average temperature increase of approximately 1–1.5°C over the past two decades. Projections suggest an additional rise of 2°C by 2030 under the RCP8.5 scenario. Precipitation trends reveal a notable decline, which contributes to heightened drought stress and diminished soil moisture availability. The analysis of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) reflects a gradual reduction in vegetation cover, particularly in central and lower-altitude urban areas. Among the spatial interpolation methods employed, Kriging exhibited the highest accuracy in estimating summer temperatures, as evidenced by the lowest Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Bias Error (MBE) values. The adaptive capacity of urban green spaces was evaluated using a compatibility coefficient, which decreased from 0.48

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

during the baseline period to 0.32 in future projections, thereby indicating an increasing level of vulnerability. These findings are consistent with prior research that underscores the critical role of climate-adaptive green infrastructure in arid and semi-arid urban environments.

Conclusion

This study underscores the pressing necessity for climate-adaptive urban planning in Sabzevar, particularly regarding the development of urban green spaces. The current per capita allocation of green space is inadequate to address the challenges posed by rising temperatures and decreasing precipitation levels. Implementing strategic adaptation measures—such as expanding green space coverage, incorporating drought-resistant native species, and employing resilient landscape design—proves essential for enhancing urban resilience. Furthermore, the integration of climatic models, remote sensing technologies, and GIS-based analyses establishes a comprehensive framework for evaluating and planning adaptive green infrastructure. Future research should prioritize long-term monitoring of climate trends and the efficacy of green spaces, in addition to the formulation of policies that promote sustainable urban adaptation in response to climate change. However, due to urban sprawl and population growth, the adaptation capacity is expected to decline from 0.48 during the baseline period to 0.32 in the 2021-2030 period. A total of 15 indicators across four criteria—cultural, managerial, technological, ecological, and botanical—were synthesized using ArcGIS software, based on importance coefficients derived from expert evaluations conducted in Expert Choice software. The findings reveal that 26.9% of Sabzevar's urban green spaces exhibit very low adaptation capability, 39.5% show low adaptation, 14.4% are rated as medium, 8.7% as high, and 10.5% as very high. Consequently, it can be concluded that 66.4% of urban green spaces in Sabzevar are characterized by low adaptation rates, while only 19.2% demonstrate high adaptation capacity, with 14.4% classified as medium. Overall, the results indicate that the adaptation rate of urban green spaces in Sabzevar is currently inadequate, particularly in the context of the escalating challenges posed by climate change.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی
شاپا چاپی: ۷۷۳۶-۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۵۱۳۸-۲۵۸۸
https://jgs.khu.ac.ir/

تغییرات اقلیمی و لزوم سازگاری فضای سبز شهری (نمونه موردی شهر سبزوار)

حمید صالحی [۱]، محمد معتمدی [۲]✉، عزت‌الله مافی [۳]

۱. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد شیروان، دانشگاه آزاد اسلامی، شیروان، ایران.
رایانامه: h.salehi2430@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد شیروان، دانشگاه آزاد اسلامی، شیروان، ایران.
رایانامه: Motamedi45@gmail.com

۳. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد شیروان، دانشگاه آزاد اسلامی، شیروان، ایران.
رایانامه: Mafi@ferdowsi.um.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۱۱/۱۵
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۰/۰۲/۲۰
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۳/۰۴
تاریخ انتشار:
۱۴۰۰/۰۴/۲۴
تاریخ انتشار آنلاین:
۱۴۰۴/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها:
تغییر اقلیم،
فضای سبز،
سازگاری آب‌وهوایی شهر سبزوار،
من کندال،
تصاویر ماهواره‌ای،
سازگاری،
NDVI.

چکیده

بر اساس شبیه‌سازی مدل اقلیمی می‌توان انتظار داشت که تا سال ۲۱۰۰ دمای کره زمین ۱ تا ۵/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد. با توجه به پیامدهای تغییر اقلیم، شناخت این پدیده به منظور داشتن استراتژی خاص برای کاهش اثرات آن مسئله مهمی می‌باشد. جهت بررسی روند تغییر اقلیم با استفاده از روش من کندال مورد ارزیابی قرار گرفت و با توجه به معیارهای انتخاب شده مؤثر بر فضای سبز، شاخص سازگاری فضای سبز برای شهر سبزوار تا دهه ۲۰۴۰ محاسبه گردید. تغییرات فضای سبز شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص NDVI مورد ارزیابی قرار گرفت. کاهش وسعت فضای سبز به همراه گسترش محدوده شهری در دوره موردبررسی به روشنی قابل مشاهده است (در طی دوره آماری مورد مطالعه که منطبق بر دوره تاریخی مدل‌های اقلیمی و داده‌های مشاهداتی شهر سبزوار می‌باشد). همچنین این بررسی نشان داده افزایش دما در دهه آینده (۲۰۳۰-۲۰۲۱) با شدت بیشتری ادامه خواهد یافت. در گام بعد اقدام به محاسبه سرانه فضای سبز شهری گردید. با توجه به نتایج حاصل از بررسی داده‌های اقلیمی، ایجاد فضای سبز متناسب با تغییر اقلیم، می‌تواند در جهت سازگاری شهر سبزوار با تغییر اقلیمی نقش مؤثری داشته باشد. استفاده از فضای سبز سازگار با اقلیم و تغییرات آن باعث کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌شود و اقلیمی مناسب‌تر برای انسان و فعالیت‌های آن فراهم می‌سازد. با توجه به رشد افقی شهر و میزان رشد جمعیت مقدار سازگاری از ۰/۴۸ (در دوره پایه) به ۰/۳۲ در دوره ۲۰۳۰ -۲۰۲۱ کاهش خواهد یافت. در نتیجه مجموعاً حاصل نتایج نشان می‌دهد میزان سازگاری فضاهای سبز شهری سبزوار در وضعیت نامطلوبی قرار دارد و این میزان سازگاری در مواجه با روند افزایشی تغییرات اقلیمی پایین است.

استناد: صالحی، حمید؛ معتمدی، محمد؛ و مافی، عزت‌الله (۱۴۰۴). تغییرات اقلیمی و لزوم سازگاری فضای سبز شهری (نمونه موردی شهر سبزوار). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۵ (۷۹)، ۴۶۳-۴۴۶.
http://dx.doi.org/10.61882/jgs.25.79.4

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.

© نویسندگان.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

مقدمه

شهر فضایی پیچیده است که تمام اجزای آن به صورت سیستماتیک در ارتباط نزدیک با یکدیگر می‌باشند، به‌طوری‌که ایجاد اختلال در هرکدام از اجزای این مجموعه باعث ایجاد اشکال در کل سیستم می‌شود (عبدلی[1]،۲۰۱۱: ۶۳۸).

معضلات شهری پس از انقلاب صنعتی از جمله افزایش سریع جمعیت و رشد بی‌رویه شهرنشینی و به‌تبع آن نیازهای اقتصادی و اجتماعی باعث از دست رفتن تعادل اکولوژیک شهرها و نابودی باغ‌ها و مزارع در شهرها و حومه آن‌ها شد. این مسئله برای مدیران شهری و حتی شهروندان زنگ خطری بود که به عمق تخریب محیط‌زیستشان پی ببرند و در پی بازسازی، حفظ و افزایش فضاهای سبز باشند. بنابر اعلام وزارت محیط‌زیست سئول، میزان فضای سبز در این شهر از سال ۲۰۰۱ رو به افزایش است. این میزان پیشرفت به دلیل انجام پروژه‌هایی مانند سازمان سبز سئول است. این پروژه توسط یک سازمان غیردولتی با همکاری مردم و البته پشتیبانی شهرداری اداره می‌شود (یانگ[2]،۲۰۰۳: ۱۲۴). در ایران با اقلیم و تنوع آب‌وهوایی و سرانه فضای سبز بین ۷ تا ۱۲ مترمربع برای هر نفر، در مقایسه با شاخص تعیین شده از سوی محیط‌زیست سازمان ملل متحد ۲۰ تا ۲۵ مترمربع می‌باشد (سعیدنیا، ۱۳۹۶: ۳۸). مهم‌ترین کارکرد فضای سبز درون و برون شهرها را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد: جذب دی‌اکسید کربن و سایر گازهای سمی و تولید اکسیژن، تعدیل و بهبود شرایط آب‌وهوایی شهرها، کاهش آلودگی صدا، بهبود روحیه افراد، جلوگیری از فرسایش بادی و آبی خاک، تصفیه فاضلاب و... امروزه با آگاهی بیشتر از اهمیت کارکردهای مثبت فضای سبز و اثرات توسعه ناهمگون و بی‌رویه شهرها، برنامه‌های مدیریتی مناسبی در بسیاری از کشورها به منظور مقابله با این تهدید، طراحی و اجرا می‌گردد (عطاری، ۱۳۹۷: ۶۴).

در حال حاضر اتمسفر در مرحله بارگذاری انواع مختلف گازهای گلخانه‌ای می‌باشد که در نهایت موجب افزایش شدید دمای کره زمین خواهد شد (هاگتون و همکاران[3]،۲۰۱۴)؛ بنابراین تغییرات آب‌وهوا به عنوان یک معضل در توسعه مشترک محیط‌زیست، مسائل اجتماعی- اقتصادی، روانی و سیاسی موردتوجه همه‌ی کشورهای جهان قرار گرفته است. برای مثال بررسی میزان دما برای یک دوره صدساله نشان می‌دهد دمای سطحی کره‌ی زمین از سال ۱۸۰۰ میلادی به میزان ۰,۷ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و میانگین دمای جهانی احتمالاً در سال ۲۱۰۰ بین ۱,۸ تا ۶,۴ سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. حتی با وجود پیشرفت‌های قابل‌ملاحظه در راهکارهای جلوگیری از افزایش دما، احتمالاً در قرن حاضر، ۳ درجه سانتی‌گراد و یا بیشتر افزایش دما رخ خواهد داد (آی. پی. سی.[4]،۲۰۰۷: ۵۴۲). تأثیر گرمایش جهانی بر تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان بیش از مناطق معتدل خواهد بود. پیش‌بینی‌ها، بیانگر محدودیت بیشتر منابع آب و افزایش دمای هوا برای آینده ایران خواهد بود (ترکمان، ۱۳۹۴: ۵۳). مشکلات زیست‌محیطی ناشی از تغییرات اقلیمی و رشد و پیشرفت بشر که افزایش جمعیت را نیز به دنبال داشته است، طراحان محیط‌های شهری را ناگزیر به افزایش سطح سرانه فضای سبز کرده است. افزایش دمای هوای شهرها در سال‌های اخیر که در نتیجه گرمایش زمین و پدیده جزیره گرمایی می‌باشد، نیاز به سطح سبز طبیعی در نتیجه فواید حاصل از آن مانند خنک کردن محیط و بهبود خرد اقلیم، افزایش کیفیت هوا، اثرات مثبت جسمی و روحی بر انسان را افزایش داده است (سلمانی، ۱۳۹۷: ۲۳). گسترش شهرنشینی و مسائل و مشکلات خاص زندگی شهری ضرورت توجه همه‌جانبه به راهبردهای سودمند برای بهینه‌سازی زندگی ساکنان شهرها را لازم ساخته است. در میان عوامل تأثیرگذار در شهرها مانند محیط‌زیست شهری، حمل‌ونقل شهری، ایمنی شهری و برنامه-ریزی شهری یک عامل بسیار مهم که تأثیر فزاینده و تعیین‌کننده‌ای بر دیگر عوامل سازنده زندگی شهری دارد مدیریت شهری و توسعه پایدار آن است.

در این میان موضوع فضای سبز اهمیت و نقش آن در سکونت‌گاه‌های شهری به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است؛ که باید این مهم را به موازات رشد روزافزون شهرها به شکلی برنامه‌ریزی شده و پایدار در نظر

[1] Abdoli
[2] Yang
[3] Houghton et al
[4] IPCC

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

گرفت. افزایش بیابان‌زایی و گسترش آن به سمت حاشیه شهرها، افزایش آلودگی زیست‌محیطی شهری، کاهش منابع آبی و تغییر سیستم بارش در مناطق مختلف اقلیمی و تأثیر آن بر میزان فضاهای سبز، اولویت نداشتن جایگاه فضای سبز شهری در برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای آن از مهم‌ترین چالش‌های امروز شهرها و مدیران شهری برای داشتن یک استراتژی مشخص در ایجاد باغ شهرها می‌باشد. فضای سبز که بخشی از سیمای شهر را تشکیل می‌دهد به عنوان یکی از پدیده‌های واقعی از نخستین مسائلی است که انسان همیشه با آن در تماس است، پارک‌ها که در مقیاس‌های مختلف به عنوان لکه‌های سبز اکولوژیکی و اجتماعی کانون حیاتی شهرها بوده و در دسترس‌ترین فضاهای سبز محسوب می‌شوند. از این رو برنامه‌ریزی مناسب برای توسعه انواع باغ‌ها و پارک‌ها امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. در حال حاضر در اکثر کشورهای جهان مهم‌ترین عامل محدودکننده فضای سبز کمبود منابع آب است. کشور ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست و به علت موقعیت جغرافیایی خاص و قرارگیری در کمربند خشک نیم‌کره شمالی، بخش اعظم آن دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (عطاری، ۱۳۹۷: ۱۴). فضای سبز به عنوان یکی از ارکان مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری اثرات قابل‌توجهی در کنترل و بهبود هوای شهرها دارا می‌باشد. لذا فضای سبز با کاهش دما و افزایش رطوبت و در نهایت کاهش پدیده‌ی جزیره‌ی حرارتی و همچنین کاهش رواناب در ارتقاء سطح آسایش شهروندان و در نهایت پایداری محیط شهری مؤثر خواهد بود. فضای سبز شهری در زمره زیرساخت‌های اجتماعی است و یکی از امتیازات آن کاهش آلودگی هوا و از بین بردن اثرات نامطلوب آلودگی‌ها می‌باشد. به‌طورکلی یکی از باارزش‌ترین کارکردهای فضای سبز در شهرها، کارکردهای زیست‌محیطی آن‌ها در کاهش آلودگی هوای شهری است که در حقیقت باعث شده فضاهای سبز ریه‌های تنفس شهرها به شمار آیند (عطاری، ۱۳۹۷: ۶۷).

سرعت رشد و توسعه تکنولوژی و زندگی انسان‌ها به‌ویژه شهرنشینان می‌طلبد تحقیقات کاربردی و اجرایی با بهترین بهره‌برداری از علوم مختلف و امکانات لازم شهرها و ساکنان آن‌ها را در رفع مشکلات و ایجاد راهبرد توسعه پایدار با همزیستی همیشگی با محیط‌زیست و طبیعت فراهم آورد. شهرداری‌ها، ادارات منابع طبیعی و محیط‌زیست می‌توانند با یک همپوشانی دقیق و علمی آرمان‌های شهروندان را برای داشتن سکونت‌گاه‌های سرسبز و زیبا در بیشترین تطابق با خواسته‌های زیست‌محیطی ایجاد نمایند. برنامه ریزان شهری زمانی می‌توانند در تعادل بخشی به فضا در مناطق سکونتگاهی بهتر و دقیق‌تر عمل کنند که نقش و جایگاه مراکز شهری در سطح منطقه را تعریف نمایند (صالحی، ۱۳۹۵: ۳۱۰).

شهر سبزوار نیز از جمله شهرهای پرجمعیت استان خراسان رضوی است که مطالعه‌این شهر نشان می‌دهد، در گذشته مانند بسیاری از شهرهای ایران سرسبزتر و توأم با باغات فراوان بوده است؛ ولی امروزه با رشد جمعیت شهری و تغییر کاربری باغات و فضاهای سبز عمومی به دیگر کاربری‌ها از داشتن سرانه فضای سبز مناسب و چشم‌اندازهای شهری سرسبز محروم است.

شهر سبزوار نیز به دلیل قرارگیری در مناطق خشک و نیمه‌خشک و کمبود بارش از آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به سایر مناطق ایران دارا می‌باشد؛ و با توجه به گسترش روزافزون جمعیت و توسعه افقی و عمودی شهر و نیاز بیش‌ازپیش به گسترش فضای سبز جهت بالا بردن کیفیت زندگی نیازمند مطالعه و بررسی بیشتر در حوزه سازگاری با تغییرات اقلیمی و کمبود بارش و مدیریت منابع آب می‌باشد؛ و لذا می‌تواند به عنوان نمونه موردی پایه موردبررسی قرار گرفته و اطلاعات آن قابل‌تعمیم به سایر مناطق با شرایط مشابه کشور باشد. این شهر به دلیل قرارگیری در ناحیه خشک و نیمه‌خشک و نیاز روزافزون به فضای سبز و به‌تبع آن با توجه به تغییرات اقلیمی و خشک‌سالی‌ها به دنبال راه‌حل‌هایی برای سازگاری هرچه بیشتر فضای سبز با این تغییرات اقلیمی هستیم که در واقع به عنوان یکی از شهرهای متوسط کشوری که در حاشیه کویر و در غرب خراسان رضوی واقع گردیده است با بیشترین اشتراکات با سایر شهرهای ایران می‌تواند الگوی مورد مطالعه خوبی برای پژوهش موردنظر باشد. به عبارتی به طور مختصر، بیان مسئله عبارت است از گسترش روزافزون شهر سبزوار و نیاز مبرم و جدی به توسعه فضای سبز و از سویی تغییرات اقلیمی که به عنوان مانعی جدی بر سر راه فضای سبز وجود دارد چه راهکارها و روش‌هایی برای سازگاری با تغییرات اقلیمی وجود دارد و جایگاه فضای سبز سبزوار در سازگاری با این تغییرات اقلیمی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

کجاست؟ مدیران شهری، سازمان‌ها و نهادهای ذی‌ربط تا چه حد توانسته‌اند به این سازگاری نزدیک شوند و چه راه‌حل‌های پیشنهادی برای شهرهایی همچون سبزوار برای حفظ فضای سبز فعلی و گسترش آن وجود دارد.

تغییر اقلیم به عنوان یک وضعیت برگشت‌ناپذیر است که چند دهه اخیر موجب برهم خوردن اندکی از تعادل اقلیمی جهان شده است، به شکلی که متوسط درجه حرارت کره زمین تمایل به افزایش را نشان می‌دهد. این پدیده به علت افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر می‌باشد. بسیاری از بلایای طبیعی به طور مستقیم در ارتباط با تغییر اقلیم قابل توجیه هستند (پروین، ۱۲:۱۳۸۹). میانگین دمای سطح زمین بر اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتباً در حال افزایش است به گونه‌ای که سناریوهای اخیر پانل بین دولتی تغییر اقلیم[1]افزایش متوسط جهانی دما را ۰/۷۶ درجه سانتی‌گراد در قرن گذشته و تا ۶/۴ درجه سانتی‌گراد تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی می‌کنند (آی. پی. سی. سی، ۲۰۰۷: ۴۳۵). تغییرات طبیعی یکی از مشخصه-های اقلیم جهانی بوده که در مقیاس کوتاه‌مدت و بلندمدت اتفاق می‌افتد. اکثر اقلیم شناسان براین باورند که نوسانات اقلیمی کوتاه‌مدت و بلندمدت حوادث تصادفی نیستند. در طی صدسال گذشته فعالیت‌های انسان به طور قابل‌توجهی جو زمین را تغییر داده و افزایش تمرکز گازهای گلخانه‌ای منجر به گرم شدن سطح زمین گردیده است. تغییر اقلیم یعنی هر تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب‌وهوایی که در طولانی‌مدت در یک منطقه خاص یا برای کل اقلیم جهانی رخ بدهد (امیدوار و همکاران، ۳۸:۱۳۹۲). مشخصه اصلی تغییر اقلیم جابه‌جایی میانگین پارامترهای اقلیمی و افزایش فراوانی وقوع پدیده‌های حدی اقلیمی می‌باشد. تغییرات و نوسانات اقلیمی می‌تواند بر بخش‌های مختلف اعم از کشاورزی، محیط‌زیست، صنعت و اقتصاد اثرات منفی داشته باشد و با افزایش رویدادهای حدی مانند خشک‌سالی و بارش سنگین سبب آسیب‌پذیری بیشتر جوامع انسانی شود.

هرگونه تغییر قابل‌تشخیص (به‌عنوان‌مثال با استفاده از آزمون‌های آماری تغییر در میانگین و یا سایر خصوصیات) در آب‌وهوا در طول زمان که طبیعی بوده و یا بر اثر فعالیت‌های انسانی حاصل شود و همچنین برای دوره طولانی (ده‌ها سال یا بیشتر) ادامه داشته باشد (کردوانی، ۱۳۹۰: ۷۶).

تغییری که خصوصیات اقلیم به طور مستقیم یا غیرمستقیم تحت تأثیر فعالیت‌های انسان بر روی تغییر ترکیب اتمسفر جهانی صورت گیرد. سیاست‌های درست اقلیمی می‌توانند در کاهش مؤثر تغییر اقلیم و سازگاری سهیم باشند و ممکن است دورنمای اشتغال، حفظ رشد اقتصادی، کاهش فقر و دستیابی به سایر منافع اقتصادی و اجتماعی را بهبود بخشند. اقدامات اخذشده برای اقلیم پیشرو می‌توانند فرصت‌های بهتر و بیشتری را جهت سوق دادن کشور به سمت اقتصاد سبز فراهم نمایند. همچنین، می‌توانند به ارتقاء رفاه انسانی و کاهش نابرابری‌ها در بلندمدت کمک نمایند، به‌طوری‌که نسل‌های آینده کمتر در معرض خطرات زیست‌محیطی و کمبودهای اکولوژیکی قرار بگیرند (علمی، ۱۳۹۷: ۹۸۳). تغییرات آب‌وهوایی بر میزان دمای هوا، الگوی بارش، تنش رطوبتی، میزان رواناب و ذخیره رطوبتی خاک تأثیرگذار است (مایو و همکاران[2]،۲۰۱۳۲: ۸۲۵). افزایش میزان درجه حرارت آینده، متأثر از تغییرات اقلیمی ممکن است در تأمین نیاز حرارتی و آبی فضای سبز شهری خلل ایجاد نموده و سازگاری آن را تحت تأثیر قرار دهد. اثبات وقوع پدیده تغییر اقلیم در سطح جهان به سهولت امکان‌پذیر نیست و نیازمند بررسی‌های جامع و طولانی‌مدت آمارهای گذشته و تولید شده در آتی است، هرچند روند گرم‌تر شدن دمای سطحی و افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای تقریباً قطعی می‌نماید (چادویک و همکاران[3]،۲۰۱۳۳). بررسی نشان داده، غلظت گازکربنیک و سایر گازها در اتمسفر از نیمه دوم قرن نوزدهم افزایش یافته است. میزان غلظت گازکربنیک از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۴ حدود ۷۰ درصد فزونی یافته است (مایو و همکاران، ۲۰۱۳: ۸۲۵). میتچل[4]در سال ۱۹۸۹ نشان داد که در اثر دو برابر شدن گازکربنیک، درجه حرارت بین ۲/۸ تا ۵/۲ کلوین و بارندگی بین ۷/۱ تا ۱۵ درصد افزایش می‌یابد. روند این تغییرات اقلیمی در همه‌جا اثری از خود به جا گذاشته است. اثرات تغییرات اقلیم بر روی درختان و فضای سبز ... انجام شده

[1] Intergovernmental Panel of Climate Change
[2] Miao et al
[3] Chadwick et al
[4] Mitchel

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

است. در استان همدان بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است روند تغییرات پارامترهای هواشناسی به‌خصوص دمای میانگین زمستان و پاییز در زمان خواب درختان خزان‌دار افزایش معنی‌دار داشته است. از اوایل دهه ۱۹۸۰ تاکنون مدل‌های متنوعی برای تولید داده‌های مصنوعی وضع هوا در نقاط مختلف جهان تدوین شده و به تدریج توسعه یافته است (سبزی‌پرور، ۱۳۹۴: ۳۶۱).

در کشورهای درحال‌توسعه، توسعه شهری بدون توجه به لزوم نگهداری و یا افزایش پوشش گیاهی موجود در شهر اتفاق می‌افتد. فضای سبز شهری می‌تواند از طریق امکان ایجاد سایه و جذب انرژی تابشی دمای سطوح را پایین‌تر نگه دارد، بعلاوه درختان و گیاهان با افزایش رطوبت محیط اطراف خود، شرایط کاهش دمای محسوس هوا از طریق سرمایش تبخیری را نیز فراهم می‌آورند.

افزایش گازهای گلخانه‌ای در چند دهه گذشته باعث بر هم خوردن تعادل اقلیمی کره زمین شده است که از آن تحت عنوان پدیده تغییر اقلیم نام برده می‌شود (آی. پی. سی. سی، ۲۰۰۷: ۴۳۵). بررسی‌ها نشان داده‌اند که تغییر اقلیم دارای پیامدها و اثراتی از جمله تغییر الگوی بارش، به وجود آمدن ناهمگنی در سری داده‌های تاریخی، بروز گرمایش جهانی، تنزل کیفیت ب، تغییر آب دریاها و اقیانوس‌ها، کاهش تولیدات کشاورزی، تغییر در ترکیب و تولید گیاهی مراتع، تغییر آب‌های زیرزمینی، بروز مشکلات اجتماعی و اقتصادی و ... است (ای. پی. ای.۲۰۱۲۱: ۲۸۲). افزایش دی‌اکسید کربن بر فرم و رشد گونه‌های گیاهی در نواحی شهری تأثیر می‌گذارد، به گونه‌هایی که بسیاری از گونه‌های فضای سبز شهری در اثر غنی شدن دی‌اکسید کربن (اثر حاصلخیزی دی‌اکسید کربن) رشد سریع‌تری خواهند داشت. مجموعه وسیعی از گونه‌های فضای سبز شهری منطبق با تغییرات اقلیمی در دسترس است، اما در حال حاضر نیاز به سازگاری گسترده‌تری، نسبت به آنچه که در حال حاضر رخ می‌دهد موردنیاز است تا آسیب‌پذیری نسبت به تغییر اقلیم کاهش یابد (سیاری و همکاران ۱۳۹۰: ۹۱۵). در تحقیقی تأثیر گرمایش جهانی بر حداقل و حداکثر دما، الگوی بارش و تبخیر و تعرق گیاهان، تحت دو سناریوی B2 و A2 در حوضه کشف رود را در سه دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۶۹- ۲۰۴۰، ۲۰۹۹ – ۲۰۷۰ میلادی مقایسه کردند. نتایج نشان دادند که میانگین بارش سالانه با مدل CGCM2 تحت دو سناریوی فوق به ترتیب ۱۶ و ۱۳ درصد کاهش می‌یابد. درصورتی‌که برای دو مدل سناریو HadCM3 در دو سناریوی فوق به ترتیب ۸ و ۲ درصد افزایش می‌یابد. همچنین دمای حداکثر و حداقل ماهانه پیش‌بینی شده برای هر دو مدل و دو سناریو افزایش خواهد یافت.

در مطالعه‌ای به منظور بررسی تغییرات دما و بارش تحت سناریوهای اقلیمی در مراتع چهارمحال و بختیاری که توسط زارعی و همکاران (۱۳۹۶) انجام شد مشخص شد که مجموع بارندگی روزانه تحت سه سناریوی مورد مطالعه‌ایشان، نشان دهنده افزایش بارندگی در فصول بهار و تابستان و کاهش بارندگی در زمستان می‌باشد. همچنین افزایش میانگین دمای روزانه در ماه‌های اکتبر تا مارس و روند کاهشی در ماه‌های آوریل تا سپتامبر در هر سه سناریو مشاهده شد. مزیدی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی تأثیر توسعه شهرنشینی و تغییرات کاربری بر عناصر آب‌وهوایی شهر شیراز و فسا نشان دادند که کمیت‌های کمینه دما و رطوبت نسبی فسا و کمینه و بیشینه رطوبت نسبی شیراز روند کاهشی و سایر کمیت‌ها روند افزایشی داشته‌اند. شهاب العالم[2](۲۰۱۵) تغییرات اقلیمی ناشی از تغییر در منحنی شدت، مدت، فراوانی بارش در چمنزارهای کانادا را بررسی شد، نتایج نشان داد که میزان تغییرات در آینده از نظر مقدار بارش بیشتر به انتخاب سناریوهای مدل GCMs یا RCPs حساسیت دارد. پوتچر (۲۰۱۴) در شهر تل‌آویو مطالعاتی برای بررسی پتانسیل پوشش گیاهی در بهبود کیفیت هوای محلی، کاهش دمای هوا و کاهش سروصدا انجام داد. بررسی‌های هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم در گزارش پنجم، به عنوان آخرین گزارش تغییر اقلیم نشان داد که میانگین دمای جهانی در دوره ۲۰۱۸ تا ۲۰۱۰ براساس سناریوی RCP۴/۵، ۰/۵ تا ۱/۸ درجه سانتی‌گراد و بر اساس سناریوی RCP۸/۵، ۰/۷ تا ۳/۷ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره‌ی ۲۰۰۵-۱۹۸۶ افزایش خواهد یافت (وانگ و همکاران،۲۰۱۵۳: ۸۴).

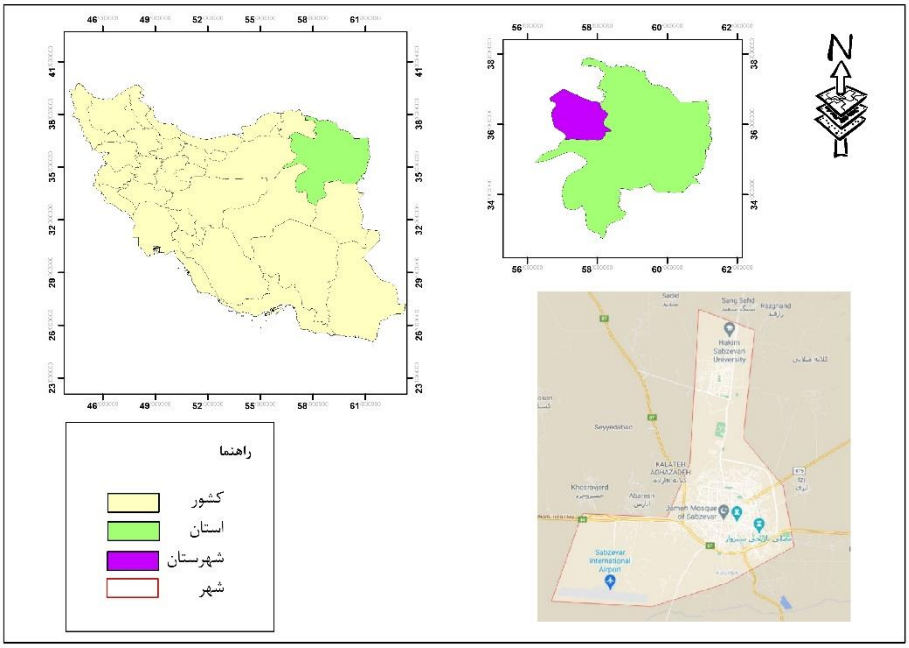
[1] Environmental Protection Agency (EPA)
[2] Shahabul Alam
[3] Wang et al

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه

شهر سبزوار از نظر موقعیت ریاضی و سیاره‌ای بین مدار ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و نصف‌النهار ۵۶ درجه و ۳۷ دقیقه و ۵۸ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی واقع شده است. بر اساس آمارهای سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ شهر سبزوار مشخص گردید که از کل جمعیت ۲۴۳۷۰۰ نفری شهر سبزوار ۱۲۱۶۶۷ نفر را مردان و ۱۲۲۰۳۳ نفر را زنان تشکیل می‌دهند. بر این اساس نسبت جنسی در این شهر ۹۹ بوده است. بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ جمعیت شهر سبزوار برابر با ۲۴۳۷۰۰ نفر و مساحت شهر ۳۱۷۵/۴۶ هکتار است. بر این اساس تراکم ناخالص جمعیتی ۷۶/۷۴ نفر در هکتار می‌باشد. در ارتباط با خاک‌های منطقه می‌بایست به یک نکته اساسی توجه داشت در منطقه بیابان فقدان پوشش گیاهی فشرده که بتواند نقش حفاظتی را برای خاک ایفا کند، باعث کندی و احیا نا توقف فرآیند تکامل خاک می‌گردد، حال اگر از طریق اقدامات بهسازی محیط پوشش گیاهی مناسب به وجود آورده شود و سپس برحسب نیاز برای چند سال نیز مورد مراقبت قرار گیرد، از سوی دیگر به موازات تکامل خاک امکان رشد هرچه بهتر گیاهان فراهم می‌شود، بدین ترتیب بین خاک و پوشش گیاهی فرعی چرخه به وجود می‌آید که تقویت یکی باعث تقویت دیگری می‌گردد. با توجه به بحث اقلیم و بحث خاک در محدوده منطقه بیابانی به‌خودی‌خود محدودیت‌هایی در رابطه با انتخاب گونه‌های گیاهی ایجاد می‌شود که البته این محدودیت با بررسی دقیق و دقت نظر قابل‌رفع می‌باشند.



شکل (۱). موقعیت سبزوار سلسله‌مراتب تقسیمات کشوری

داده و روش کار

این تحقیق بنا بر ماهیت، از نظر هدف از نوع کاربردی و از نظر روش تحقیق از نوع توصیفی تحلیلی است. به منظور دستیابی به اهداف تعیین شده، ابتدا وضعیت اقلیمی شهر سبزوار در دوره مشاهداتی و دهه آتی (۲۰۳۰-۲۰۲۰) بررسی می‌گردد. پس از تعیین مدل‌های اقلیمی موجود با داده‌های CMIP5 که محدوده مورد مطالعه را پوشش می‌دهند و با توجه به داده‌های آماری مورد مشاهده، توسط آزمون من کندال، تغییر اقلیم شهر سبزوار بررسی خواهد شد. به منظور بررسی فضای سبز در بازه مشاهداتی، تصاویر اخذ شده مورد ارزیابی و تغییرات آن‌ها مشخص خواهد شد. در روش میدانی به مصاحبه از ۳۰ کارشناس و متخصص فضای سبز و شهرسازی آشنا به فضای سبز شهر مورد مطالعه، جهت تعیین معیارها و زیرمعیارهای

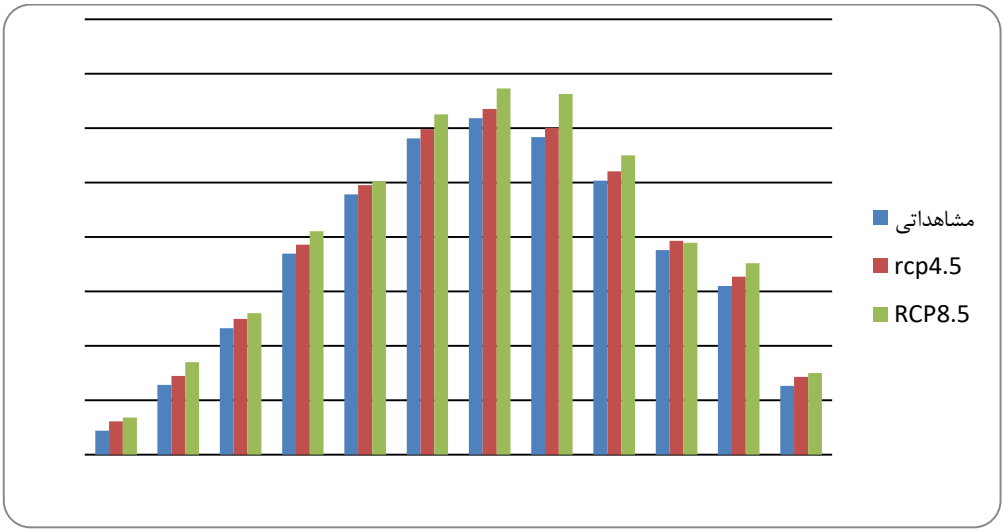
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

تحلیل مکانی، به منظور همخوانی این معیارها با نیازهای واقعی شهر و نیز در تعیین فواصل مطلوب از هر یک این معیارها در نرم‌افزار GIS مورد تحلیل قرار گرفته است.

نتایج

بررسی و تحلیل مؤلفه دما نشان داد که اکثر ماه‌های سال به‌ویژه در فصل پاییز و تابستان روند افزایشی دارد و از طرف دیگر پارامتر بارش در این دو فصل هرچند روند مشخصی ندارد اما مقدار آن کاهش یافته است. افزایش دما باعث سازگاری کمتر فضای سبز شهری می‌شود. نکته مهم در چنین شرایطی کاهش مقدار بارش با توجه به افزایش دما و اهمیت بارندگی برای حفظ رطوبت خاک، نشان می‌دهد این تغییرات فشار فزاینده‌ای بر فضای سبز شهری سبزوار وارد می‌نماید.

امروزه به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای در دهه‌های گذشته در جو زمین خروج امواج حرارتی از زمین با موانع بیشتری روبرو شده است که افزایش دما را به دنبال داشته است، این افزایش به میزان ۳ تا ۶ درجه سانتی‌گراد در طول قرن گذشته بوده که در دهه‌های اخیر شتاب بیشتری پیدا کرده است. جهت بررسی وضعیت دما و بارش در دهه آتی (۲۰۳۰-۲۰۲۱)، داده‌های سه مدل اقلیمی منتخب برای این پژوهش شبکه‌بندی و بعد از استخراج داده‌های مربوط به شهر سبزوار مورد صحت سنجی در دوره تاریخی (۲۰۰۵-۱۹۸۶) با داده‌های مشاهداتی قرار گرفت. سناریوهای مختلف تغییر اقلیم در شهرستان سبزوار از سه مدل گردش عمومی جو CANESM2، CNRM و GFDL تحت دو سناریوی RCP4.5، 8.5 استفاده شد. استخراج داده‌ها و صحت سنجی آن‌ها با کد نویسی در نرم‌افزار R انجام شد.



شکل (۲). میانگین دما برای داده‌های مشاهداتی و داده‌های مدل وزنی سناریوسازی شده. مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

بیشترین افزایش دما در هر دو سناریو در ماه اردیبهشت و تیر به ترتیب ۴/۶، ۴/۴ درجه سانتی‌گراد بر اساس سناریوی Rcp4.5و ۴/۹ و ۴/۶ درجه سانتی‌گراد تحت سناریوی Rcp 8.5 است. از طرفی بیشترین کاهش دما در ماه‌های مهر و آذر به میزان ۴/۰۷، ۴/۹۳ درجه سانتی‌گراد و تحت سناریوی Rcp4.5 مشاهده شد. میانگین دما برای داده‌های مشاهداتی و داده‌های به دست آمده از مدل تحت سناریوهای مختلف، در دوره پایه در شکل (۲) آورده شده است.

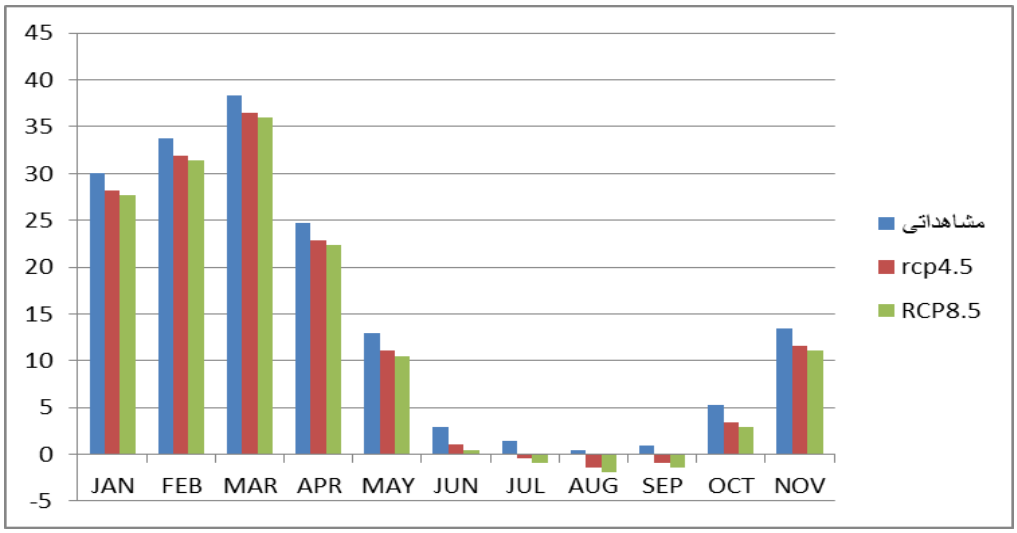
همچنین، همبستگی داده‌های مشاهداتی و کالیبره شده بارندگی در ایستگاه سبزوار در دوره تاریخی و پایه ۱۹۸۶-۲۰۰۵، ۰/۹۲ می‌باشد. در شکل (۳) مجموع بارندگی ماهانه در ایستگاه سبزوار برای دوره آینده ۲۰۳۰-۲۰۲۱ مدل‌سازی و ریزمقیاس نمایی شده مشاهده می‌شود. با توجه به نمودار مذکور، تغییرات مجموع بارش روزانه در ماه‌های شهریور تا آبان از روند افزایشی تحت هر دو سناریوی انتشار پیروی می‌کند.

درحالی‌که در ماه‌های اسفند تا خرداد روند کاهشی در هر دو سناریو مشاهده شد. بیشترین میزان بارندگی در ماه‌های آبان تا اسفند مشاهده می‌شود. تغییرات کاهشی یا افزایشی بارش در سناریوی Rcp8.5 بیشتر از سناریوی Rcp4.5 می‌باشد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

مجموع بارندگی برای داده‌های مشاهداتی و داده‌های به دست آمده از مدل نشان می‌دهد به‌طورکلی مجموع بارندگی در ایستگاه سبزوار به صورت سالانه و تحت هر دو سناریو کاهش می‌یابد که این کاهش در RCP4.5 به طور میانگین در ماه‌های مختلف میزان ۱/۲۸ میلی‌متر و در RCP8.5 به طور متوسط ۴ میلی‌متر بوده است.



شکل (۳). میانگین بارش برای داده‌های مشاهداتی و مدل وزنی محاسبه شده در دوره موردبررسی. مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

پس از استخراج داده‌های بزرگ مقیاس مدل‌های مذکور برای سلول محاسباتی منطقه مورد مطالعه، با استفاده از داده‌های بزرگ مقیاس مدل‌های منتخب، داده‌های اقلیمی مشاهداتی و داده‌های بزرگ مقیاس NCEP اقدام به ریزمقیاس نمایی به روش CHenge Factor داده‌های اقلیمی و سناریوسازی برای دوره آتی (۲۰۳۰-۲۰۲۱) تولید گردید. پس از واسنجی برای دوره پایه (۲۰۰۵- ۱۹۸۶) در ایستگاه سبزوار، اقدام به تولید داده‌های اقلیمی دما و بارش برای دوره ۲۰۳۰-۲۰۲۱ میلادی گردید. برای رسیدن به یک مدل اقلیمی که بتواند افت‌وخیز دما و بارش را در ایستگاه مورد مطالعه نشان دهد از مدل وزنی استفاده شده که به نوعی همبستگی در آن لحاظ شده است. بر این اساس که مدل‌ها بر اساس مقدار وزن همبستگی خود در ایجاد مدل وزنی مشارکت خواهند داشت. مشاهده می‌شود که همبستگی مدل وزنی از همبستگی تک‌تک مدل‌ها بیشتر است و جذر میانگین خطای مربع نیز با مقدار ۲/۱۲ از همه مدل‌ها کمتر است.

جدول (۱). مقایسه مدل‌های اقلیمی منتخب در پژوهش

مدل اقلیمی	پارامتر	R	MBE	MAE	RMSE
CanESM	**دما**	۰/۶۷	۱/۵۸	۲/۵۶	۴/۵۸
	بارش	۰/۵۷	۰/۰۲	۱/۱۵	۳/۵۶
CNRM	**دما**	۰/۸۳	۲/۲۵	۱/۵۴	۳/۲۵
	بارش	۰/۷۳	۱/۱۱	۲/۵۶	۴/۵۹
GFDL	**دما**	۰/۸۱	۱/۸۴	۰/۸۹	۳/۲۸
	بارش	۰/۶۴	۲/۵۶	۱/۴۳	۲/۳۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

به منظور صحت سنجی و بررسی دقت داده‌های استخراج شده از مدل وزنی محاسبه شده، به بررسی کارایی مدل وزنی در ایستگاه سبزوار پرداخته شد. در این مطالعه تلاش شد تا چند معیار عدم قطعیت در بحث مدل‌سازی به کار گرفته شود

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

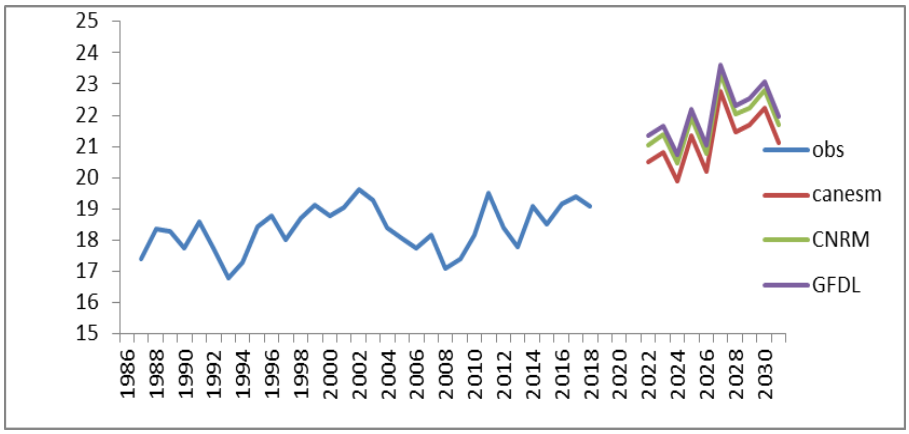
جدول (۱). با استفاده از چهار معیار ضریب همبستگی، خطای میانگین بایاس[۱](MBE)، خطای قدر مطلق میانگین[۲](MAE) و خطای مجذور میانگین استاندارد شده[۳](RMSE) با مقادیر برآورد شده مقایسه شدند جدول (۲).

جدول (۲). معیارهای عدم قطعیت در مدل‌سازی اقلیمی

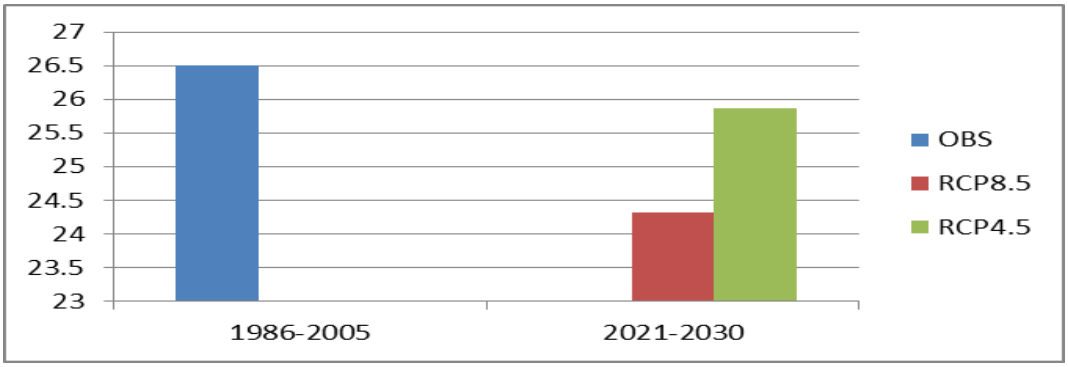
پارامتر	R	MBE	MAE	RMSE
دما	۰/۹۴	-۰/۷۸	۱/۴	۲/۸
بارش	۰/۹۲	-۱/۰۴	۱/۷۹۶	۲/۲۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

بررسی مقادیر سالانه دما مدل‌های گردش کلی منتخب بعد از ریزمقیاس نمایی به روش Cheng Factore، نشان داد که به طور میانگین دما در مدل CANEsm2 به ۲۱/۲، در مدل CNRM به ۲۱/۷۶ و در مدل GFDL به ۲۲ /۰۴ برای دوره ۲۰۳۰-۲۰۲۱ خواهد بود. میزان افزایش دما برای شهر سبزوار به طور میانگین در سه مدل فوق، به ترتیب ۱/۰۲، ۰/۵۶ و ۰/۸۴ خواهد بود؛ و مدل ترکیبی وزنی میزان متوسط افزایش دما را برای دهه آینده به طور متوسط ۰/۸۶ درجه سانتی‌گراد نشان داد. مقدار کاهش بارندگی در دهه آینده برای RCP8.5 ۲/۱۹ میلی‌متر و برای RCP4.5 ۰/۶۴ میلی‌متر محاسبه گردید.



شکل (۴). میانگین سالانه دما پس از ریزمقیاس نمایی در مدل‌های منتخب. مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹



[۱] Mean Bias Error

[۲] Mean Square Error

[۳] Root Mean Square Error

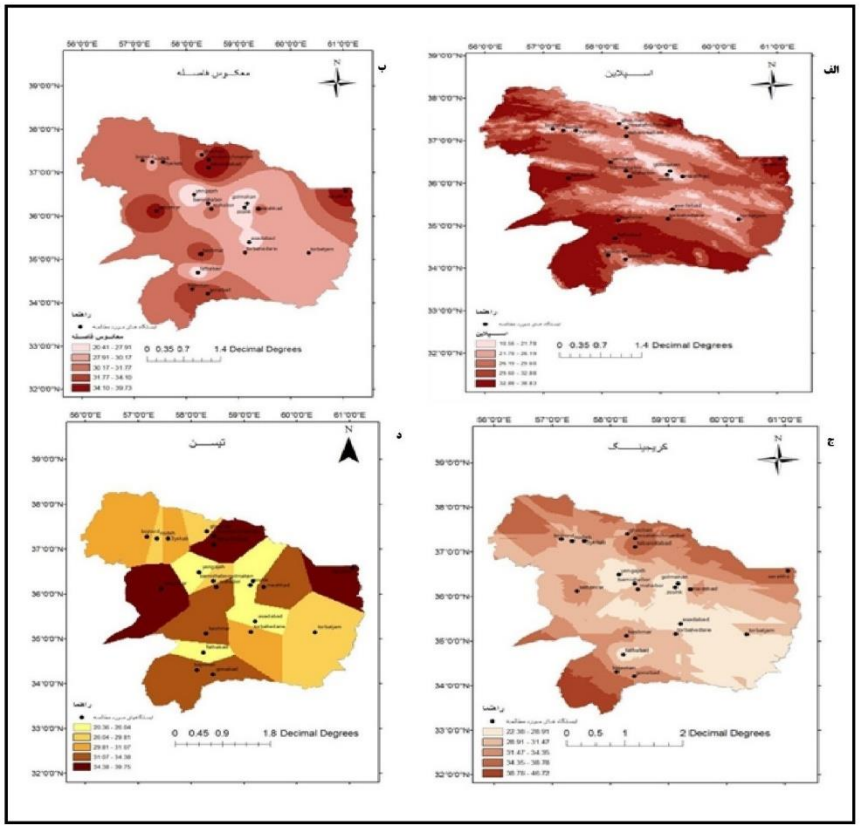
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

شکل (۵). میانگین بارش طی سناریوهای مختلف در دهه آینده. مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

جهت ارزیابی و اعتبارسنجی روش‌های درون‌یابی نقشه‌های هم‌دمای فصل تابستان برای هرسال ترسیم شد. در روش کریجینگ تعداد نقاط همسایگی در محدوده جستجوی هشت قطاع، شامل ۵ نقطه که بایستی حداقل دو نقطه در درون‌یابی دخالت داشته باشند، صورت گرفت. بدین لحاظ و به منظور برازش توزیع‌های آماری، نیاز به آزمون بررسی نرمال بودن داده‌ها بود. لذا این آزمون در مورد داده‌ها انجام و در نهایت با استفاده از تبدیل Box – Cox داده‌ها نرمال گردیدند. تفاوت‌های فضایی در هر روش درون‌یابی آشکار است. برای اجرای روش IDW لازم بود پارامترهای توان فاصله، تعداد نقاط همسایگی و شعاع همسایگی بهینه شوند. بررسی تعداد نقاط و شعاع همسایگی نشان داد که روش IDW با تعداد نقاط ۱۲ و شعاع حدود ۲۰۰ کیلومتر کمترین خطا را در برآورد دمای تابستانه ایجاد می‌کند.

از آنجایی که برای هریک از ۲۱ سال دوره آماری موردبررسی، نقشه درون‌یابی تهیه شد و ویژگی دمای پیش‌بینی شده هر نقشه به دقت بررسی گردید برای هر روش درون‌یابی به‌طور جداگانه جدول تهیه شد. ازآنجایی‌که مقدار ضریب تغییرپذیری، میزان پراکندگی به ازای یک واحد از میانگین را بیان می‌کند و ضریب تغییرپذیری بالا، نشان‌دهنده عدم نظم و غیرقابل پیش‌بینی بودن دمای تابستان می‌باشد، این پارامتر آماری و همچنین انحراف معیار برای هر چهار روش درون‌یابی در طی دوره آماری موردبررسی، محاسبه گردید.



شکل (۶). درون‌یابی دمای تابستان ۲۰۱۷، الف) اسپیلاین، ب) فاصله معکوس، ج) کریجینگ، د) تیسن

جدول (۳). میانگین و تغییرپذیری دمای برآورد شده برای فصل تابستان توسط روش‌های مختلف

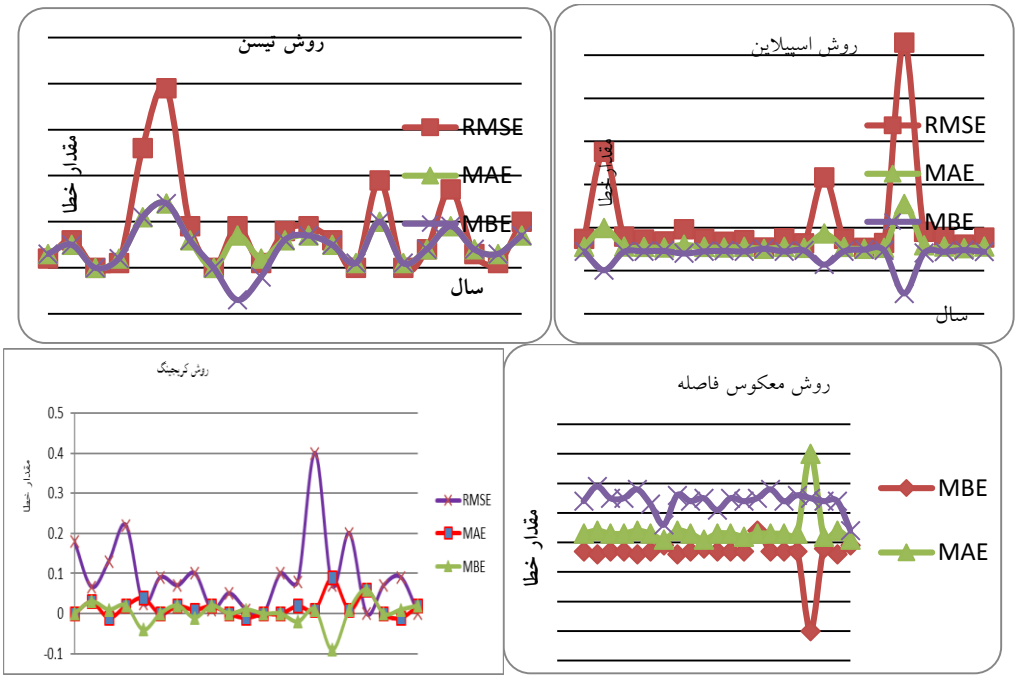
روش	اسپیلاین		معکوس فاصله		کریجینگ		تیسن	
سال	میانگین	تغییرپذیری	میانگین	تغییرپذیری	میانگین	تغییرپذیری	میانگین	تغییرپذیری
۱۹۹۷	۲۹/۵۹	۴/۳۶	۳۰/۵۳	۱/۸۰	۲۹/۷۹	۰/۵۷	۳۱/۵۸	۴/۰۲

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

۱۹۹۸	۲۰/۰۶	۵/۴۲	۳۰/۱۸	۲/۲۴	۲۹/۴۴	۰/۷۲	۳۱/۲۵	۴/ ۳
۱۹۹۹	۳۰	۴/۱۹	۳۱/۱۳	۱/۸۷	۳۰/۷۰	۰/۷۰	۳۲/۰۶	۳/۷۳
۲۰۰۰	۳۰/۵۹	۵/۲۱	۳۱/۵	۱/۸۰	۳۰/۸۳	۰/۵۷	۳۲/۹۵	۳/۵
۲۰۰۱	۲۹/۷۹	۴/۷۳	۳۰/۳۱	۱/۹۸	۲۹/۷۲	۰/۷	۳۲/۶۶	۳/۶
۲۰۰۲	۲۷/۶۹	۵/۷۳	۲۹/۴۶	۲/ ۱	۲۹/۱۲	۰/۸۹	۳۱/۳۶	۴/۰۳
۲۰۰۳	۲۸/۹۲	۴/۷۵	۲۹/۷۸	۲/۳	۲۹/۴۷	۰/۸۹	۳۰/۱۱	۴/۱۱
۲۰۰۴	۲۹/۴۳	۴/۷۳	۲۹/۹۸	۲/۱۷	۲۹/۴۰	۰/۹۲	۳۰/۴۱	۴/۷
۲۰۰۵	۳۰/۸۱	۵/۳۰	۳۱/۵۶	۲/۱۴	۳۰/۹۷	۰/۸۳	۳۱/۱۰	۴/۲۷
۲۰۰۶	۳۱/۶۲	۴/۷۱	۳۱/۰۶	۱/۸۵	۳۰/۵۶	۰/۶۰	۳۲/۶۷	۴/۲۹
۲۰۰۷	۳۰/۲۵	۵/۲۳	۳۱/۱۵	۱/۹	۳۰/۶۹	۰/۶۱	۳۱/۹۴	۳/۹۲
۲۰۰۸	۲۹/۹۴	۵/۷۲	۳۰/۴۵	۱/۸۹	۲۹/۸۳	۰/۵۹	۳۲/۱۶	۴/۲۲
۲۰۰۹	۲۳/۴۲	۴/۸۶	۳۰/۷۶	۲/۰۵	۳۰/۲۳	۰/۷۴	۳۱/۵۲	۳/۹۶
۲۰۱۰	۳۰/۱۳	۴/۵۹	۳۱/۰۱	۲/۰۲	۳۰/۶۱	۰/۹۸	۳۱/۷۴	۴/۲۰
۲۰۱۱	۲۹/۵۹	۵/۱۶	۳۰/۹۲	۱/۹۹	۳۰/۴۱	۰/۷۵	۳۲/۰۸	۴/ ۱
۲۰۱۲	۳۱/۲۲	۴/۶۴	۳۱/۶۷	۱/۷۹	۳۱/۲۲	۰/۹۶	۳۱/۸۵	۴/۱۵
۲۰۱۳	۱۹/۰۱	۵/۰۷	۳۰/۷۹	۲/۰۵	۳۰/۳۹	۰	۳۲/۷۱	۴/۱۸
۲۰۱۴	۲۹	۴/۹۶	۳۰/۵۱	۲/۲۱	۳۰/۳۳	۱/۴۱	۳۱/۸۶	۴/۲۳
۲۰۱۵	۳۰/۵۲	۴/۶۵	۳۰/۹۲	۱/۸۷	۳۰/۴۲	۰/۵۴	۳۱/۵۴	۴/۲۴
۲۰۱۶	۳۰/۵۲	۴/۶۵	۳۰/۷۴	۲/۰۸	۳۰/۲۳	۰/۷۶	۳۱/۹۷	۳/۹۳
۲۰۱۷	۲۹/۰۹	۴/۵۹	۳۰/۴۴	۱/۹۶	۳۰/۰۱	۰/۷	۳۱/۸۲	۴/۲۳
متوسط								

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹



شکل (۷). میزان خطای RMSE، MAE و MBE در روش‌های مختلف درون‌یابی

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

جدول (۴). میانگین هر یک از خطاهای مورد ارزیابی در روش‌های درون‌یابی

روش درون‌یابی	MBE	MAE	RMSE
اسپیلاین	-۰/۱	۰/۰۱	**۰/۵۹**
تیسن	۰/۰۴	۰/۰۵	**۰/۰۸**
کریجینگ	۰/۰۱	۰/۰۲	**۰/۱۰**
معکوس فاصله	-۰/۰۲	۰/۰۳	**۰/۱۴**

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

انتخاب روش درون‌یابی در درجه اول به طبیعت متغیر و تغییرات مکانی آن وابسته است. هرچند تحت تأثیر عوامل دیگری نیز می‌باشد، ارائه یک قانون صحیح و عام برای انتخاب یک روش بسیار دشوار است. در این پژوهش برای دستیابی به این مهم سه روش اعتبارسنجی برای هر روش درون‌یابی مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. نتایج نهایی و میانگین هر یک از روش‌های اعتبارسنجی در جدول (۲) آمده است.

بررسی نقشه‌های دمای فصل تابستان که توسط چهار روش درون‌یابی اسپیلاین، تیسن، معکوس فاصله و کریجینگ تهیه گردید، نشان داد که دما در این فصل از سال در منطقه شمال شرق از شمال به جنوب و از شرق به غرب افزایش می‌یابد. سبزوار به عنوان یک سکونتگاه شهری پرجمعیت تقریباً در منطقه گرم‌تر این نتایج قرار گرفته است. از دلایل بالا بودن مقدار دما در غرب منطقه مورد مطالعه می‌توان به ارتفاع پست آن و افزایش قابل‌ملاحظه تابش خورشید و همچنین فرارفت هوای گرم از نواحی ایران مرکزی اشاره کرد که در فصل تابستان دما را به حداکثر ممکن می‌رساند. به‌طورکلی با عبور از سمت غرب به شرق و بالا رفتن نسبی ارتفاع متوسط، مقدار دما کاهش می‌یابد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بر اساس معیار ریشه میانگین مربعات خطا جدول (۲)، به ترتیب روش تیسن، کریجینگ، معکوس فاصله و اسپیلاین قرار گرفته‌اند. بر اساس معیار بیشینه مطلق خطا، روش کریجینگ بهتر از سایر روش‌ها دمای تابستان را برآورد کرده است. بر اساس معیار MBE نیز روش کریجینگ بهتر از سایر روش‌ها می‌باشد و می‌توان از آن برای درون‌یابی دما استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

در بررسی پژوهشی در رابطه با پژوهش حاضر مشخص شده است که برخی نتایج حاصل از این پژوهش هم‌راستا با پژوهش‌ها و مطالعات پیشین می‌باشد. از جمله اینکه دارابی و سعیدی طی پژوهشی که در سال ۱۳۹۸ به انجام رسانده‌اند مشخص کرده‌اند که برخی نواحی در شهرها دارای منظری شکننده بوده و دارای تنوع زیستی بسیار ضعیفی است؛ بنابراین گونه‌ای جدید انتخاب و بر اساس شاخص‌های بازگشت‌پذیری و سایر شاخص‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. این پژوهش نشان داده است که فضاهای سبز موجود در برابر تغییرات اقلیمی آسیب‌پذیر هستند. سیکل‌های ترکیبی مانند کمبود آب و تنش‌های شهری بر شدت این آسیب‌پذیری می‌افزاید. با بکارگیری اصول بنیادین مانند طراحی بازگشت‌پذیر می‌توان ضمن بهبود کیفیت این فضاهای، آن‌ها را بازگشت‌پذیر نمود. در پژوهش حاضر نیز مشخص شده است که در فرآیند طراحی فضای سبز استفاده از گونه‌های گیاهی سازگار، بکارگیری رنگ‌ها، اندازه‌ها و تنوع، در کاهش تغییرات دمایی سطح شهر مؤثر بوده است. با توجه به وجود روند افزایشی در عناصر دمایی شهر سبزوار، فضای سبز باید به گونه‌ای طراحی شوند که مبلمان و هرگونه سازه‌ای در فضای سبز شهر، حرارت را به‌ویژه حرارتی که توسط اشعه مستقیم خورشید تولید می‌شود را به خود کمتر جذب کنند. استفاده از پوشش سبز درختان با دیوارهای پرچین در فضای سبز از دیگر موارد کنترل دما در سطح شهر سبزوار می‌باشد. بر این اساس می‌توان به این نتیجه دست یافت که نتایج حاصل از پژوهش حاضر با پژوهش دارابی و سعیدی هم‌خوانی دارد.

تحقیقات دیگر نشان می‌دهند که با تغییر در میزان و درصد پوشش گیاهی و گستره برگ و تاج (به‌ویژه درختان)، تأثیر بر خرداقلیم متفاوت خواهد بود (Chatzidimitriou, 2015; Streiling & Matzarakis, 2019). هرچند در این بخش از

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

تحقیق سایر عوامل به‌جز پوشش گیاهی ثابت بودند اما گاهی به علل بیان شده در بالا، درجه حرارت در طی دوره‌های گرم سال به حدی بالا است که افزایش نسبی در پوشش گیاهی تأثیر چندانی بر آسایش دمایی نخواهد داشت.

مقالات و تحقیقات علمی مختلف نشان می‌دهد وجود فضای سبز و پوشش گیاهی نقش مهمی در بهبود خرداقلیم شهری مانند دما و رطوبت نسبی دارد اما میزان این تأثیر که تعیین‌کننده تغییر در میزان شاخص‌های آسایش دمایی مختلف و محدوده آسایش دمایی افراد است به مساحت پوشش گیاهی، نوع گونه‌ها که تعیین‌کننده سطح برگ آن‌ها است و همچنین نسبت این گونه‌های گیاهی در سطح مورد مطالعه وابسته است (Specht & Specht, 2013)؛ بنابراین ممکن است سطح فضای سبز و همچنین نوع و نسبت گونه‌های انتخاب شده به منظور کاهش دما و افزایش رطوبت تا حدی که بتواند منجر به بهبود آسایش دمایی افراد شود کافی نبوده است. در همین رابطه تحقیقی جامع در ژاپن وجود دارد که با مطالعه بر روی ۹۲ پارک گزارش کرد که کاهش محسوس درجه حرارت و بهبود دما در سطح شهرها با وجود پارک‌ها و فضاهای سبزی با بیش از ۲ هکتار دیده می‌شود (Cao et al, 2020). با این تفاسیر می‌توان گفت که نتایج پژوهش حاضر، یافته‌های مطالعات پیشین را مورد تأیید قرار داده است.

بدین‌صورت گفته می‌شود به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای در دهه‌های گذشته در جو زمین خروجی امواج حرارتی از زمین با موانع بیشتری روبرو شده است که افزایش دمای هوا را به دنبال داشته است. این افزایش به میزان ۳ تا ۶ درجه سانتی‌گراد در طول قرن گذشته بوده که در دهه‌های اخیر شتاب بیشتری پیدا کرده است، مطالعات صورت گرفته عناصر دمایی شهر سبزوار در مقیاس ماهانه حاکی از آن است که میانگین دمای این شهر در ماه‌های فروردین تا تیر و شهریور و مهر از روند افزایشی برخوردار بوده است. دمای حداقل (شبانه) نیز طی ماه‌های فروردین، اردیبهشت، تیر و مهر دارای روند افزایشی بوده است، ماه فروردین نیز با مقدار ۰/۱۸ روند دمای حداکثر را تأیید می‌کند، دما یکی از مهم‌ترین عناصر آب‌وهوایی است که باید در طراحی و احداث فضای سبز موردتوجه قرار گیرد، نوسانات دمایی در طی شبانه‌روز حائز اهمیت فراوان می‌باشند. در عناصر رطوبتی وضعیت کاملاً متفاوت با عناصر دمایی می‌باشد، در پارامتر بارش طی ماه‌های خرداد تا مهر روند کاهشی بارش و در سایر ماه‌ها عدم روند مشاهده شده است، کاهش رطوبت و وضعیت روند تغییرات دما نشان می‌دهند، اقلیم شهر سبزوار در حال تغییر به سمت خشک‌تر شدن و خشک‌سالی است می‌توان بیان نمود طی دوره آماری ماه‌های خشک افزایش یافته است که این افزایش به خاطر کاهش رطوبت نسبی و بارش می‌باشد؛ لذا در ادامه طراحی مناسب برای روند کاهش رطوبت و بارش در شهر بیان شده است. هرچند در آبیاری فضای سبز از سیستم‌های آبیاری مصنوعی و شهری استفاده می‌شود، اما رطوبت نسبی و بارش در طول سال می‌تواند در طراوت و سازگاری بیشتر فضای سبز شهری مؤثر باشد.

با توجه به روند افزایش دما در این شهر، رشد جمعیت و تراکم بالای ساختمانی در قسمت‌هایی از این شهر طراحی ساختمان‌های سبز در شهر سبزوار لازم است، افزایش فضای سبز در نقاطی از شهر که امکان افزایش فضای سبز در سطح زمین نمی‌باشد از طراحی سقف‌هایی با پوشش سبز استفاده شود. این نوع طراحی در کاهش دما بسیار مؤثر است و همچنین می‌تواند انتشار دی‌اکسید کربن را کاهش دهد. ذخیره دی‌اکسید کربن به وسیله این نوع اکوسیستم‌ها و کاهش دما هم می‌تواند تغییرات اقلیمی را در شهر کاهش دهد و هم می‌تواند طراحی سازگار برای فضای سبز شهر سبزوار باشد. همچنین زمانی که امکان کاشت مستقیم درخت در زمین نیست استفاده از گلدان‌های خیابانی پیشنهاد می‌شود. در طراحی کاشت درختان شهر سبزوار توجه به تغییر اقلیم شهر ضروری می‌باشد. از موارد مهم تغییر روند اقلیم شهر سبزوار، افزایش دما و کاهش رطوبت بوده که شهر را به منطقه گرم‌تر و خشک‌تر تبدیل می‌کند. طراحی کاشت درخت در این شهر باید به گونه‌ای باشد که دمای معتدلی برای شهر ایجاد کند. در شهر سبزوار یکی از توصیه‌ها، کاشت درختان و بوته‌ها دورتادور ساختمان‌های مسکونی، تجاری و اداری می‌باشد تا روی ساختمان‌ها سایه انداخته و موجب کاهش دما شود. البته در احداث ساختمان‌ها باید اقدامات لازم در طراحی و ساخت زیربناها انجام شود تا مکانی مناسب را جهت رشد درختان در نزدیکی ساختمان‌ها فراهم کند. از دیگر توصیه‌ها، کاشت درختان در پارکینگ‌های شهر می‌باشد که باعث کاهش فشار بخارآب موتور و ماشین می‌شود و در کل به کاهش دمای شهر کمک می‌کند. نتایج برخی پژوهش‌ها نشان می‌دهند که فشار بخارآب موتور ماشین

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

در پارکینگ‌های فاقد فضای سبز که هیچ‌گونه سایبانی وجود ندارد به‌شدت بالا می‌رود، همچنین طراحی مسیرها و کمربند سبز می‌تواند شهر سبزوار را در برابر تغییرات اقلیمی پایدارتر سازد به این دلیل که این نوع طراحی روشی برای کنترل گرما و هدایت هوای خنک به نواحی مختلف شهری می‌شود.

از عوامل تعیین‌کننده تغییرات اقلیم، تغییرات دما و بارش در سطح یک شهر می‌باشد که می‌تواند بر روی زندگی مردم مؤثر بوده و این اثرات روزبه‌روز توسط مردم بیشتر احساس می‌شود. در این پژوهش، این دو عنصر اقلیمی در شهر سبزوار موردبررسی قرار گرفت. نتایج حاصل شده حاکی از این است که در طی دوره آماری مورد مطالعه (که منطبق بر دوره تاریخی مدل‌های اقلیمی و داده‌های مشاهداتی شهر سبزوار می‌باشد) دمای این شهر از روند افزایشی و در مقابل بارش و به‌تبع آن رطوبت نسبی از روند کاهشی برخوردار می‌باشند. همچنین این بررسی نشان داده در دهه آینده (۲۰۲۱-۲۰۳۰) با شدت بیشتری ادامه خواهد یافت. با توجه به نتایج حاصل از بررسی داده‌های اقلیمی ایجاد فضای سبز متناسب با تغییر اقلیم، می‌تواند در جهت سازگاری شهر سبزوار با تغییر اقلیمی نقش مؤثری داشته باشد. استفاده از فضای سبز سازگار با اقلیم و تغییرات آن باعث کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌شود و اقلیمی مناسب‌تر برای انسان و فعالیت‌های آن فراهم می‌سازد. با توجه به عوامل و معیارهای مؤثر بر فضای سبز که با مطالعات و نظر متخصصین مختلف فضای سبز و اساتید اقلیم‌شناسی حاصل شد، ضریب سازگاری فضای سبز با اقلیم کنونی محاسبه و با توجه به داده‌های اقلیمی آینده، برای دهه آینده نیز این ضریب محاسبه شد (البته سایر شرایط یکسان با دوره حاضر در نظر گرفته شد و فقط داده‌های دما و بارش بر اساس داده‌های مدل‌های کلی گردش عمومی جو موردبررسی قرار گرفت. مدل ترکیبی وزنی حاصل از سه مدل منتخب در محاسبه ضریب سازگاری آینده لحاظ گردید). کاهش سازگاری فضای سبز با تغییرات دما و بارش در شهر سبزوار نشان از نیاز به مدیریت جدی‌تر در این زمینه دارد.

منابع

امیدوار، کمال. جوانشیری، نسرین. بابائیان، ایمان، (۱۳۹۲)، بررسی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ میلادی در جنوب استان کرمان با استفاده از ریزمقیاس نمایی مدل GCM، نخستین کنفرانس ملی آب‌وهوا شناسی، کرمان

ترکمان، مجتبی (۱۳۹۴)، بررسی اثر گرمایش و تغییر اقلیم بر ویژگی‌های زراعی و تولید سیب‌زمینی در ایران، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، گروه اکولوژی گیاهان زراعی. مشهد.

دارابی، حسن. سعیدی، ایمان (۱۳۹۸)، طراحی بازگشت‌پذیر فضاهای سبز شهری در راستای سازگاری با تغییر اقلیم (مطالعه موردی: بلوار بهشت بروجرد)، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۲۱(۹): صص ۲۱۹-۲۰۹.

زارعی، آذین. اسدی، اسماعیل. ابراهیمی، عطاله. جعفری، محمد. ملکیان، آرش (۱۳۹۶)، بررسی تغییرات بارش و دما تحت سناریوهای اقلیمی در مراتع استان چهارمحال و بختیاری، نشریه علمی پژوهشی مرتع، ۱۲(۴): ۴۳۶-۴۲۶

سبزی پرور، علی‌اکبر، ولاشدی، رضا نوروز (۱۳۹۴)، اثر تغییر اقلیم بر روند تأمین نیاز سرمایی گیاهان خزان‌دار (مطالعه موردی: استان همدان)، نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۹(۳): ۳۶۷- ۳۵۸.

سعیدنیا، احمد (۱۳۹۶)، فضاهای سبز شهری، چاپ ششم، تهران: انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، جلد نهم: ص ۲۷ و ۸ و ۲۴-۴۲.

سلمانی، رویا (۱۳۹۷)، استفاده از گیاهان بومی در طراحی منظر، دوماهنامه علمی- تخصصی طراحان منظر دانشگاه محقق اردبیلی، ۲(۲): ۳۱-۱۹

سیاری، نسرین. علیزاده، امین. بنایان اول، محمد. فرید حسینی، علیرضا (۱۳۹۰)، مقایسه دو مدل گردش عمومی جو (CGCM2HadCM3) در پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی و نیاز آبی گیاهان تحت تغییر اقلیمی مطالعه موردی: حوضه کشف رود، نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۴): ۹۲۵-۹۱۲

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]

صالحی، حمید (۱۳۹۵)، برنامه‌ریزی شهری جغتای و راهبردهای توسعه، انتشارات خمسه النجباء (علیهم‌السلام)، چاپ اول.
عطاری، ساناز (۱۳۹۷)، اهمیت فضای سبز در کنترل و کاهش آلودگی هوای شهری، دوماهنامه علمی- تخصصی طراحان منظر دانشگاه محقق اردبیلی، ۲(۲): ۷۸-۵۳.
علمی، سعید (۱۳۹۷)، روش‌ها و مراحل پاسخ به تغییر اقلیم، هفتمین همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، تهران، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری – انجمن سیستم‌های سطوح آبگیر باران: ۹۸۷ – ۹۷۸.
کردوانی، پرویز (۱۳۹۰) منابع و مسائل آب در ایران، آب‌های سطحی و زیرزمینی و مسائل بهره‌برداری از آن‌ها. دانشگاه تهران، ۱(۱۰): ۷۵-۷۸.
مزیدی، احمد. نارنگی‌فرد، مهدی (۱۳۹۰)، تأثیر توسعه شهری و تغییرات کاربری بر عناصر آب‌وهوایی شهر شیراز و فسا، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۶(۴۰): ۱۵۴-۱۳۱.

Abdoli, M., (2001). The general attitude on global warming and its impact on the national scale, the National Energy Conference. Tehran, Islamic Republic of Iran National Energy Committee, Department of Power and Energy Ministry of Energy, 638-646. (In Persian)
Cao X., Onishi A., Chen J. and Imura H. (2020), Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. Landscape & Urban Planning, 96(4): 224-31.
Chadwick, R., Boutle, I., and Martin, G. (2013), Spatial patterns of precipitation change in CMIP5: Why the rich do not get richer in the tropics. J. Clim. 26(11), 3803-3822.
Chatzidimitriou A., Chrissomallidou N. and Yannas S. (2015), Microclimate modifications of an urban street in northern Greece. Proceedings of the PLEA-Passive and Low Energy Architecture. PLEA International, Beirut, Lebanon: 689–694.
Environmental Protection Agency (EPA), http://www.epa.gov/climatechange, (assessed: 2012)
Houghton J.T., Meira Filho L.G., Callander B.A., Harris N., Kattenberg A. and Maskell K. (2014), Climate Change 1995. The Science of Climate Change, Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, England: Cambridge University Press.
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S, Qin D, Manning, M, Chen, Z, Marquis, M, Averyt, K B, Tignor, M, Miller H.L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
Miao, C.Y., Duan, Q.Y., Sun, Q.H., and Li, J.D. (2013). Evaluation and application of Bayesia multi-model estimation in temperature simulations. J. Prog Phys. Geog. 37: 727-744.
Potchter, o. Cohen, p. (2014). The impact of an urban park on air pollution and noise levels in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel, Environmental Pollution, 195: 73-83.
Shahabul Alam, M. & A. Elshorbagy., (2015). Quantification of the climate change-induced variations in Intensity-Duration-Frequency curves in the Canadian Prairies. Journal of Hydrology, 527: 990-1005.
Specht R.L. and Specht, A. (2013), Australian plant communities: dynamics of structure, growth and biodiversity, Oxford University Press, South Melbourne.
Streiling S. and Matzarakis A. (2019), Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study. Journal Arboriculture, 29(6): 309–316.
Yang Manlun, (2003), Suitability Analysis of Urban Green Space System Based on GIS, Internation al Institute for Geoinformation Science and Earth Observation Enschede, the Netherlands.110:149

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2025-09-07]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.4]