

# Site Selection of Potential Zones for Wind-Catchers in Hot and Dry Areas of IRAN to Naturally Ventilate the Building

## ARTICLE INFO

### Article Type

Original Research

### Authors

Yahyaei M.<sup>1</sup> Msc,  
Mofidi Shemirani SM.\*<sup>2</sup> PhD,  
Ahmadi V.<sup>1</sup> PhD

### How to cite this article

Yahyaei M, Mofidi Shemirani SM, Ahmadi V. Site Selection of Potential Zones for Wind-Catchers in Hot and Dry Areas of IRAN To Naturally Ventilate the Building. Geographical Researches. 2021;36(2):99-113.

## ABSTRACT

**Aims** The purpose of this study was to locate wind-catcher sites in regions with hot and arid climates in the country (Semnan province).

**Methodology** The current study is empirical in terms of purpose. First, the initial list of indicators affecting the location of the wind-catchers was prepared by reviewing the fundamental theories was approved by the Delphi method. Then, a combined model was used to find the potential areas for wind-catchers establishment. This model includes the Hierarchical Analysis Process (AHP) technique and the Geographic Information System (GIS). The tools used for this purpose were ArcGIS software, version 9.3, and Expert Choice software, version 2004. The pair comparison method was used to weigh the indicators and zones.

**Findings** Six indicators of sunny hours, wind, altitude, temperature, relative humidity, and precipitation were identified to locate the win-catchers. The relative humidity index with a weight of 0.38 had the highest score and the height index with a weight of 0.154 had the lowest score. The layer for each indicator was prepared and drawn for the eight cities of the province. Eventually, according to the scores estimated by the pairwise comparison of the indicators and the studied areas, the priorities of the cities of Semnan province in terms of the wind-catchers establishment are as follows: Semnan, Garmsar, Aradan, Sorkheh, Damghan, Shahroud, Miami and Mehdishahr.

**Conclusion** The optimal locating of wind-catchers requires a combination of several indicators that was possible using the hierarchical analysis method combined with GIS. The final model is practical and generalizable to similar climates.

**Keywords** Site Locating; Wind-catcher; Geographic Information System; Hierarchical Analysis Method; Hot and Dry Climate; Semnan Province

## CITATION LINKS

<sup>1</sup>Department of Architecture, Faculty of Arts and Architecture, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

<sup>2</sup>Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urbanism, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran

### \*Correspondence

Address: Faculty of Architecture and Urbanism, University of Science & Technology, Farjam Street, Resalat Avenue, Tehran, Iran. Postal Code: 1477893855.

Phone: +98 (21)73228229

Fax: +98 (21)73228229

S\_m\_mofidi@iust.ac.ir

### Article History

Received: September 04, 2020

Accepted: October 20, 2020

ePublished: June 16, 2021

[Ahmadi M, et al; 2014] Municipal solid waste landfill site ...; [Alesheikh AA, et al; 2008] Land assessment for flood spreading site ...; [Arab M, Farokhzad M; 2020] Road residence location in Semnan province ...; Bertolini M, et al; 2006] Application of the AHP methodology ...; [Beskese A, et al; 2015] Landfill site selection using fuzzy AHP ...; [Chou YC, et al; 2019] Assessing the human resource in science ...; [Fatemi Sh, Taki D; 2015] The role of architecture in optimizing ...; [Healey M, Ilbery B; 1990] Location and change: Perspective ...; [Hekmatnia H, Ansari Zh; 2012] Planning of housing in Meybod with ...; [Heydari N, et al; 2017] Site selection of urban meteorological ...; [Kamyabi S, et al; 2013] Site selection of the shelter ...; [Khajoo M, et al; 2019] Evaluating and Analyzing the Spatial ...; [Khorsandi H, et al; 2019] Landfill site selection via integrating ...; [Mahdavinejad MJ, Javanroodi K; 2012] Comparative Evaluation of Airflow ...; [Mahmoodi Zarandi M; 2016] An analysis on the orientation ...; [Mohammadi Sangli Kh, Gharashi S; 2016] Sustainable urban development; global ...; [Moharamnejad N, et al; 2013] Ecological capability evaluation ...; [Mokhtari M, et al; 2015] Application of AHP and TOPSIS ...; [Morahemi Sh, et al; 2017] Typology of loft badgirs ...; [Vaidya O, Kumar S; 2006] Analytic hierarchy process ...; [Poorahmadi M, Ayatalahi MH; 2011] Refunctioning solutions for ...; [Rathore S, et al; 2016] Use of the suitability model ...; [Roohi S; 2014] The use of wind energy in ...; [SCI; 2019] Statistical center of ...; [Şener Ş, et al; 2011] Solid waste disposal site selection ...; [Shafei Sabet N, et al; 2019] Assessment of rural management ...; [Shi Y, Liu X; 2019] Research on the literature ...; [Valipoor M, et al; 2014] Location of Boroujerd gas ...; [Valian T, et al; 2020] Sustainable Development Patterns ...; [Valizadeh R; 2007] Location of high school educational ...; [Zandieh M, Parvardinejad S; 2010] Sustainable development and its ...; [Ziabakhsh N, et al; 2011] Comparative study of sustainability ...; [Ziari Y, Khodadadi R; 2013] Investigating and locating postal ...

## مکان‌یابی پهنه‌های بالقوه جهت استقرار بادگیر در مناطق گرم و خشک کشور به منظور تهویه طبیعی ساختمان

### مهدی پیحیانی Msc

گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

### سید مجید مفیدی شمیرانی PhD

گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

### وحید احمدی PhD

گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

### چکیده

**اهداف:** هدف این پژوهش مکان‌یابی استقرار بادگیر در اقلیم گرم و خشک کشور (استان سمنان) است.

**روشنی‌نامه:** این تحقیق به لحاظ هدف، از نوع کاربردی است. در ابتدا با بررسی مبانی نظری، فهرست اولیه شاخص‌های موثر بر مکان‌یابی بادگیر تهیه و توسط فن دلفی بازنگری و تایید شد. در ادامه نیز به منظور یافتن مناطق مستعد جهت استقرار بادگیر، از مدل ترکیبی استفاده شد. این مدل در برگیرنده تکنیک فرآیند تحلیل سلسه مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. ابزار مورد استفاده شامل نرم‌افزار ArcGIS, version 9.3 و نرم‌افزار Expert Choice, version 2004 بودند. از روش مقایسه زوجی برای وزن‌بندی شاخص‌ها و پهنه‌ها استفاده شد.

**یافته‌ها:** شش شاخص ساعت آفتابی، باد، ارتفاع، درجه حرارت، رطوبت نسبی و بارندگی برای مکان‌یابی بادگیر شناسایی شد. شاخص رطوبت نسبی با وزن ۰/۳۸ بالاترین و شاخص ارتفاع با وزن ۰/۱۵۴٪ کمترین امتیاز شاخص‌ها را کسب کردند. لایه مربوط به هر شاخص برای شهرستان‌های هشتگانه استان تهیه و ترسیم شد. در نهایت: براساس امتیازات کسب شده از مقایسه زوجی شاخص‌ها و نیز مناطق مورد مطالعه، اولویت‌بندی شهرستان‌های استان سمنان به لحاظ استقرار بادگیر بدین ترتیب است: سمنان، گرمسار، آزادان، سرخه، دامغان، شاهروود، میامی و مهدی شهر.

**نتیجه‌گیری:** مکان‌یابی بهینه بادگیر مستلزم تلفیق شاخص‌های متعدد است که استفاده از روش تجزیه و تحلیل سلسه مراتبی توانم با سیستم اطلاعات جغرافیایی، این امکان را فراهم می‌آورد. الگوی نهایی، کاربردی و قابل تعمیم به اقلیمهای مشابه است.

**کلیدواژه‌ها:** مکان‌یابی، بادگیر، سیستم اطلاعات جغرافیایی، روش تجزیه و تحلیل سلسه مراتبی، اقلیم گرم و خشک، استان سمنان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۹

\*نویسنده مسئول: S\_m\_mofidi@iust.ac.ir

### مقدمه

امروزه پیامدهای منفی و محدودیت‌های کاربرد سوخت‌های فسیلی و بالارفتمن مصرف انرژی، تمایل به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را افزایش داده است. با توجه به آنکه صنعت ساختمان با مصرف

۴۰٪ از انرژی جهانی نقش بزرگی در ایجاد چالش‌های محیط زیستی به ویژه گرمایش زمین دارد [Morahemi et al., 2017]، بشر به دنبال راهکارهایی جهت کاهش مصرف منابع تجدیدناپذیر، توسعه کاربرد انرژی‌های پاک، حذف یا کاهش مصرف آلینده‌ها یا مواد آسیب‌رسان بر طبیعت در صنعت ساختمان‌سازی است. به طورکلی مسائل محیط زیستی، تغییرات آب و هوایی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و فزونی گازهای گلخانه‌ای از یک‌سو و گرانی این سوخت‌ها از سوی دیگر، زمینه‌های تحول در استفاده وسیع از انرژی‌های تجدیدپذیر را فراهم نموده است [Fatemi & Taki, 2015]. این در حالی است که سال‌ها پیش ساکنین این مزر و بوم با مهارتی ویژه از پتانسیل‌های موجود در زمین بهره جسته و با اجرای فنون و قواعد خاص در زمینه استفاده بهینه از انرژی‌ها و منابع طبیعی به‌خصوص خورشید و باد و هماهنگی با اقلیم، از آن استفاده کرده‌اند [Zandieh & Parvardinejad, 2010]. بنابراین؛ بهره‌گیری از الگوهای ارزشمند معماری ایرانی بسیار حائز اهمیت و راهگشا است. معماری بومی ایران چه در بناهای مسکونی، چه غیرمسکونی و حتی در سطح وسیع‌تر که شهر است، دارای ویژگی‌های منحصر به‌فردی است که علاوه بر مسائل زیبایی-شناختی و فرهنگی، در راستای رویکردهای محیط زیستی معماری پایدار نیز گام‌های موثری برداشته است. مطالعه و بررسی عناصر و ویژگی‌های معماری بومی ایران نشان می‌دهد این معماری به بهترین نحو به چالش‌های اقلیمی پاسخ داده و نیازهای ساکنین را با استفاده از روش‌های طبیعی و ارزان‌قیمت مرتفع ساخته است. به طورکلی عوامل گوناگونی از جمله تپوگرافی، ویژگی‌های اقلیمی، قابلیت‌های اقتصادی، معیشت و منابع آب در ایران موجب پدیدار شدن بافت‌های کالبدی متفاوت شده است. این موقعیت جغرافیایی و اقلیمی خاص همراه با هوشمندی گذشتگان این سرزمین در بهره‌گیری از انرژی‌های طبیعی مانند باد و خورشید چه در مناطق گرم و خشک و چه در مناطق مرطوب کشور موجب شد تا این معماری بی‌نظیر پدید آید [Ziabakhsh et al., 2011]. در واقع معماری سنتی ایران دارای پشتونهای قوی و پریار از جنبه‌های گوناگون پایداری، هنر و فرهنگ ایرانی است و خود سهم و ارزش ویژه‌ای را از این هنر و فرهنگ نمایش می‌دهد [Mahdavinejad & Javanroodi, 2012]. از آنجا که سیستم‌های خنک‌کننده و گرم‌کننده، حدود ۶۰ درصد انرژی را در یک ساختمان مصرف می‌کنند، استفاده از سیستم‌های غیرفعال همانند بادگیرها می‌توانند جایگزین‌هایی سنتی ولیکن مفید برای کاهش مصرف انرژی باشند. بادگیر جزئی از کالبد ساختمان‌های مناطق گرم و خشک است که

[Ilbery, 1990] در سالیان اخیر، از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان ابزاری مناسب برای مکان‌یابی استفاده می‌شود. در واقع، این سیستم مبتنی بر داده‌های دیجیتال است که به منظور مدیریت داده‌های متنوع از منابع متفاوت طراحی شده است [Alesheikh *et al.*, 2008]. امروزه قابلیت‌های فراوان سیستم‌های اطلاعات مکانی در مدیریت و تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی منجر به ارائه محیط بسیار کارآمدی برای اجرای مراحل مختلف تحلیل‌هایی از قبیل مکان‌یابی شده است. از سوی دیگر اهمیت مکان‌یابی به عنوان مرحله‌ای تعیین کننده بخش اعظمی از هزینه‌های احداث و سایر برنامه‌ریزی‌های اقتصادی پژوهش‌ها، آن را مورد توجه مدیران و تصمیم‌گیرندگان نیز قرار داده است که نتیجه بکارگیری روش‌های مختلف تصمیم‌گیری برای مکان‌یابی است [Kamyabi *et al.*, 2013].

### بادگیر

شاید بتوان مشهورترین شاخصه بناهای اقلیم گرم و خشک را استفاده آنها از بادگیر دانست. بادگیر به معانی دریچه و روزنی است [Morahemi *et al.*, 2017]. بادگیر همان‌گونه که از نام آن پیداست، جزئی از کالبد ساختمان‌های مناطق گرم و خشک بشمار می‌رود که با هدایت جریان باد و بهره‌گیری از انرژی پاک در طبیعت، در تعدیل دما و رسانیدن دمای فضای سکونتی به دمای در حد آسایش انسان، نقش مؤثری داشته است. بادگیر سیستم تنفسی شهر و از مصادیق بارز انرژی پاک محسوب می‌شود. از آنجا که وزش انواع بادهای فصلی و روزانه یکی از ویژگی‌های اصلی اقلیمی مناطق گرم و خشک ایران به شمار می‌آید، بادگیرهای این مناطق نیز در جهت بادهای مطبوع و پرسرعت ساخته می‌شوند. عملکرد بادگیر بین‌گونه است که باد مطلوب را گرفته و آن را به داخل اتاق‌های اصلی ساختمان هدایت می‌کند و یا باد خنک حیاط را به داخل فضاهای اصلی می‌کشاند [Poorahmadi & Ayatalahi, 2011].

عملکرد اساسی بادگیر در دو بخش خلاصه می‌شود: نخست آنکه هوای دلپذیر و مطبوع را به داخل هدایت کرده و دوم آنکه، هوای گرم و آلوده را خارج می‌کند. وجود بادگیر با آب و هوای هر منطقه، رابطه مستقیم داشته است؛ در مناطقی که شدت هوای گرم بیشتر باشد، تعداد بادگیرها نیز بیشتر خواهد بود & [Mahdavinejad *et al.*, 2011]. برخی محققان، بادگیرها را به «شنهای یک شهر کویری» تشبیه کرده است. در معماری سنتی ایران، بارزترین روش مدیریت جریان و دمای هوا در ساختمان‌ها، بادگیرها هستند که بر بام خانه‌ها یا آب انبارها بنا شده‌اند». مهم‌ترین نکته

در تعدیل دما و رسانیدن دمای فضای سکونتی به دمای در حد آسایش انسان از طریق هدایت جریان باد و بهره‌گیری از انرژی پاک در طبیعت، نقش موثری داشته است. در واقع استفاده از بادگیر در شرایط اقلیمی گرم و خشک یکی از شاهکارهای مهندسی ایرانیان است، ولی با گذشت زمان، قابلیت‌های این عنصر نیز کم کم رو به فراموشی نهاده و تنها به عنوان یک عنصر تزیینی به آن نگریسته می‌شود [Poorahmadi & Ayatalahi, 2011].

در این راستا، هدف این پژوهش، یافتن بهترین مکان برای استقرار بادگیر در مناطق گرم و خشک کشور (استان سمنان به عنوان منطقه مطالعاتی) در جهت استفاده مطلوب و بهینه از آن، با توجه به ویژگی‌های بادگیرهای موجود و پارامترهای موثر بوده است.

### مکان‌یابی

مکان‌یابی از جمله تحلیل‌های مکانی است که تاثیر فراوانی در کاهش هزینه‌های ایجاد و راهاندازی فعالیت‌های مختلف دارد. به همین دلیل یکی از مراحل مهم و اثربدار پژوهش‌های اجرایی به شمار می‌رود. بهطور کلی مکان‌یابی فعالیتی است که قابلیت و توانهای یک منطقه را از لحاظ وجود زمین مناسب و کافی و ارتباط آن با با سایر کاربری‌ها و تسهیلات برای انتخاب مکان مناسب برای کاربری [Arab & Farokhzad, 2020]. برخی نیز واژه مکان‌گزینی را بکار برد و آن را سلسله عملیات، اقدامات و تمهیداتی می‌دانند که در زمینه اطمینان از حصول شرایط و فراهم آمدن امکان اجرای یک فعالیت می‌دانند به طوری‌که آن را از جهات گوناگون مورد ارزیابی قرار داده و در صورت دستیابی به هدف، نسبت به اجرای عملیات در مکان انتخاب شده اقدام می‌نمایند [Valipoor *et al.*, 2014]. برخی از کارشناسان، مکان‌یابی را فرآیندی معرفی می‌کنند که به ارزیابی یک محیط فیزیکی که تامین کننده شرایط و پشتیبانی از فعالیت‌های انسانی است، می‌پردازد [Valizadeh, 2007]. از سوی دیگر، مکان‌یابی را تجزیه و تحلیل توامان اطلاعات فضایی و داده‌های توصیفی به منظور یافتن یک یا چند موقعیت فضایی با ویژگی‌های توصیفی نیز مورد نظر می‌دانند [Heydari *et al.*, 2017]. در واقع، مکان‌یابی، فرآیند تصمیم‌گیری با دوره طولانی است زیرا تعداد زیادی از شاخص‌های موجود باید آزمایش شده و نتیجه تصمیمات ممکن ارزیابی گردد [Moharamnejad *et al.*, 2013]. مکان‌یابی مناسب زمانی صورت می‌پذیرد که یک ارزیابی دقیق، همگون و سریع از جذابیت مکان‌های مختلف برای یک کاربری خاص وجود داشته باشد. هدف اصلی از فرآیند مکان‌یابی، یافتن محل بهینه‌ای است که تا حد امکان از معیارهای لازم برخوردار باشد & [Healey,

[Roohi, 2014]. بادگیرهای عملکردی بیشتر در خانه‌های معمولی در شهر یزد و شهرهای اطراف آن مانند اردکان و میبد وجود دارند که این بادگیرها دارای یک جهت و شکل خاص خود هستند. بادگیرهای عملکردی-نمادین نیز در شهر یزد و شهرهای اطراف آن دیده شده که علاوه بر عملکرد خاص خود، نمایانگر مهم بودن صاحب خانه بوده‌اند. در این موارد، ابعاد بادگیر از یک اتفاق سه دری نیز بیشتر شده است. گروهی نیز دسته‌بندی زیر را برای بادگیرها ارائه دادند: ۱- بادگیرهای یک طرفه، ۲- بادگیرهای دو طرفه، ۳- بادگیرهای سه طرفه، ۴- بادگیرهای چهار طرفه، ۵- بادگیرهای چند طرفه (شیش وجهی، هشت وجهی، دایره‌ای) و ۶- بادکش‌های گنبدی [Mahmoodi Zarandi, 2016]. بادگیر از اجزا مختلفی تشکیل شده است که برخی از آنها جنبه زیبایی‌شناسانه دارد و برخی به شدت در عملکرد بادگیر نقش دارند. شناخت این اجزا به فهم بهتر ساختار بادگیر کمک شایان توجهی خواهد نمود. این اجزاء شامل موارد زیر است: ۱- دهانه یا هواکش، ۲- سقف، ۳- ستون یا ساقه، ۴- قفسه، ۵- تیغه‌ها (تیغه اصلی و فرعی)، ۶- منفذ باز و بسته [Mahdavinejad & Javanroodi, 2012]. بادگیر جزئی از کالبد معمارانه خانه‌های ایرانی محسوب می‌شود که کارکردی در جهت بهبود آسایش حرارتی بر آن متربt است. بادگیر جهت سرمایش و تهویه اتاق‌های تابستان‌نشین در طبقه همکف و یا زیرزمین بکار می‌رود. به عبارت دیگر شاید بتوان بادگیر را سازه‌ای سنتی جهت خنک‌سازی ایستا و خودبخودی داخل ساختمان تعریف کرد. در واقع بادگیر به دو روش در ایجاد سرمایش طبیعی اثرگذار است: جابجایی هوا و خنک‌سازی تبخیری [Mahmoodi Zarandi, 2016].

در استان سمنان به علت دارا بودن اقلیم گرم و خشک، در گذشته، معماری هماهنگ با اقلیم بوجود آمده است. در چنین فضاهای ساخته شده‌ای، بکارگیری مصالح یومی که حداقل تأثیر نامطلوب را بر محیط دارند و همچنین کاهش میزان انرژی مصرفی با استفاده از مصالح محلی، موجب پایداری محیط زیست و افزایش دوام بنها می‌شده است [Ziari & Khodadadi, 2013]. به طورکلی معماری مسکن در سمنان به شکلی بوده تا از انرژی قابل تجدید همچون جریان هوا و نور خورشید به شکل کاملاً مناسب و بهینه‌ای استفاده شود که این امر موجب کاهش استفاده از انرژی‌های فسیلی شده و بدین طریق پایداری محیط را تضمین کرده است. در استان سمنان نیز مانند سایر مناطق گرم و خشک ایران، بادگیر به عنوان یک عنصر اقلیمی معماری در بنها مورد استفاده بوده است. انواع

در مورد بادگیر را عدم نیاز به انرژی برای فعالیت می‌دانند [Roohi, 2014]. بدین معنی که بادگیرها بر اساس قوانین تهویه طبیعی، با استفاده از نیروی باد و پدیده دودکشی کار می‌کنند. در اقلیم گرم و خشک برای بیرون راندن هوای گرم؛ در اقلیم گرم و مرتبط برای خارج کردن رطوبت؛ در مناطق معتدل و سرد برای دفع آلودگی از جمله مواردی است که این شیوه غیرفعال را فراگیر می‌کند [Mohammadi Sangli & Gharashi, 2016].

بادگیرهای معمولی غالباً در پشت بام قرار دارند. تهویه طبیعی برای آنکه تعادل فشار برقرار گردد براساس حرکت هوا و جریان آن در داخل ساختمان ایجاد می‌گردد [Mahdavinejad, 2012]. Javanroodi, 2012]، بادگیرها نوعاً به تالار، حوض خانه، کلاهه‌زنگی و زیرزمین مربوط می‌شوند و شرایطی بوجود می‌آورند تا جریان هوا در داخل ساختمان برقرار شود و تماس با عناصر رطوبت‌زا مانند حوض، باغچه و درختان، کمبود رطوبت را جبران نموده و محیطی مطبوع در ایام تابستان برای ساکنین فراهم می‌آورد [Ziabakhsh et al., 2011]. بادگیر از زمان‌های گذشته در نقاط مختلف ساخته می‌شد و ساختار و طراحی آن از جایی به جای دیگر تفاوت داشته و از تنوع بی‌شماری برخوردار بوده است. نکته مهم آن است که با وجود ساختارهای متفاوت، همگی عملکردی واحد دارند؛ بدین معنی که همه آنها بادهای غالب و مطلوب را به داخل فضاهای سکونتی انتقال می‌دهند. همچون کشور ایران، در کشورهایی مانند مصر، پاکستان، افغانستان، امارات متحده عربی و عراق نیز بادگیر وجود داشته است. در مناطق مدیترانه‌ای مانند سوریه، لبنان، فلسطین و ترکیه، تعداد اندکی بادگیر در ساختمان‌ها دیده شده است. بادگیرها در مصر با نام مکلف و در پاکستان به نام بادخور شناخته می‌شوند [Mahmoodi Zarandi, 2016]. بررسی بادگیرهای موجود در نقاط مختلف ایران نشان می‌دهد که تفاوت‌های ساختاری آنها از نیاز اقلیمی و تکامل معماری سرچشمه گرفته است. بر مبنای نام‌های محلی و نامگذاری‌های معماران قدیمی، بادگیرها را به سه دسته تقسیم می‌نمایند که عبارت‌اند از بادگیر اردکانی، بادگیر کرمانی و بادگیر یزدی. ساختار بادگیر اردکانی از لحاظ معماری ساده و از لحاظ اقتصادی مقرر به صرفه است. بادگیر کرمانی نیز از نظر معماری ساده و تقریباً کوچک هستند و از آنجا که دو طرفه می‌باشند به آنها بادگیر دوقلو نیز می‌گویند. بادگیر یزدی که از سایر انواع بادگیرها بزرگ‌تر است، معمولاً بصورت چهارطرفه ساخته شده و ارتفاع آن زیاد است؛ از نظر معماری از سایر بادگیرها پیچیده‌تر و زیباتر است. برخی محققان نیز، با توجه به جنبه کارکردی بادگیرها، آنها را به دو دسته کلی تقسیم‌بندی کرده‌اند:

آب‌وهوای این استان مؤثر می‌باشد. در این استان سه نوع آب و هوا را می‌توان مشخص کرد: آب‌وهوای نسبتاً سرد و خشک در زمستان و معتدل در تابستان (بخش شمالی استان)، آب‌وهوای کویری و نسبتاً گرم و خشک در تابستان و سرد و خشک در زمستان (بخش جنوبی استان) و آب‌وهوای نسبتاً سرد و مرطوب در زمستان و معتدل و مرطوب در تابستان (شمال شرقی استان). شهرود، سرددترین شهر و سمنان، گرم‌ترین شهر استان است [Shafei *et al.*, 2019].

میانگین حداکثر درجه حرارت در گرم‌ترین ماهها، ۲۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداکثر درجه حرارت در سرددترین ماهها، ۱۱-۱۲ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در استان سمنان، نزولات جوی بسیار کم و غالباً به صورت باران و در فصول سرد سال می‌بارد که میزان آن به طور متوسط به ۱۴۵ میلی‌متر در سال می‌رسد. با توجه به این که میزان رطوبت نسبی با بارندگی نسبت مستقیم دارد، لذا میزان رطوبت از غرب به شرق استان و از جنوب به شمال افزایش می‌یابد. طوری که درصد رطوبت نسبی در شهرود ۴۹ و در گرمسار ۴۰٪ است. شهرود در میان شهرستان‌های استان با ۱۶۱/۱ میلی‌متر بارش سالانه بیشترین و دامغان با ۱۲۰/۲ میلی‌متر کمترین میزان بارندگی را دارند. همچنین متوسط تعداد روزهای یخ‌بندان در طول سال در حدود ۴ روز است [Khajoo *et al.*, 2019].

ساختمان‌های بادگیردار در سمنان شامل آب انبارها، دارالحکومه قدیم سمنان و بنای مسکونی است [Hekmatnia & Ansari, 2012].

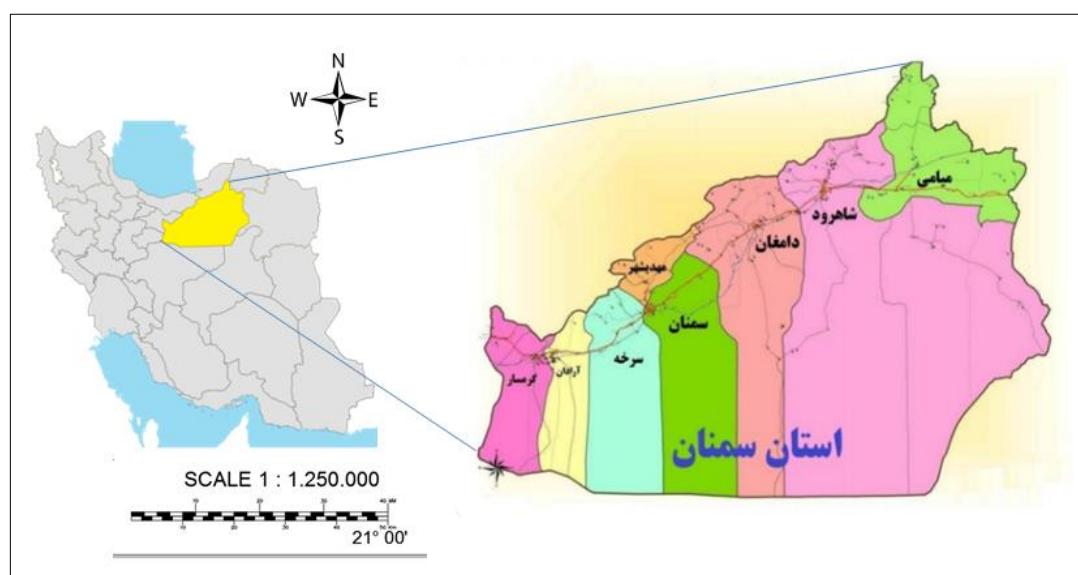
## روش‌شناسی

### محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی در این تحقیق، استان سمنان است. این استان بر اساس آخرین تقسیمات کشوری با داشتن ۸ شهرستان (آزادان، دامغان، سمنان، شهرود، گرمسار، سرخه، مهدی‌شهر و میامی)، دارای مساحتی معادل ۹۷۴۹۱ کیلومترمربع است که بین ۵۱ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدأ و ۳۴ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی از خط استوا قرار گرفته است. این استان از شمال به استان‌های خراسان شمالی، گلستان و مازندران، از جنوب به استان‌های یزد و اصفهان، از شرق به استان خراسان رضوی و از غرب به استان‌های تهران و قم محدود است و مرکز آن شهر سمنان است [SCI, 2019].

شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعاتی را به روی نقشه ایران نشان می‌دهد. آب‌وهوای استان سمنان، به طور کلی تحت تأثیر جریان‌های هوایی گرم و خشک دشت کویر قرار دارد، ولیکن عواملی همانند دوری از دریا، جهت و امتداد کوه‌ها، ارتفاع مکان و وزش

بادها نیز در



شکل ۱) موقعیت استان سمنان و شهرستان‌های هشتگانه آن به روی نقشه کشور

و داده‌های مورد نیاز در خصوص معماری سمنان و به‌ویژه بادگیرهای سمنان بدست آمد. سپس، از طریق بررسی مبانی نظری و پیشینه تحقیق، نسبت به استخراج و تدوین شاخص‌های موثر بر مکان‌یابی بهینه بادگیر در اقلیم گرم و خشک اقدام گردید. از آنجا

## روش تحقیق

پژوهش مورد نظر به لحاظ خروجی، از نوع کاربردی و بازه زمانی تحقیق، ۱۳۹۶-۹۸ بوده است. در ابتدا، با برداشت میدانی، اطلاعات

شدن و لایه‌های اطلاعاتی جدید تشکیل شد. یکی از مهم‌ترین قابلیت‌های این سیستم که آن را به عنوان یک سیستم وزیره و انحصاری مجزا می‌کند، امکان تلفیق داده‌ها جهت مدل‌سازی، مکان-لایه و تعیین تناسب اراضی از طریق ارزش‌گذاری پنهان سرزمین است [Sener *et al.*, 2011]. در این سیستم، توانایی تلفیق داده‌های به دست آمده از دو منبع و همپوشانی نقشه‌ها بر روی یکدیگر، یکی از عملکرددهای مهم آن به شمار می‌رود که تشکیل لایه جدید را امکان‌پذیر می‌سازد [Mokhtari *et al.*, 2015]. در مرحله بعد با وزن دهنی به معیارهای تعیین کننده، از طریق تکنیک فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی گزینه‌های نهایی به دست آمدند. برای سنجش شایستگی نسبی هر یک از گزینه‌ها، معمولاً از معیارها و اولویت دادن به سنجه‌ها استفاده می‌شود [Shi & Liu, 2019]. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد [Bertolini & Braglia, 2006]. نتایج مطالعات متعدد نشان می‌دهد که روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با توجه به سادگی، انعطاف‌پذیری، بکارگیری شاخص‌های کیفی و کمی به طور همزمان و نیز قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای کاربرد مطلوبی داشته باشد، [Vaidya & Kumar, 2006; Chou *et al.*, 2014]. تبدیل موضوع یا مساله مورد بررسی به ساختار سلسله مراتبی، مهم‌ترین قسمت تحلیل سلسله مراتبی محسوب می‌شود [Khorsandi *et al.*, 2019]. در این روش، هر شاخص دارای وزن خاصی است که باید توسط کاربر به کار گرفته شود. همچنین می‌توان هر شاخص را به چند جز کوچک‌تر (زیرمعیار) تقسیم کرده و آنها را با یکدیگر مقایسه و وزن دهنی کرد، [Ahmadi *et al.*, 2014].

جدول (۱) مقایسه<sup>۹</sup> کمیت روش سلسله مراتبی برای مقایسه دودویی [Beskese *et al.*, 2015]

تعريف	امتیاز (شدت اهمیت)
با اهمیت و ارجحیت مساوی	۱
با اهمیت و ارجحیت اندکی بیشتر	۳
با ارجحیت و اهمیت قوی	۵
با ارجحیت خیلی قوی	۷
با ارجحیت بی‌نهایت	۹
ارزش میانی	۲،۴،۶،۸

برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها چندین روش وجود دارد که معمول‌ترین آنها مقایسه دودویی است. در این

که تاکنون روش شناخته شده و استانداردی برای مکان‌یابی بهینه بادگیر در کشور ثبت نشده است و با توجه به متغیر بودن معیارها و شاخص‌های موثر در این امر، لازم بود تا ابتدا نسبت به تدوین معیارهای اساسی اقدام شود. سپس، فهرست اولیه شاخص‌ها از طریق تکنیک دلفی (آرای خبرگان به شکل رفت و برگشتی) مورد بررسی و تایید قرار گرفت. منظور از خبرگان در این تحقیق، اساتید سرشناس معماری که در استان شاغل به تدریس و کار می‌باشند، بوده است.

ملاک انتخاب خبرگان یا کارشناسان زیده در پنل دلفی تحقیق حاضر، برخورداری از تمامی ویژگی‌های ذیل بوده است:

- دارای مدرک کارشناسی ارشد و یا دکتری تخصصی در رشته معماری
- دارای ساقه علمی و یا تجربی قابل اتكا (کتاب، طرح تحقیقاتی، مقاله معتبر) در زمینه بادگیر

- آشنایی کامل به اقلیم، جغرافیا و غیره استان سمنان

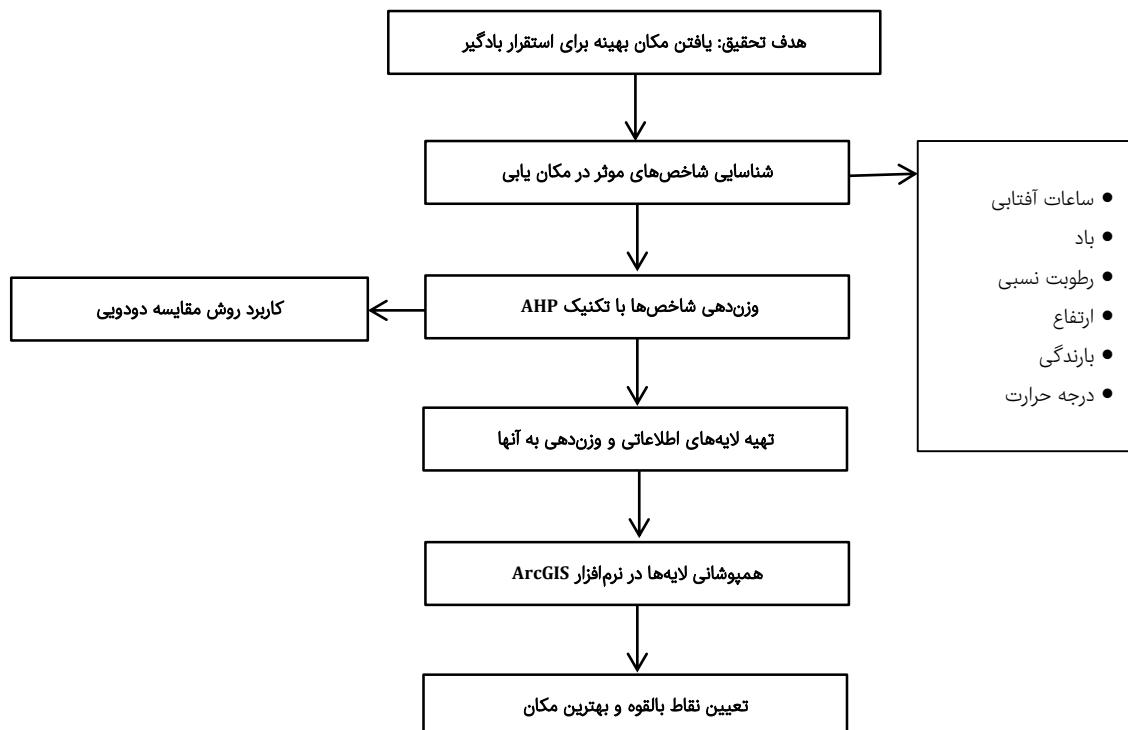
- اشراف کامل به معماری، فرم‌شناسی و کاربردهای بادگیر (البته در این میان، یک استثنای وجود داشته است که آن هم یک معمار قدیمی و فاقد مدرک تحصیلی بوده که به شکل سنتی و تجربی اقدام به ساخت بادگیر می‌کرده است و جزو اساتید فن و از سرشناس‌ترین سازندگان بادگیر در گذشته بوده است). این پنل، به شکل گلوله برای انتخاب و تعیین شدن. بدین شکل که هر یک از افراد یک یا چند تن دیگر از افراد خبره را معرفی می‌کردد تا با آنها تماس برقرار شود. در نهایت، از ۱۷ نفر خبره در این تحقیق استفاده گردید تا فرمت نهایی به اشباع نظری نزدیک شد. در ادامه نیز به منظور یافتن مناطق مستعد استان سمنان جهت استقرار بادگیر در ساختمان، از مدل ترکیبی استفاده شد. این مدل در برگیرنده تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بوده است. داده‌های مورد نیاز این تحقیق به دو قسمت داده‌های مکانی و داده‌های غیرمکانی یا توصیفی تقسیم می‌شوند. در این میان نقشه‌های شهری و روستایی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و آمار و اطلاعات مربوط به وسعت و درصد کاربری‌ها و نیز خصوصیات و ویژگی‌های اقلیمی استان سمنان از جمله مهم‌ترین داده‌های مورد استفاده بوده‌اند. ابزار مورد استفاده، نرم‌افزار ArcGIS, version 9.3 و نرم‌افزار Expert Choice, version 2004 است.

جهت تعیین پتانسیل هر یک از مناطق مورد مطالعه در استان سمنان، تنها گزینه ممکن انجام مطالعه از طریق ابزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی GIS (Overlaying) بوده است. در این راستا، معیارها وارد محیط

می‌شود و از طریق نرمالیزه کردن ریفی‌های این ماتریس، ضرایب اهمیت این ماتریس به دست می‌آید، [Khorsandi et al., 2019]. از تلفیق ضرایب اهمیت مذبور، «امتیاز نهایی» هر یک از گزینه‌ها تعیین خواهد شد. برای این کار از «اصل ترکیب سلسله مراتبی» که منجر به «بردار اولویت» با در نظر گرفتن تمامی قضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی استفاده می‌شود [Ahmadi et al., 2014]. یکی از مزیت‌های تحلیل سلسله مراتبی، امکان برای سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها است. سازوکارهایی که برای بررسی سازگاری در قضاوت‌ها در نظر گرفته شده است، محاسبه ضریبی به نام ضریب ناسازگاری (IR). تجزیه و تحلیل سازگاری صورت می‌پذیرد. این معیار، باید از ۰/۱ کمتر باشد. استفاده از این ضریب به تجزیه و تحلیل تصمیم قبل از انتخاب نهایی کمک می‌کند [Rathore et al., 2016]. مراحل تحقیق در شکل ۲ نشان داده شده است.

روشن، شاخص‌ها دو به دو با یکدیگر مقایسه می‌شوند و درجه اهمیت هر معیار، نسبت به دیگری مشخص می‌شود. بدین منظور، می‌توان از یک روش استاندارد استفاده کرد. روش کار بدین ترتیب است که به هر مقایسه دو دویی یک عدد ۱ تا ۹ نسبت داده می‌شود. معنی هر عدد در جدول ۱ مشخص شده است. پس از وزن‌دهی، باید وزن‌ها را نرمالیزه کرد. به منظور نرمالیزه کردن، می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد؛ در این مدل، از تقسیم هر وزن، بر مجموع وزن‌های همان ستون استفاده شده است، [Beskese et al., 2015].

پس از تعیین ضریب اهمیت شاخص‌ها، ضریب اهمیت گزینه‌ها را باید تعیین نمود. در این مرحله، ارجحیت هر یک از گزینه‌ها در ارتباط با هر یک از زیرشاخص‌ها و اگر شاخصی زیرشاخص نداشته باشد، مستقیماً با خود آن شاخص، مورد قضاوت و داوری قرار می‌گیرد. در هر دو حالت، قضاوت‌ها بر مبنای مقایسه دو دویی شاخص‌ها، یا گزینه‌ها و براساس مقیاس ۹ کمیتی صورت می‌پذیرد و نتیجه در ماتریس مقایسه دو دویی شاخص‌ها، یا گزینه‌ها ثبت



شکل (۲) فرآیند تحقیق

بارندگی شناسایی شدند. پس از آن داده‌های اقلیمی و هواشناسی مربوط به بازه زمانی بیست ساله (۹۸-۱۳۷۸) از ایستگاه‌های گوناگون سینوپتیک و کلیماتولوژیک در سطح استان سمنان اخذ و تدوین گردید (جدول ۳). در مرحله بعد، با استفاده از نظر کارشناسان، اقدام به مقایسه زوجی شاخص‌ها گردید (جدول ۴).

## یافته‌ها

### تعیین پارامترهای موثر در مکان‌یابی بادگیر

در گام نخست تحقیق، شاخص‌های موثر بر مکان‌یابی بهینه بادگیر در اقلیم گرم و خشک تدوین گردید (جدول ۲). در مجموع، شش شاخص ساعت آفتابی، باد، رطوبت نسبی، ارتفاع، درجه حرارت و

جدول (۲) شاخص‌های موثر بر مکان‌یابی بادگیر در اقلیم گرم و خشک

شاخص	توضیحات کیفی	حد بهینه (کمی)
ساعت آفتابی	از آنجا که بادگیرها فقط در فصول گرم سال مورد استفاده هستند، ساعت آفتابی در منطقه مورد مطالعه در ۶ ماه نخست سال در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه تابش شدید خورشید و طولانی بودن ساعت آفتابی در منطقه موجب کاهش ۳۳۰۰-۳۰۰۰ ساعت در سال بازدهی بادگیرها در ساختمان می‌گردد، مناطقی که تعداد ساعت آفتابی کمتری داشته باشند، مدنظر قرار می‌گیرند.	
باد	سرعت، جهت و همچنین تعداد روزهای وزش باد یکی از عوامل مهم در طراحی بادگیر است. با توجه به اینکه یکی از معایب استفاده از بادگیرها، ورود گردوغبار به داخل ساختمان است، مناطقی بالهمیت هستند که بیشترین میزان وزش باد به همراه کمترین میزان گردوغبار را داشته باشند.	متوسط سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه
رطوبت نسبی	در مناطق گرم و خشک مرکزی ایران، به دلیل خشکی هوا، هر چه میزان رطوبت نسبی بیشتر باشد، مطلوب‌تر است.	حداقل ۳۰ درصد
ارتفاع	به هر میزان که ارتفاع مناطق از سطح دریا کمتر باشد، ضخامت جو بیشتر می‌گردد. در ارتفاعات پایین‌تر، سرعت و شدت جریان باد کمتر می‌گردد. بنابراین مناطقی که ارتفاع بیشتری از سطح دریا دارند، بالهمیت‌تر هستند.	۲۵۰۰-۵۰۰ متر از سطح دریا
بارندگی	مناطق با پارش بالای سالیانه، نشان از بالا بودن رطوبت در منطقه مورد مطالعه دارد. همچنین این امر نشان از روزهای ابری در منطقه دارد. از طرفی مناطق با پارش زیاد به لحاظ پوشش گیاهی، مطلوب‌تر و میزان غبار آلودگی در هوا کمتر می‌شود. از سوی دیگر، بارندگی زیاد نیز نشانگر ابری بودن منطقه است که چندان مطلوب نیست.	۲۰۰ - ۱۰۰ میلی‌متر در سال
درجه حرارت	هر چه هوای اطراف بادگیر خنک‌تر باشد، بادگیر عملکرد بهتری داشته و هوای مطبوع‌تری وارد ساختمان می‌گردد. بنابراین میانگین دمای سالانه ۲۰ درجه سانتیگراد در مناطقی که درجه حرارت کمتری دارند، بادگیرها بازدهی بیشتری خواهند داشت.	۱۴ درجه سانتیگراد

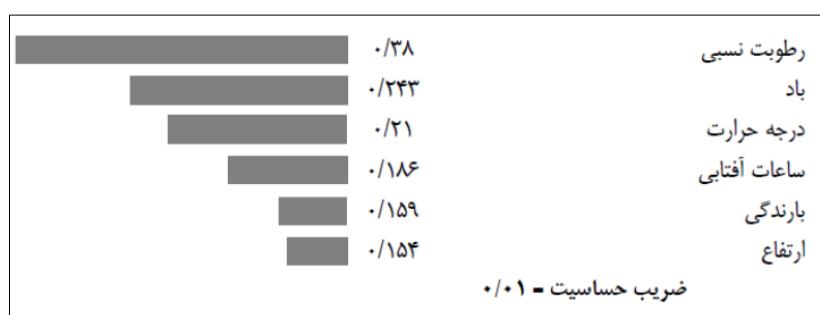
جدول (۳) داده‌های اقلیمی و هواشناسی در سطح استان سمنان در بازه زمانی ۲۰ ساله (۱۳۷۸-۹۸)

نام ایستگاه	ساعت آفتابی (ساعت)	باد (متر بر ثانیه)	رطوبت نسبی (درصد)	ارتفاع (متر)	بارندگی (میلی‌متر)	درجه حرارت (سانتیگراد)
سمنان	۳۲۱۵	۲	۳۷	۲۴۰۰-۶۰۰	۱۴۱/۸	۱۸/۷
شهرود	۲۲۱۴	۲/۶	۵۰	۳۵۰۰-۶۰۰	۱۵۴/۱	۱۵/۶
گرمسار	۳۲۶۹	۳/۹	۳۹	۲۰۰۰-۸۰۰	۱۱۰/۹	۲۰
دامغان	۴۱۷۶	۳/۶	۴۲	۲۴۰۰-۷۰۰	۱۰۳/۲	۱۷/۵
مهدیشهر	۲۹۸۰	۳/۳	۴۴	۳۳۰۰-۱۵۰۰	۲۵۰	۱۳
آزادان	۳۲۶۷	۳/۷	۳۸	۲۱۰۰-۸۰۰	۱۰۸	۲۰
میامی	۳۱۸۸	۲/۶	۴۷	۱۹۰۰-۶۰۰	۱۳۰/۹	۱۶/۱
سرخه	۳۲۱۰	۲/۳	۳۵	۲۵۰۰-۶۰۰	۱۳۰/۴	۱۸/۹

جدول (۴) ماتریس مقایسه زوجی شاخص‌ها

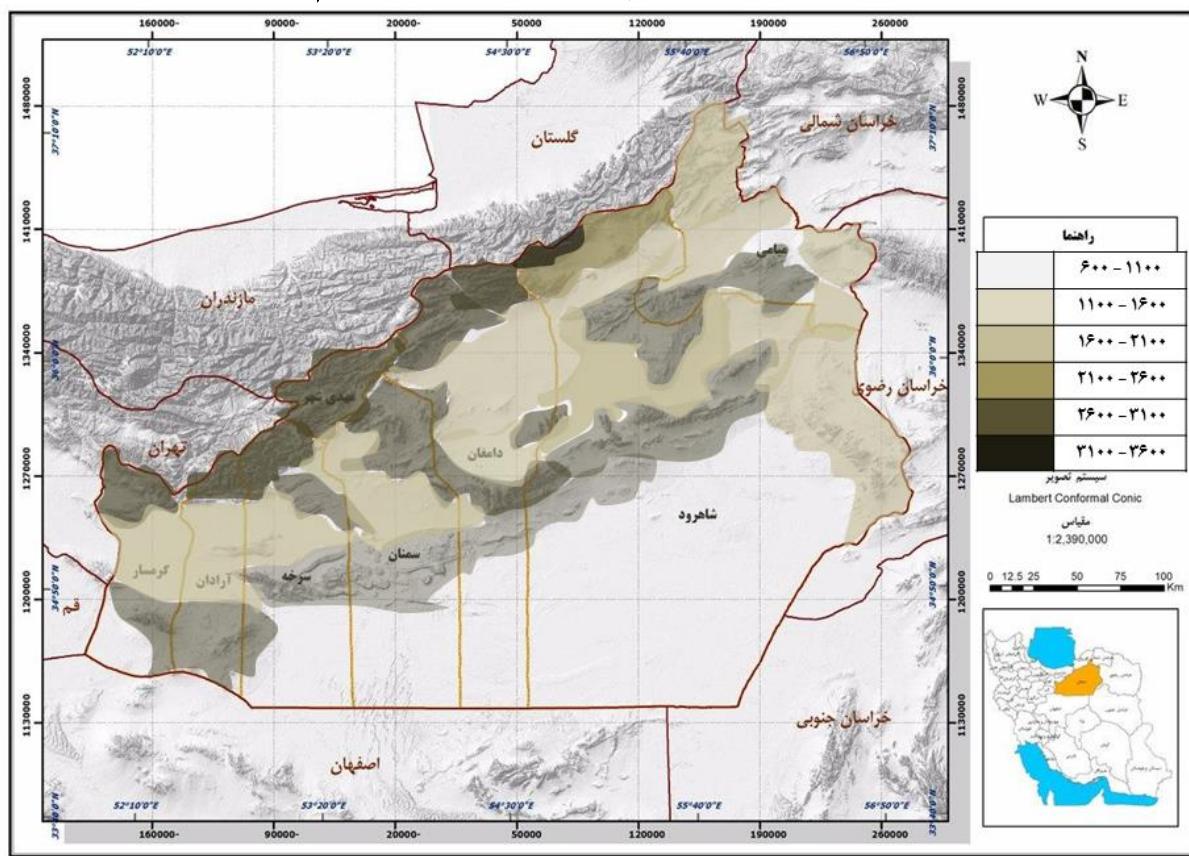
ساعت آفتابی	بارندگی	ارتفاع	رطوبت نسبی	درجه حرارت	باد	باد
۱/۴	۱/۰	۱/۳	۷	۱/۴	۱	درجه حرارت
۱/۲	۱/۲	۲	۱/۳	۱	۴/۱	رطوبت نسبی
۷	۶	۸	۱	۳/۱	۱/۷	ارتفاع
۱/۲	۱/۲	۱	۱/۸	۱/۲	۳/۱	بارندگی
۲	۱	۲/۱	۱/۶	۲/۱	۰/۱	ساعت آفتابی
۱	۱/۲	۲/۱	۱/۷	۲/۱	۴/۱	

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، شاخص رطوبت نسبی با ۰/۱۵۴ است. در گام بعد، لایه‌های اطلاعاتی متناسب با هر یک از شاخص‌های شش‌گانه تهیه و به شکل نقشه ترسیم شدند (شکل ۴ تا ۹). درای بالاترین وزن و پس از آن، شاخص باد با وزن ۰/۲۴۳ قرار دارد. کمترین وزن شاخص‌ها متعلق به عامل ارتفاع با امتیاز

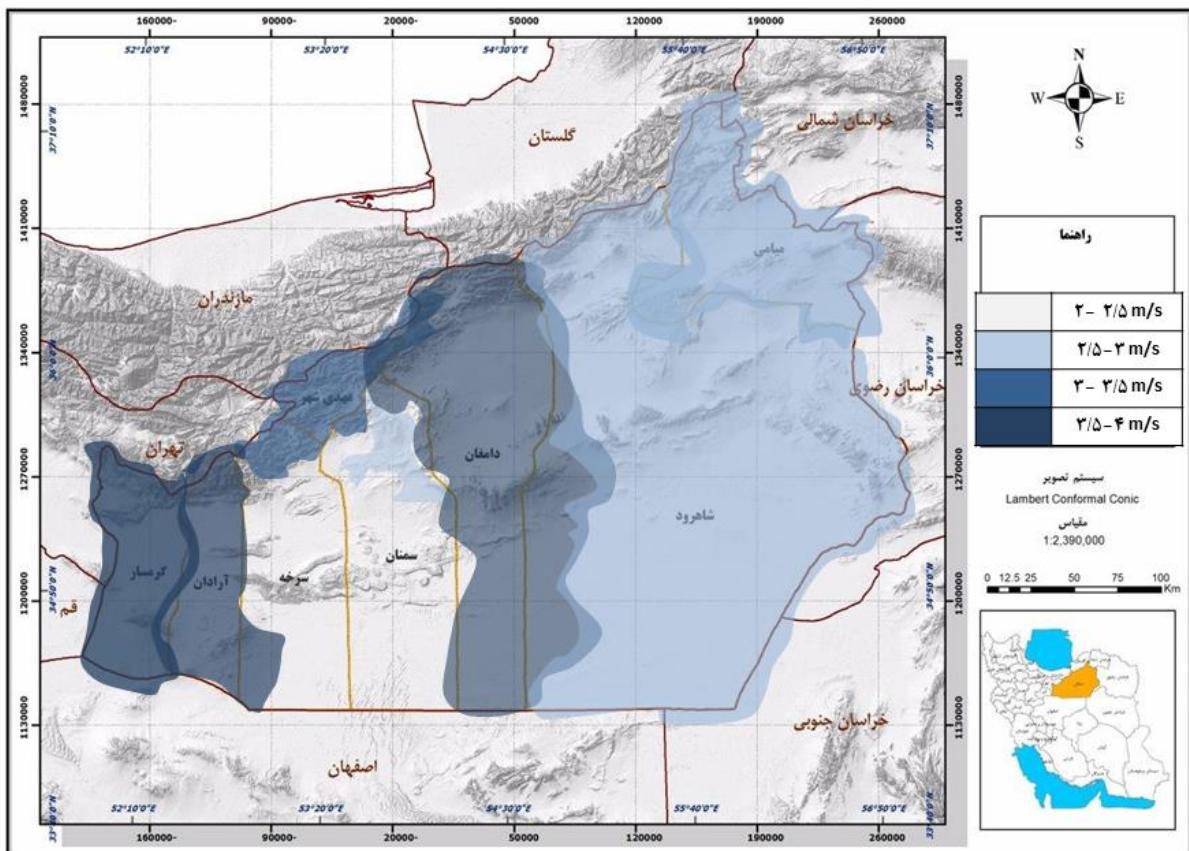


شکل (۳) وزن نسبی شاخص‌ها

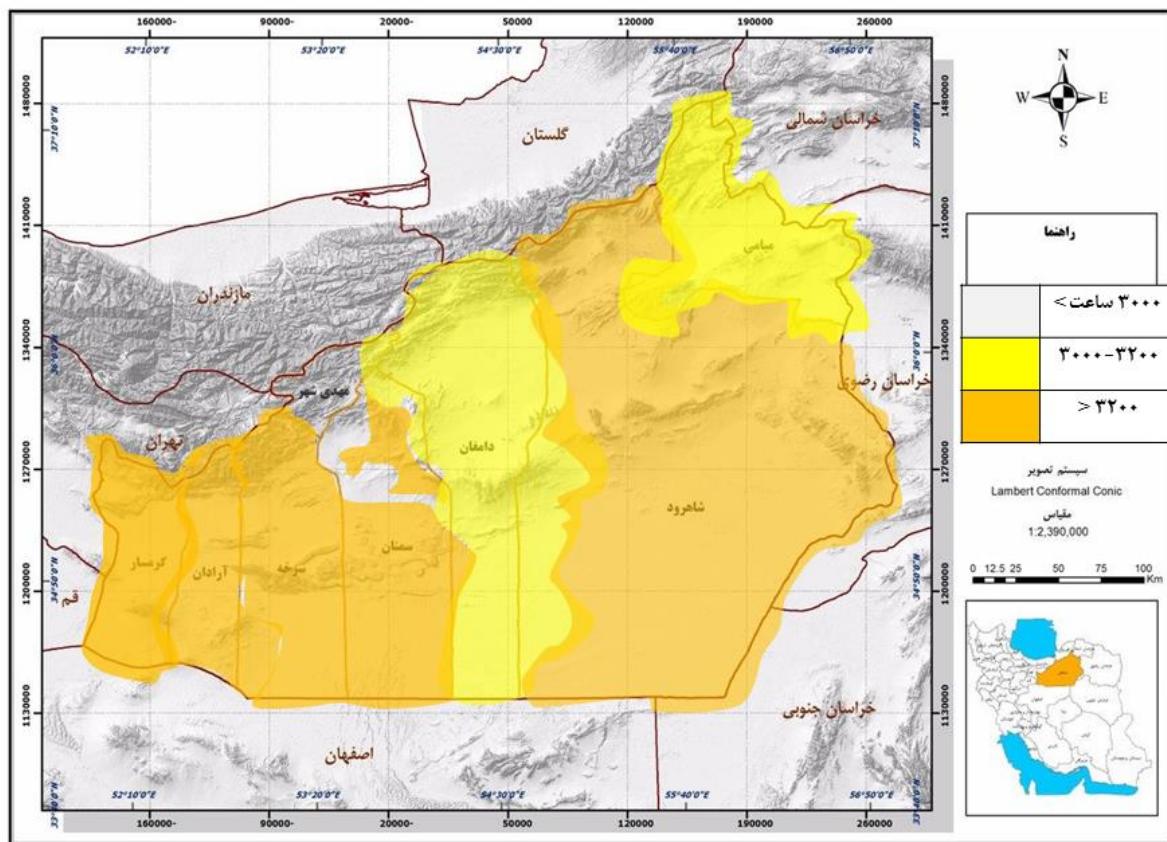
فصل نامه تحقیقات جغرافیایی



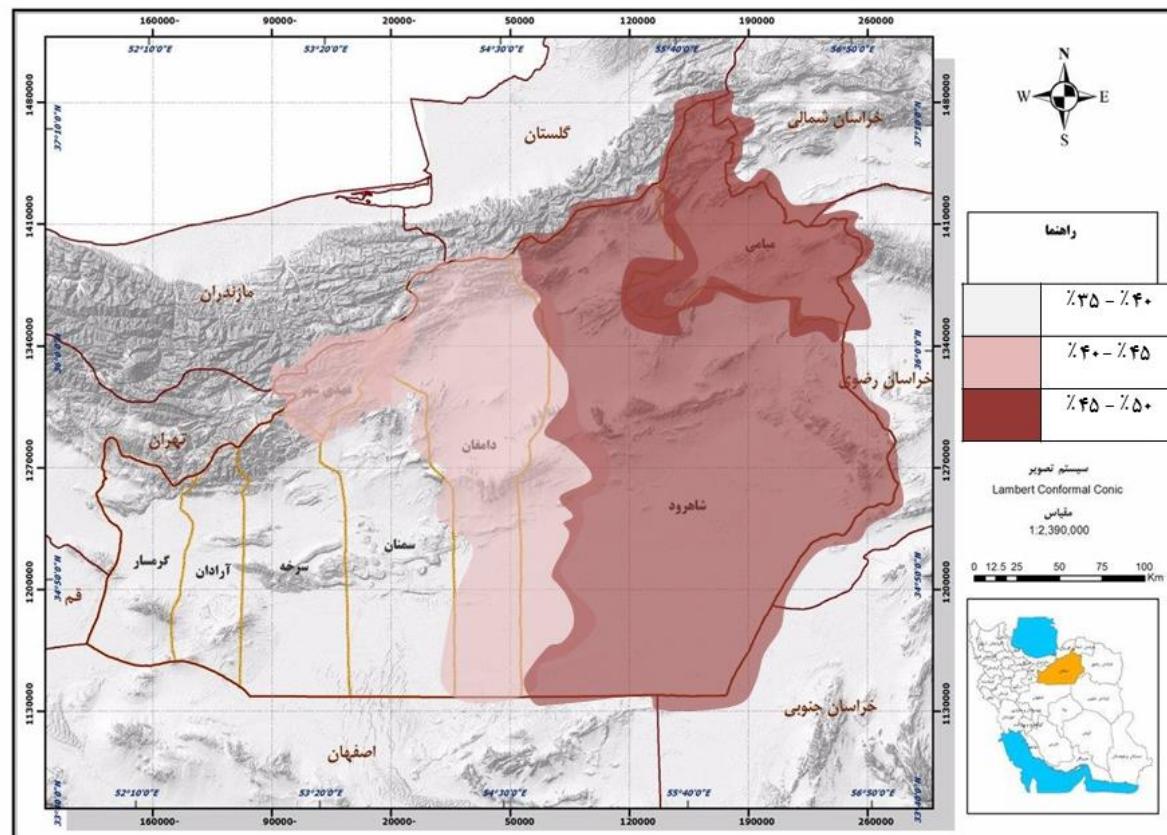
شکل (۴) نقشه تراز ارتفاعی منطقه مطالعاتی



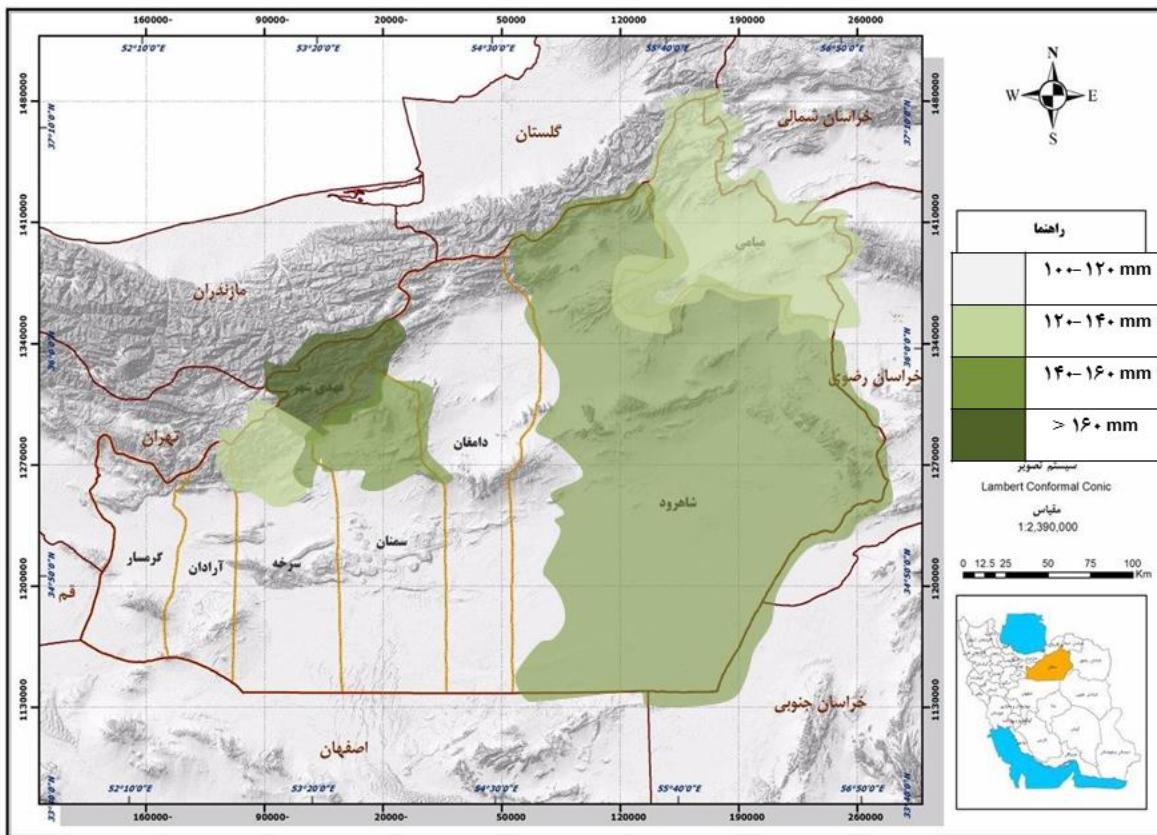
شکل (۵) نقشه پهنه‌بندی وزش باد در منطقه مطالعاتی



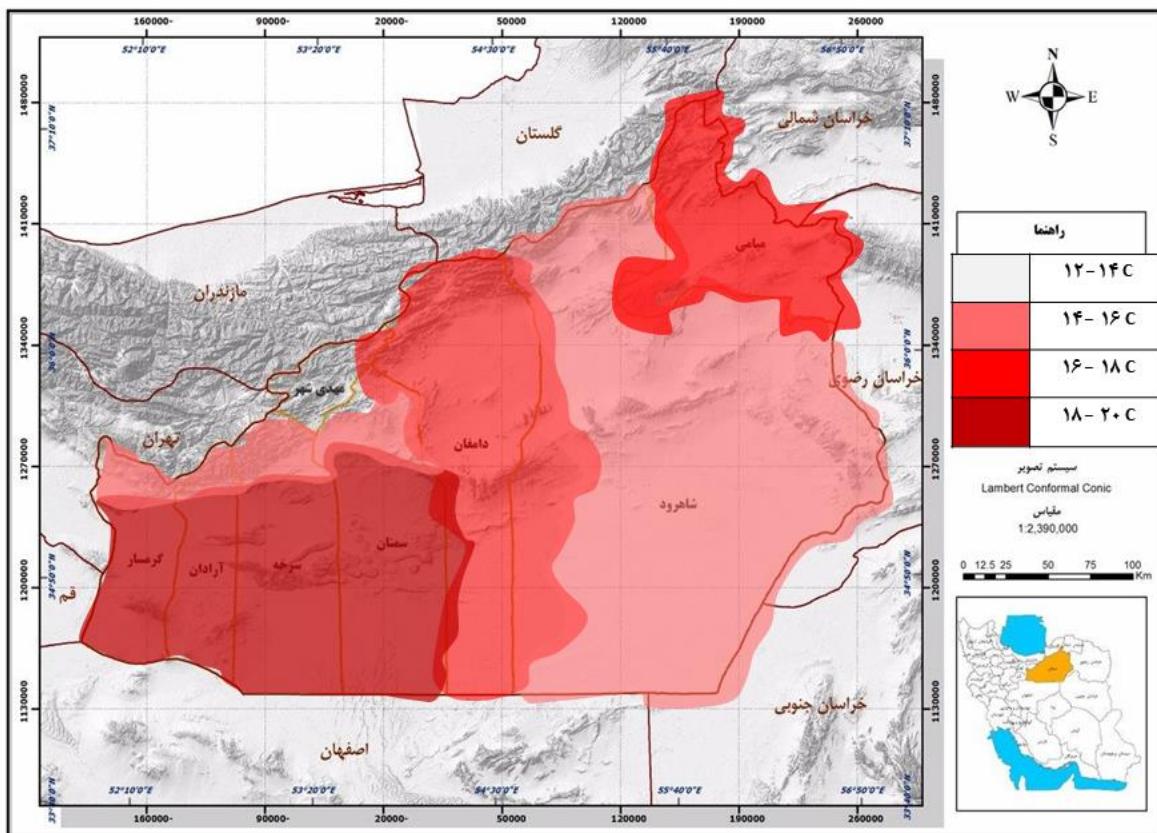
شکل (۶) نقشه ساعتی آفتابی منطقه مطالعاتی



شکل (۷) نقشه پهنه بندی درصد رطوبت نسبی در منطقه مطالعاتی



شکل (۸) نقشه پراکنش بارندگی در سطح منطقه مطالعاتی

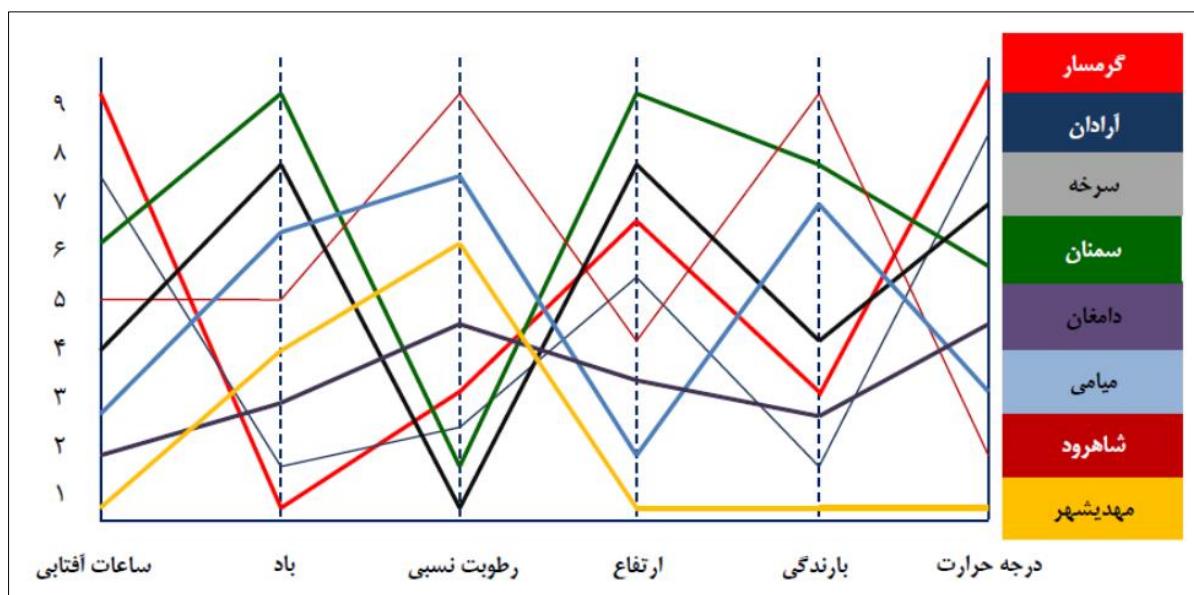


شکل (۹) نقشه پهنه‌بندی دمایی در سطح منطقه مطالعاتی

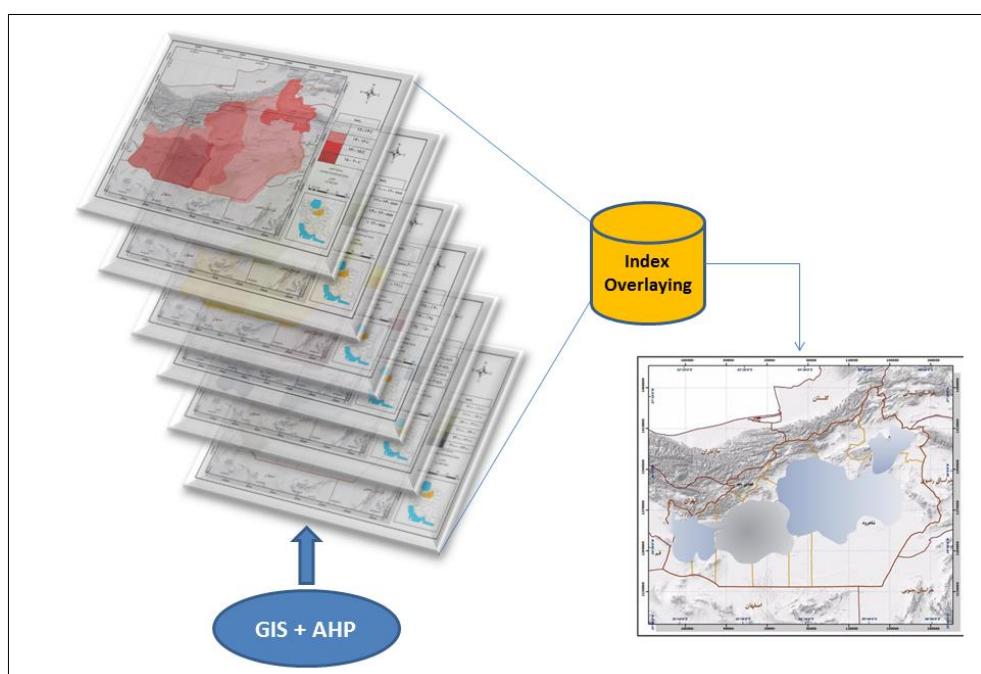
از شاخص‌های ارزیابی، رتبه انتهایی را کسب کرده‌اند. پس از تعیین شاخص‌های موثر در مکان‌یابی بادگیر و محاسبه وزن آنها، باید لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده را با استفاده از یک روش مناسب با هم تلفیق کرد، از طریق تلفیق و همپوشانی لایه‌های وزن‌دار، نقشه نهایی بدست آمد (شکل ۱۱).

پس از آنکه ترکیب و تجزیه و تحلیل لایه‌ها انجام گردید، نقاط مستعد برای استقرار بادگیر تعیین شده و با توجه به اولویت‌بندی معیارهای موثر، می‌توان بهترین مکان را انتخاب نمود (شکل ۱۲).

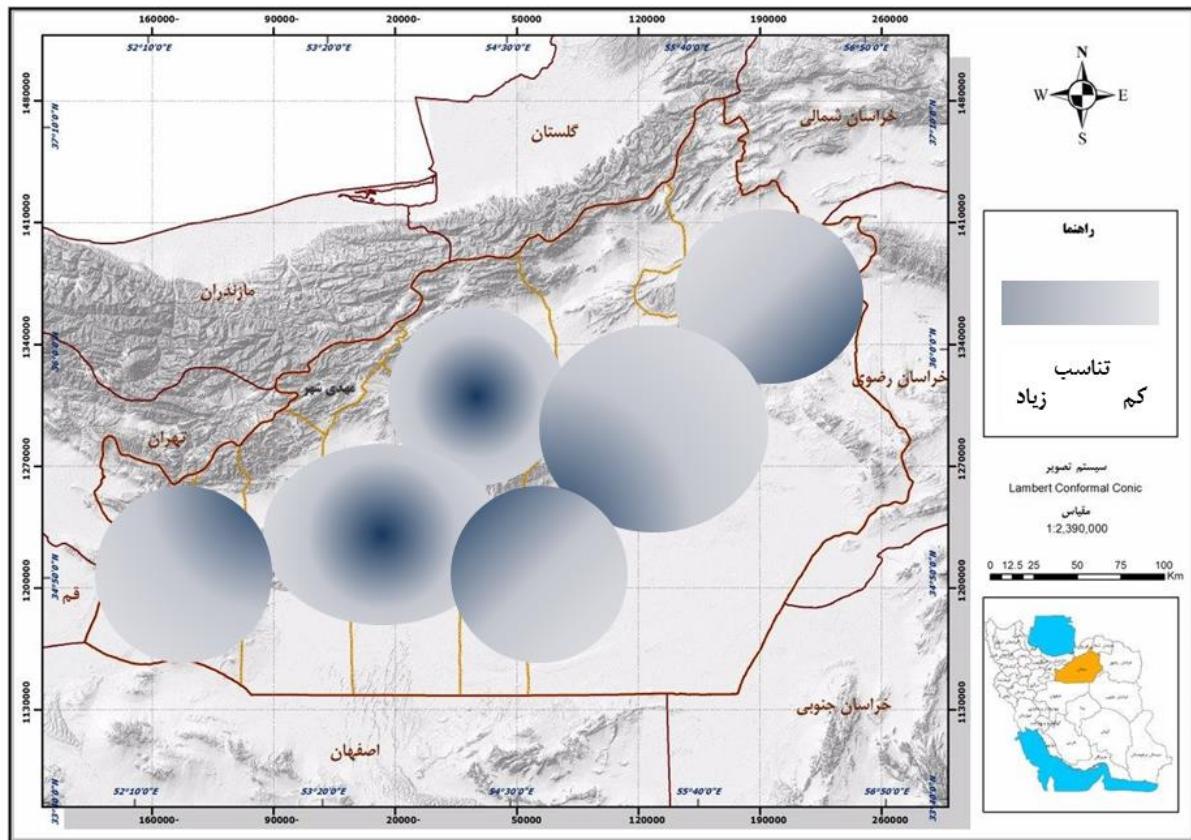
نتایج حاصل از مقایسه زوجی شهرستان‌های هشتگانه استان سمنان (براساس وزن شاخص‌های مکان‌یابی بادگیر) در شکل ۱۰ ارایه شده است. همان‌طور که در شکل نیز مشخص است، شهرستان‌های گرمسار، سمنان و شهرهود تنها مواردی بوده‌اند که در برخی از شاخص‌ها رتبه اول را کسب نموده‌اند و مابقی شهرستان‌ها در رتبه‌بندی حایز جایگاه اول نبوده‌اند. از سوی دیگر، شهرستان مهدی‌شهر به لحاظ ارزیابی چهار شاخص، رتبه آخر را داشته است. سمنان و گرمسار دیگر شهرستان‌هایی بودند که هر یک در یک مورد



شکل ۱۰) نمودار مقایسه‌ای امتیازات شهرستان‌های استان سمنان براساس شاخص‌های هشتگانه مکان‌یابی بادگیر



شکل ۱۱) فرآیند روی‌هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی و استخراج نقشه نهایی مکان‌بینه برای استقرار بادگیر



شکل (۱۲) نقشه نهایی محدوده‌های مناسب برای استقرار بادگیر در استان سمنان

نظر اقدام گردد. با استفاده از مبانی نظری فهرست اولیه شاخص‌های مورد نظر تهییه گردید و از طریق مراجعه به آرای خبرگان نسبت به تعیین روایی آنها عمل شد. بر این مبنای شش شاخص به همراه حدود بهینه هر یک شناسایی و تدوین شدند. با روش مقایسه زوجی (روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی)، شاخص‌ها وزن‌دهی و رتبه‌بندی شدند که عبارت بودند از: رطوبت نسبی، باد، درجه حرارت، ساعت‌آفتابی، بارندگی و ارتفاع. بر این اساس، شاخص «رطوبت نسبی» حائز بالاترین وزن و شاخص «ارتفاع» واجد کمترین وزن شدند. نکته مهم آن است که در مورد تمامی شاخص‌های یاد شده، حد بهینه در نظر گرفته شده است. چرا که حد بالاتر و یا پایین‌تر هر یک از شاخص‌ها سبب افت کیفیت محیطی و کم شدن قابلیت‌های منطقه برای کاربری موردنظر می‌گردد. در ادامه، نقشه پهنه‌بندی هر یک از شاخص‌های مذکور در هشت شهرستان استان سمنان تهییه و ترسیم شد. پس از آن، منطقه مطالعاتی به لحاظ شاخص‌های مکان‌یابی بادگیر مورد مقایسه زوجی و وزن‌دهی قرار گرفت و در نهایت با روی هم‌گذاری و همپوشانی تمامی لایه‌های به دست آمده، مکان‌های بهینه برای استقرار بادگیر در استان سمنان مشخص و شناسایی شدند.

نتایج بیانگر آن بوده است که در مجموع، بخش غربی استان سمنان

در نهایت؛ براساس امتیازات کسب شده از مقایسه زوجی شاخص‌ها و نیز مناطق مورد مطالعه، اولویت‌بندی شهرستان‌های استان سمنان به لحاظ استقرار بادگیر بدین ترتیب است: سمنان، گرمسار، آزادان، سرخه، دامغان، شهرود، میامی و مهدی‌شهر.

## بحث

در استان سمنان نیز همانند سایر مناطق گرم و خشک ایران، بادگیر به عنوان یک عنصر اقلیمی معماری در بناها مورد استفاده بوده است [Hekmatnia & Ansari, 2012]. همان‌طور که [Mohammadi Sangli & Gharashi, 2016] اشاره کردند، تهییه طبیعی یکی از موثرترین روش‌های تامین آسایش غیرفعال محسوب می‌شود، زیرا قابلیت بکارگیری در ساختمان‌های بزرگ و پیچیده را نیز دارد و در تمامی اقلیم‌ها بنا به دلیل قابل استفاده است. در این تحقیق، تلاش گردید تا از طریق سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره و نیز بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام به شناسایی و تعیین مکان‌های بهینه به منظور استقرار کاربری بادگیر گردد. منطقه مطالعاتی استان سمنان در منطقه گرم و خشک کشور بوده است. بدین منظور لازم بود تا ابتدا نسبت به تدوین شاخص‌های مکان‌یابی برای بادگیر در اقلیم مورد

توجه به آنکه بادگیر پدیده‌ای است که در ارتباط مستقیم با اقلیم منطقه است، در این تحقیق اقدام به ارایه الگویی برای مکان‌یابی بهینه بادگیر گردید. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به ویژه روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی توأم با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش روی هم‌گذاری لایه‌ها این امکان را فراهم می‌آورد تا بتوان در یک پهنه جغرافیایی وسیع مکان بهینه برای انواع کاربری‌ها را شناسایی و تعیین نمود. مزیت استفاده از این روش، در تلفیق معیارها و شاخص‌های چندگانه با توجه به وزن و اهمیت هر یک بوده است. نتایج بیانگر آن بوده است که بخش غربی استان سمنان شامل شهرستان‌های گرمسار، آزادان، سرخه و سمنان از پتانسیل بالاتری برای استقرار بادگیر برخوردار است. با توجه به نتایج به دست آمده و با در نظر گرفتن ضرورت موضوع بهینه‌سازی مصرف انرژی، می‌توان عنوان نمود که طراحی ساختمان‌های مسکونی و اداری با در نظر گرفتن معماری بومی و همساز با اقلیم و اختصاصاً کاربرد بادگیر، در این استان کاملاً امکان‌پذیر و سودمند است.

**تشکر و قدردانی:** نویسنده‌گان از زحمات تمامی کارشناسانی که در انجام این تحقیق و نیز نگارش مقاله به تیم تحقیق کمک کردند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

**تاییدیه اخلاقی:** موردي از سوی نویسنده‌گان گزارش نشد.

**تعارض منافع:** موردي از سوی نویسنده‌گان گزارش نشد.

**سهم نویسنده‌گان:** مهدی یحیائی (نویسنده اول) پژوهشگر اصلی (۵۰٪)، سید مجید مفیدی شمیرانی (نویسنده دوم) و نویسنده مسئول (نگارنده بحث اصلی (۳۰٪)، مهناز محمودی (نویسنده سوم) تحلیل‌گر (۲۰٪).

**منابع مالی:** این مقاله مستخرج از رساله دکتری با موضوع «ریخت-شناختی بادگیرهای بنایی مسکونی سمنان به منظور ارائه پیشنهادات کالبدی برای معماری معاصر» است که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد و توسط نگارنده‌گان انجام گرفته و تمامی هزینه‌های مرتبط به آن توسط دانشجو پرداخت گردیده و هیچ سازمان و یا نهادی به عنوان حامی مالی مطرح نیست.

## منابع

- Ahmadi M, Teymouri P, Dinarvand F, Hoseinzadeh M, Babaei A A, Jaafarzadeh N (2014). Municipal solid waste landfill site selection using analytical hierarchy process method and geographic information system in Abadan, Iran. Iranian Journal of Health Science. 2(1):37-50. [Persian]
- Alesheikh A A, Soltani MJ, Nouri N, Khalilzadeh M (2008). Land assessment for flood spreading site selection using geospatial information system. International Journal of Environmental Science and Technology. 5(4):455-462.

شامل شهرستان‌های گرمسار، آزادان، سرخه و سمنان از پتانسیل بالاتری برای استقرار بادگیر برخوردار است. این مورد با نتایج تحقیقات [Valian et al., 2020] همخوانی دارد؛ چرا که در آن تحقیق، محققان در خصوص پهنه‌بندی و پراکنش بادگیرها در سطح استان سمنان، نشان دادند که حدود ۸۰٪ از بادگیرهای استان در شهرستان سمنان و در حدود ۱۰٪ در شهرستان گرمسار و مابقی در سایر شهرستان‌ها واقع شده‌اند. این در حالی است که بخش‌های شمالی استان سمنان و به ویژه شهرستان مهدی‌شهر از کمترین امتیاز در این خصوص برخوردار است که البته دلایل نیز برای آن می‌توان متصور بود. از جمله آنکه موقعیت مکانی این شهرستان به گونه‌ای است که در تراز ارتفاعی بالاتری نسبت به سایر شهرستان‌ها قرار داشته که منجر به کاهش میانگین درجه حرارت سالیانه می‌گردد. همچنین میزان بارندگی بالا نشانگر ابرناکی بیشتر و کاهش ساعت آفتابی در این منطقه می‌گردد که در نهایت پتانسیل منطقه را برای استقرار بادگیر کاهش می‌دهد. نتایج این بخش، تحقیقات پیشین را [Ziari & Khodadadi, 2013; Hekmatnia & Ansari, 2012] تایید می‌کند. لازم به ذکر است که بخش‌های جنوبی استان که شامل مناطق کویری و بیابانی هستند نیز از پتانسیل اندکی برای استقرار کاربری بادگیر برخوردارند. در این خصوص نیز دلایلی نظیر وجود پدیده گدوغبار، کاهش رطوبت نسبی، بالا بودن بیش از حد درجه حرارت و نیز کاهش ارتفاع از سطح دریا مطرح می‌باشند. در کنار موارد بالا می‌توان به خالی از سکنه بودن بخش‌های وسیعی از جنوب استان نیز اشاره داشت که در عمل مطابق با تحقیقات [Mahdavinejad & Javanroodi, 2012] احداث بادگیر را در این گونه محیط‌ها غیرضروری و ناموجه می‌سازد. از سوی دیگر، همان‌طور که در تحقیقات پیشین اشاره شده است، برخی از پدیده‌های اقلیمی در پهنه استان سمنان دارای خصوصیات متنوع و متغیری هستند، به طور مثال؛ می‌توان به متغیر بودن جهت وزش باد مطلوب در سطح استان سمنان اشاره داشت [Valian et al., 2020] و یا اختلاف دمای فاصله شباهنروز [Hekmatnia & Ansari, 2012] که این امر لزوم طراحی و انتخاب نوع مناسب بادگیر را از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌سازد.

## نتیجه‌گیری

از آنجا که مکان‌یابی یک کاربری به دلایل گوناگون حائز اهمیت است، بنابراین کاربرد روش‌های نوین و استفاده از ابزار توانمند در این زمینه کمک شایانی به محققان می‌نماید. نظر به فقدان استاندارد و یا روش ثبت شده برای مکان‌یابی بادگیر در کشور با

- selection of municipal solid waste landfill (case study: Lali City). *The Journal of Toloo-e-Behdasht*. 14(4):143-153. [Persian]
- Morahemi Sh, Yari Brojeni N, Saadvandi M (2017). Typology of loft badgirs' (wind towers) Based on façade ornaments. *Journal of Housing and Rural Environment*. 36(159):19-34. [Persian]
- Poorahmadi M, Ayatalahi M H (2011). Refunctioning solutions for different wind catchers of Yazd based on their related summer side spaces. *Journal of Architecture Hot and dry climate*. 1(1):7-18. [Persian]
- Rathore S, Ahmad S A, Shirazi S A (2016). Use of the suitability model to identify landfill sites in Lahore-Pakistan. *Journal of Basic and Applied Sciences*. 12:103-108.
- Roohi S (2014). The use of wind energy in wind-catchers in order to reduce the cooling load of the building. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Congress of Structural, Architectural and Urban Development. [Persian]
- SCI. [Internet] Statistical center of Iran. [Published 2019, 15 August; Cited 2019, 27 May].
- Şener Ş, Sener E, Karaguzel R (2011). Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent-Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 173(1-4):533-554.
- Shafei Sabet N, Hosseini Hasel S, Rahbari M (2019). Assessment of rural management, empowerment of local stakeholders and physical developments of rural settlements (Case Study: Semnan Province). *Journal of Housing and Rural Environment*. 38(165):113-128. [persia]
- Shi Y, Liu X (2019). Research on the literature of green building based on the web of science: A scientometric analysis in cite space (2002-2018). *Sustainability*. 11(13):3716.
- Vaidya O, Kumar S (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*. 169(1):1-29.
- Valian T, Mofidi Shemirani S M, Mahmoodi M (2020). Sustainable Development Patterns in the Architecture of Semnan Wind-Catchers. *Geographical Research Journal*. 35 (2). 129-140. [Persian].
- Valipoor M, Bahrami M, Rahimabadi A, Karimi O (2014). Location of Boroujerd gas station using geographic information system (GIS). *Journal of Zagros Perspective*. 6(20):161-179. [Persian]
- Valizadeh R (2007). Location of high school educational centers using geographic information system (case study of Tabriz city). *Geographical Sciences*. 10:59-87.
- Zandieh M, Parvardinejad S (2010). Sustainable development and its concepts in Iranian residential architecture. *Journal of Housing and Rural Environment*. 29(130):2-21. [Persian]
- Ziabakhsh N, Sadat Zad G, Davoodi A (2011). Comparative study of sustainability in residential and indigenous architecture of hot and dry climate based on wind-catchers and materials (Case study: Nain and Taft houses). Proceedings of National Conference on Civil Engineering, Architecture, Urban Planning and Energy Management. [Persian]
- Ziari Y, Khodadadi R (2013). Investigating and locating postal service centers using AHP method in GIS environment (Case study: Semnan city). *Environmental Management Journal*. 6(20):177-193
- Arab M, Farokhzad M (2020). Road residence location in Semnan province with approach to earth-sheltered architecture. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*. 9(32):181-198. [Persian]
- Bertolini, M, Braglia M, Carmignani G (2006). Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract. *International Journal of Project Management*. 24(5):422-430.
- Beskese A, Demir H H, Ozcan H K, Okten H E (2015). Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: A case study for Istanbul. *Environmental Earth Sciences*. 73(7): 3513-3521.
- Chou, Y C, Yen H Y, Dang V T, Sun C C (2019). Assessing the human resource in science and technology for Asian countries: Application of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS. *Symmetry*. 11(2):251.
- Fatemi Sh, Taki D (2015). The role of architecture in optimizing energy consumption in buildings. the 3<sup>rd</sup> National Conference on Climate, Building and Optimizing Energy Consumption with a Sustainable Development Approach. [Persian]
- Healey M, Ilbery B (1990). Location and change: Perspective on economic geography. New York: Oxford University Press.
- Hekmatnia H, Ansari Zh (2012). Planning of housing in Meybod with sustainable development approach. *Human Geography Research Quarterly*. 44(79):191-207. [Persian]
- Heydari N, Doostan R, Habibi Nokhandan M (2017). Site selection of urban meteorological stations in Mashhad. *Journal of Climate Research*. 27(27):59-75. [Persian]
- Kamyabi S, Seyedalipoor S K, Hasanabadi M (2013). Site selection of the shelter in the city of Semnan with the use of the GIS analytical tool and the process of "analysis" of the HAHP series, with the approach of "4-6 city management", 49, number 1, disciplinary geography. 1(3):49-64.
- Khajoo M, Tayebi Sani S M, Fahiminejad A, Morsal B (2019). Evaluating and Analyzing the Spatial Justice in the Distribution of Sports Applications and Services in Garmsar County. *Geographical Researches*. 34(4):551-558. [Persian]
- Khorsandi H, Faramarzi A, Aghapour A A, Jafari S J (2019). Landfill site selection via integrating multi-criteria decision techniques with geographic information systems: A case study in Naqadeh, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*. 730.
- Mahdavinejad M J, Javanroodi K (2012). Comparative Evaluation of Airflow in Two kinds of Yazdi and Kermani Wind-Towers. *Journal of Honar-Haye-Ziba*. 3(4):69-80. [Persian]
- Mahmoodi Zarandi M (2016). An analysis on the orientation, Position and Dimensions of Wind-catchers in Vernacular Houses of Yazd. *Journal of Housing and Rural Environment*. 35(153): 35-46. [Persian]
- Mohammadi Sangli Kh, Gharashi S (2016). Sustainable urban development; global approach with local solutions (case study: review of sustainability criteria in traditional architecture of Yazd city). *Art and Architecture studies*. 4 & 5(11 & 12):87-99. [Persian]
- Moharamnejad N, Laghai H A, Arjmandi R, Alesheikh A A, Bahmanpour H (2013). Ecological capability evaluation of outdoor recreation by integrating geographic information system (GIS) and index overlaying (IO). *Arabian Journal for Science and Engineering*. 38:121-134.
- Mokhtari M, Hosseini F, Babaee A A, Mirhoseini S A (2015). Application of AHP and TOPSIS models for site