مجله کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه‌ریزی، دوره۱۲، شماره۲ (پیاپی۴۴)، تابستان۱۴۰۰

پهنه‌بندی اقلیمی شهرستان شاهرود براساس شاخص‌های جانمایی بادگیر و پارامترهای موثر بر آسایش حرارتی

نوع مقاله:پژوهشی کاربردی

طیبه ولیان[۱]، سید مجید مفیدی[۲]، مهناز محمودی[۳]

تاریخ دریافت مقاله:۱۴۰۰/۰۴/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۳

صفحات: ۷-۲۶

چکیده

امروزه زیرساخت‌ها حائز نقش تعیین‌کننده‌ای در فرآیند امن یک جامعه می‌باشند و حفظ امنیت زیرساخت‌ها در برابر حملات و هدف این پژوهش جانمایی استقرار بادگیر در شهرستان شاهرود با توجه به پهنه‌بندی اقلیمی و آسایش حرارتی است. این تحقیق به لحاظ هدف، از نوع کاربردی است که در بازه زمانی ۹۹-۱۳۹۷ انجام شده 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. همچنین از مدل اولگی به منظور تعیین آسایش حرارتی در شاهرود و تشخیص زمان‌های مناسب برای استفاده از بادگیر استفاده شد. این مدل در برگیرنده تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. ابزار مورد استفاده شامل نرم‌افزار ArcGIS, version ۹,۳ و نرم‌افزار Expert Choice, version ۲۰۰٤ بودند. از روش مقایسه زوجی برای وزن‌بندی شاخص‌ها و پهنه‌ها استفاده شد. شش شاخص ساعات 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 ۰/۱۵ کمترین امتیاز شاخص‌ها را کسب کردند. ماه‌های اردیبهشت و خرداد در زون آسایش حرارتی قرار دارند و زمان‌هایی هستند که بادگیر در شهرستان شاهرود چندان کاربردی نخواهد داشت. از سوی دیگر، تیرماه، مرداد ماه و شهریور به دلیل گرمای بالا و آذر، دی، بهمن و اسفند به دلیل سرمای زیاد زمان‌های مناسبی برای استفاده از بادگیر می‌باشند. در نهایت، لایه مربوط به هر شاخص برای شهرستان شاهرود تهیه و ترسیم شد. استفاده از روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی توام با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش رویهم‌گذاری لایه‌ها این امکان را فراهم می‌آورد تا بتوان در یک پهنه جغرافیایی وسیع مکان بهینه برای انواع کاربری‌ها را شناسایی و تعیین نمود.

واژگان کلیدی: جانمایی، بادگیر، پهنه‌بندی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی، شاهرود

[۱] گروه معماری، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران tayebevalian@gmail.com

[۲] استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران،

[۳] گروه معماری، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مقدمه

بهره‌گیری از الگوهای ارزشمند معماری ایرانی بسیار حایز اهمیت و راهگشا 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. بطورکلی عوامل گوناگونی از جمله توپوگرافی، 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 گرم‌وخشک و چه در مناطق مرطوب کشور موجب شد تا این معماری بی‌نظیر پدید آید (Ziabakhsh *et al.*, ۲۰۱۱). در واقع معماری سنتی ایران دارای پشتوانه‌ای قوی و پربار 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, ۲۰۱۱).

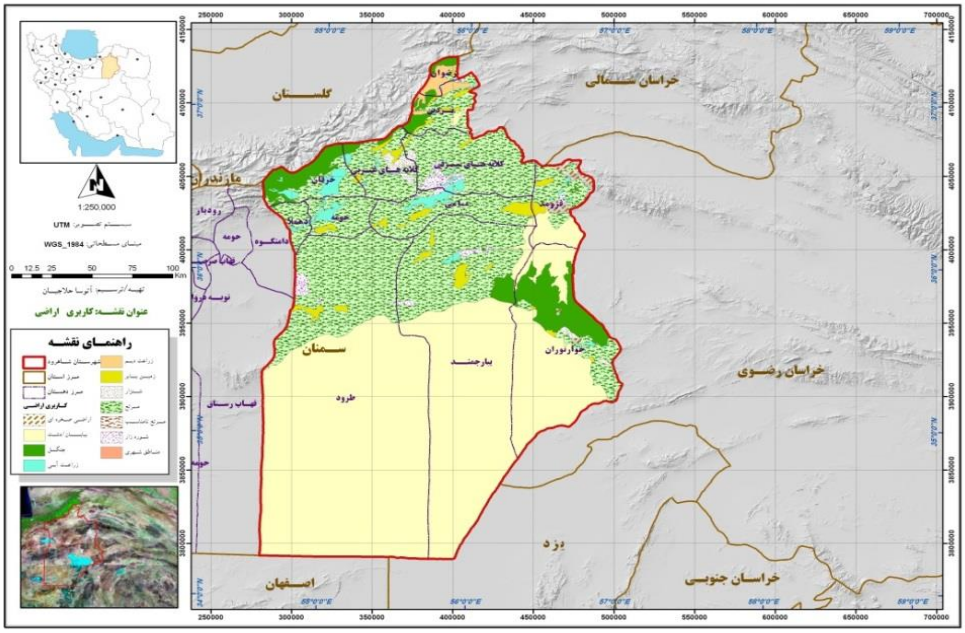
از آنجا که سیستم‌های خنک‌کننده و گرم‌کننده، حدود ۶۰ درصد انرژی را در یک ساختمان مصرف می‌کنند، از این‌رو، استفاده از سیستم‌های غیرفعال همانند بادگیرها می‌توانند جایگزین‌هایی سنتی ولیکن مفید برای کاهش مصرف انرژی باشند. بادگیر جزئی از کالبد ساختمان‌های مناطق گرم‌وخشک است که در تعدیل دما و رسانیدن دمای فضای 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 گرم‌وخشک یکی از شاهکارهای مهندسی ایرانیان است، ولی با گذشت زمان، قابلیت‌های این عنصر نیز کم‌کم رو به فراموشی نهاده و تنها به عنوان یک عنصر تزیینی به آن نگریسته می‌شود (Poorahmadi & Ayatalahi, ۲۰۱۱).در این راستا، هدف این پژوهش، یافتن عرصه‌های مناسب برای استقرار بادگیر در شهرستان شاهرود، باتوجه به شاخص‌های موثر بر جانمایی بادگیرهای و پارامترهای مربوط به آسایش حرارتی انسان می‌باشد. شاید بتوان مشهورترین شاخصه بناهای اقلیم گرم و خشک را استفاده آنها از بادگیر دانست. بادگیر به معانی دریچه و روزنی است که برای عبور و ورود باد در خانه تعبیه می‌شده است (Morahemi *et al.*, ۲۰۱۷). بادگیر همان‌گونه که از نام آن پیداست، جزئی از کالبد ساختمان‌های مناطق گرم‌وخشک به‌شمار 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 موثری داشته است. 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 (Mahmoodi Zarandi, ۲۰۱۶). 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 گرم‌وخشک ایران به شمار می‌آید، بادگیرهای این مناطق نیز در جهت بادهای مطبوع و پرسرعت ساخته می‌شدند. عملکرد بادگیر بدین‌گونه 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, ۲۰۱۱). 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 & Javanroodi, ۲۰۱۱). برخی محققان، بادگیرها را به «شش‌های 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 مورد بادگیر را عدم نیاز به انرژی برای فعالیت می‌دانند (Roohi, ۲۰۱٤). 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 گرم‌ومرطوب 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, ۲۰۱٦). 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(Javanroodi, &Mahdavinejad ۲۰۱۱). بررسی بادگیرهای موجود در نقاط مختلف ایران نشان می‌دهد که تفاوت‌های ساختاری آنها از نیاز اقلیمی و تکامل معماری سرچشمه گرفته است. بادگیر جزئی از کالبد معمارانه خانه‌های ایرانی محسوب می‌شود که کارکردی در جهت بهبود آسایش حرارتی بر آن مترتب 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 خودبه‌خودی داخل ساختمان تعریف کرد. در واقع بادگیر به دو روش در ایجاد سرمایش طبیعی اثرگذار است: جابجایی هوا و خنک‌سازی تبخیری (Mahmoodi Zarandi, ۲۰۱٦) .در استان سمنان به علت دارا بودن اقلیم گرم‌وخشک، در گذشته، معماری هماهنگ با اقلیم بوجود آمده است. در چنین فضاهای ساخته شده‌ای، بکارگیری مصالح بومی 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 بناها می‌شده است (Ziari & Khodadadi, ۲۰۱۳). بطورکلی 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 گرم‌وخشک ایران، بادگیر به عنوان یک عنصر اقلیمی معماری در بناها مورد استفاده بوده است. انواع ساختمان‌های بادگیردار در سمنان شامل آب انبارها، دارالحکومه قدیم سمنان و بناهای مسکونی است (Hekmatnia & Ansari, ۲۰۱۲).یکی از مراحل مهم و اثرگذار پروژه‌های اجرایی، جانمایی می‌باشد. جانمایی از جمله تحلیل‌های مکانی است که تاثیر فراوانی در کاهش هزینه‌های ایجاد و راه‌اندازی فعالیت‌های مختلف دارد (Arab & Farokhzad, ۲۰۲۰). بطورکلی مکان‌یابی و جانمایی 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 خاص مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد (Valipoor et al., ۲۰۱۴). برخی از کارشناسان، 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., ۲۰۱۷; Moharamnejad et ..، ۲۰۱۲). در واقع، مکان‌یابی، فرآیند تصمیم‌گیری با دوره طولانی است زیرا تعداد زیادی از شاخص‌های موجود باید آزمایش شده و نتیجه تصمیمات ممکن ارزیابی گردند. جانمایی مناسب زمانی صورت می‌پذیرد که یک ارزیابی دقیق، همگون و سریع از جذابیت مکان‌های مختلف برای یک کاربری خاص وجود داشته باشد. 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., ۲۰۰۸). 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 مکان-یابی به عنوان مرحله‌ای تعیین کننده بخش اعظمی از هزینه‌های احداث و سایر برنامه‌ریزی‌های اقتصادی پروژه‌ها، آن را مورد توجه مدیران و تصمیم گیرندگان نیز قرار داده است که نتیجه بکارگیری روش‌های مختلف تصمیم‌گیری برای مکان‌یابی است (Kamyabi et al., ۲۰۱۳). برای ارزیابی عناصر اقلیمی، بر روی شرایط آسایش حرارتی انسان، نیاز است که از شاخص‌های آسایش حرارتی استفاده شود. شاخص‌های آسایش، جداول و دیاگرام‌هایی هستند که تاثیر جمعی همزمان کلیه عوامل موثر بر احساس آسایش را یکجا نشان می‌دهند. این شاخص‌ها تفسیر تاثیرات پیچیده عناصر جوی از آسایش انسان را آسان‌تر می‌کنند و امکان مقایسه مکان‌های گوناگون را از دیدگاه اقلیم آسایشی فراهم می‌آورند (Matzarakis, ۲۰۰۷). یکی از شاخص‌های قدیمی و پرکاربرد در تعیین آسایش حرارتی، شاخص اولگی می‌باشد. اولگی در سال ۱۹۶۳ روشی را مطرح کرد که معیارهای آسایش متعددی را مدنظر قرار داده است و پیشنهاداتی را برای کاربرد این روش برای عرض‌های جغرافیایی دیگر (عرض‌های زیر ۴۰ درجه) ارائه داده است (Olgyay, ۱۹۷۳). در جدول بیوکلیماتیک که او پیشنهاد نمود، حدود آسایش انسان در رابطه با تغییرات دو عنصر آب و هوایی، مثل آفتاب و باد که در محدوده منطقه آسایش ایجاد می‌کنند، نشان داده می‌شود (Amengual et al., ۲۰۱٤). در نمودار کامل زیست اقلیمی اولگی، چهار ناحیه برای گسترش منطقه آسایش در نظر گرفته شده است. با توجه به این چهار ناحیه و با استفاده از طراحی اقلیمی می‌توان نسبت به کم و زیاد کردن انرژی آفتاب، جریان باد و یا رطوبت اقدام نمود تا بتوان محدوده آسایش را برای ساکنین را افزایش داد. اولگی ثابت نمود که در مواقع بسیار گرم که کمترین حرکت متابولیسمی بدن می‌تواند ایجاد ناراحتی نماید، رابطه دمای خشک هوا و احساس وضعیت گرمایی، محسوس تر از رابطه دمای موثر و وضعیت گرمایی است.. در جدول بیوکلیماتیک وی با استفاده از دما و رطوبت میتوان حدود آسایش انسان را تعیین کرد (Olgyay, ۱۹۷۳). از جمله مطالعات انجام شده با استفاده از روش اولگی در ایران می‌توان به مطالعات خلیلی (۱۳۷۸)، بیرقدار (۱۳۷۷)، صادقی روش و طباطبایی (۱۳۸۷) محمدی و سعیدی در سال ۱۳۸۷ اشاره کرد. شاخص دمای موثر (ET) نیز یکی دیگر از شاخص‌های کمی برای تعیین اثرات نسبی دما و رطوبت هوا بر آسایش انسان می‌باشد (Hamilton & Tol, ۲۰۰۷).

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه شهرستان شاهرود در استان سمنان است. شاهرود در طول جغرافیایی '۱۹°۳۷ و '۳۰ °۳۵ و در نیمکره شمالی بین عرض '۳۲ °۵۴ و '۲ °۵۷ واقع شده است. شکل ۱؛ موقعیت جغرافیایی شاهرود را در جهان و ایران نشان می‌دهد (SYSP, ۲۰۱۵). مساحت این شهرستان ۲۷۳۳۹ کیلومترمربع و میانگین بارندگی سالانه آن ۱۵۷ میلیمتر است. میانگین کمینه دما ۱۴- درجه سانتیگراد و میانگین بیشینه دما ۴۲+ درجه سانتیگراد می‌باشد (IMO, ۲۰۱۱).



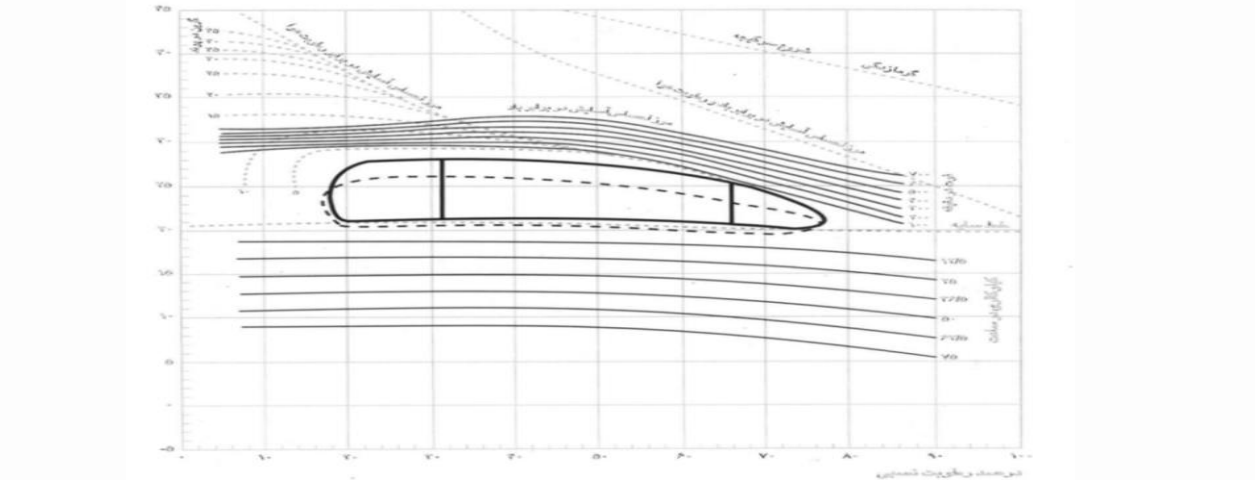
شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان سمنان، (مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰)

داده‌ها و روش‌ها

الف) روش‌شناسی

پژوهش مورد نظر به لحاظ خروجی، از نوع کاربردی؛ و به لحاظ روش‌شناسی از نوع تطبیقی - تحلیلی می‌باشد. در ابتدا، از طریق بررسی مبانی نظری و پیشینه تحقیق، نسبت به استخراج و تدوین شاخص‌های موثر بر جانمایی بهینه بادگیر در اقلیم گرم‌وخشک اقدام گردید. 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 می‌باشد، که از منطقه مطالعاتی شناخت کافی را دارا بودند. این پنل، به شکل گلوله برفی انتخاب و تعیین شدند. بدین شکل که هر یک از افراد یک یا چند تن دیگر از افراد خبره را معرفی می‌کردند 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. به منظور تعیین آسایش حرارتی در محدوده مورد مطالعه، از دو شاخص اولگی (Olgyay) و شاخص دمای موثر (ET) بهره‌گیری شده است. بدین منظور، در محدوده مورد مطالعه از آمار بلندمدت ۳ ایستگاه سینوپتیک دراطراف محدوده مطالعاتی(شاهرود- بیارجمند– سبزوار) در دوره آماری

بازه زمانی ۲۵ ساله منتهی به سال آبی ۹۸-۱۳۹۷ استفاده شده است.نمودار یا شاخص زیست اقلیمی انسانی (بیوکلیماتیک انسانی) که به شاخص اولگی نیز معروف است، شاخصی است که بیانگر شرایط آب و هوایی یک ایستگاه یا منطقه از نظر آسایش و راحتی می‌باشد. این شاخص از چهار عنصر حداکثر دما و حداکثر رطوبت نسبی و حداقل دما و حداقل رطوبت نسبی تشکیل شده و برای دو بخش شرایط شبانه و شرایط روزانه محاسبه می‌شود. شرایط روزانه از طریق دو عنصر حداکثر دما و حداقل رطوبت نسبی و شرایط شبانه نیز از طریق دو عنصر حداقل دما و حداکثر رطوبت نسبی محاسبه می‌شود. نقطه تلاقی این دو عنصر در شرایط روزانه و شبانه در نمودار زیست اقلیمی انسانی تعیین می‌شوند (شکل ۲). این نمودار از دو محور عمودی دما و افقی رطوبت نسبی تشکیل شده است. دو نقطه شرایط روزانه و شبانه به هم دیگر متصل و پاره خطی را ترسیم می‌کند که محل قرارگیری آن، شرایط آسایشی را برای آن ماه مشخص می‌کند. مرکز نمودار منطقه آسایش است. این نقطه جایی است که میزان دما زیاد نیست و میزان رطوبت نیز متوسط است. با حرکت به طرفین از میزان مطلوبیت کاسته می‌شود (Blen & Martin, ۲۰۰۸). به سمت بالا دما بیشتر شده و طبعاً شرایط نامطلوب می‌شود. به سمت راست هم رطوبت نسبی بالا رفته و هوا شرجی و نامطلوب می‌شود. پس در قسمت‌های بالایی سمت راست جایی که دما و رطوبت نسبی بالاست، شرایط نامطلوبی حاکم است و در نمودار این مناطق به نام مناطق خیلی گرم و مرطوب و داغ و گرما زدگی مشخص شده است. به سمت پایین دما کمتر شده و سبب عامل منفی در آسایش می شود. متعاقب آن به سمت چپ رطوبت نسبی کاهش یافته و هوا خشک‌تر و در نتیجه میزان رضایت کمتر می‌شود. بنابراین مناطق پایینی سمت چپ هم مناطق سرد و خشک هستند و شرایط نامناسبی دارند. گوشه سمت چپ بالا مناطق گرم و خشک و گوشه سمت راست پایین مناطق سرد و مرطوب هستند. باقی نقاط مناطق آسایش نسبی را تشکیل می‌دهند. در بخش بالای منطقه آسایش نیز خطوط سرعت باد وجود دارند که مرز آسایش در برابر باد و رطوبت را نشان می‌دهند



شکل ۲: نمودار زیست اقلیمی انسانی (اولگی) (**IMO, ۲۰۱۱**)

برای محاسبه شرایط روزانه از دو عنصر حداکثر دما و حداقل رطوبت نسبی استفاده می‌شود. بدین شکل که برای شرایط روزانه، حداکثر دما از محور عمودی و حداقل رطوبت نسبی را از محور افقی پیدا و نقطه تلاقی

آنها مشخص می‌گردد. شرایط شبانه را هم از طریق حداقل دما و حداکثر رطوبت نسبی به دست آورده و مشخص می‌شود. سپس این دو با پاره خطی به یکدیگر متصل می‌شوند. نمودار شرایط روزانه و شبانه ماه مورد نظر برای ایستگاه مربوطه ترسیم می‌شود. نوع شکل پاره خط می‌تواند بیانگر شرایط اقلیمی ماه نیز باشد. هر چه پاره خط کشیده‌تر باشد، به معنای نوسان بیشتر دما بین شب و روز است. هر چه نزدیک‌تر باشد مشابهت اقلیمی را بیشتر نشان می‌دهد. هرچه پاره خط به سمت محور افقی کشیده شود، نشان از اختلاف رطوبتی زیاد و هر چه به بالا کشیده شود حاکی از اختلافات بالای دمایی می‌باشد.

شاخص دمای موثر نیز با فرمول زیر سنجیده می‌شود:

رابطه (۱):

$$Et = t - [\,۰,٤\,(t-۱۰)(۱-Rh/۱۰۰)]$$

در این فرمول، T میانگین دما (به سانتیگراد) و RH میانگین رطوبت نسبی (به درصد) می‌باشد. راهنمای این شاخص در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱: مقدار شاخص دمای موثر و ضریب حرارتی (De Freitas et al., ۲۰۰۸)

ضریب حرارتی	مقدار ET
بسیار گرم	بیشتر از ۳۰
شرجی	۳۰ – ۲۷.۵
خیلی گرم	۲۷.۵ – ۲۵.۶
گرم	۲۵.۶ – ۲۲.۲
آسایش	۲۲.۲ – ۱۷.۸
خنک	۱۷.۸ – ۱۵.۵
خیلی خنک	۱۵.۵ – ۱.۶
سرد	۱.۶ – ۱۰-
خیلی سرد	(۱۰-) – ۲۰-
بسیار سرد	کمتر از ۲۰-

داده‌های آماری مربوط به اقلیم شهرستان شاهرود در بازه زمانی ۲۵ ساله اخیر (۹۸-۱۳۷۳) تهیه و تحلیل ردید که در جدول ۲ ارایه شده است.

جدول ۲: خلاصه داده‌های اقلیمی شهرستان شاهرود در بازه زمانی ۲۵ ساله (۹۸-۱۳۷۳) (نگارندگان براساس داده‌های هواشناسی استان) (منبع: اداره‌کل هواشناسی استان سمنان)

	درجه حرارت (سانتیگراد)				رطوبت نسبی (درصد)				میزان بارندگی (میلیمتر)	ساعات آفتابی	میزان تبخیر	متوسط سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (متربرثانیه)
	حداکثر متوسط	حداقل متوسط	متوسط ماهانه	حداکثر مطلق	حدقل مطلق	حداکثر متوسط	حداقل متوسط	متوسط				
مهر	۲۲	۸	۱	۳	۳.۰	۶۷	۳۰	۴۷	۶.۰۱	۲۵۴	۳۱۱	۴.۶۶
	۴.	.۸۰	۵.۶۰	۲.۰۰	-۰					۰۰.	۹۲.	
آبان	۱۴	۳	۹.	۲	۱۰.	۷۳	۳۷	۵۴	۷.۶۶	۲۰۱	۱۷۶	۴.۵۱
	۸.	.۲۰	۰۰	۴.۰۰	-۰۰					۹۰.	۲۶.	
آذر	۸.	۱	۳.	۲	۱۱.	۸۰	۴۸	۶۴	۱۷.۲۲	۱۶۳	۱۱۰	۴.۰۸
	۲۰	-.۰۰	۶۰	۱.۰۰	-۰۰					۸۰.	۸۳۸.	
دی	۶.	۲	۱.	۱	۱۴.	۸۰	۴۹	۶۵	۱۷.۷۲	۱۶۸	۷۴.	۴.۳۷
	۱۰	-.۷۰	۷۰	۹.۰۰	-۰۰					۶۰.	۸۳	
بهمن	۸.	۱	۳.	۲	۱۴.	۷۶	۴۱	۵۸	۱۸.۶۶	۱۷۹	۸۹.	۵.۱۰
	۸۰	-.۳۰	۸۰	۲.۰۰	-۰۰					۱۰.	۴۱	
اسفند	۱۴	۲	۸.	۲	۸.۸	۷۱	۳۵	۵۱	۳۳.۵۵	۲۱۱	۱۳۵	۶.۲۶
	۱۰.	.۸۰	۵۰	۹.۰۰	-۰					۸۰.	۹۹.	
فروردین	۲۱	۸	۱	۳	۷.۰	۶۴	۳۰	۴۵	۲۵.۷۲	۲۳۲	۳۰۶	۶.۷۰
	۱۰.	.۵۰	۴.۸۰	۲.۰۰	-۰					۷۰.	۸۹.	
اردیبهشت	۲۶	۱	۱	۳	۱.۰	۶۰	۲۸	۴۲	۱۷.۹۱	۲۷۹	۴۵۵	۶.۷۰
	۳۰.	۳.۰۰	۹.۶۰	۷.۴۰	-۰					۸۰.	۳۳.	
خرداد	۳۱	۱	۲	۳	۶.۰	۵۲	۲۵	۳۷	۵.۴۲	۳۲۹	۶۰۵	۸.۰۱
	۰۰.	۷.۵۰	۴.۲۰	۹.۰۰	۰					۵۰.	۲۷.	
تیر	۳۳	۲	۲	۴	۱۰.	۵۱	۲۵	۳۷	۳.۱۳	۳۳۶	۷۱۵	۸.۷۳
	۱۰.	۰.۳۰	۶.۷۰	۲.۰۰	۰۰					۸۰.	۸۷.	
مرداد	۳۲	۱	۲	۴	۸.۰	۵۲	۲۴	۳۷	۲.۱۲	۳۳۷	۶۸۵	۷.۷۲
	۴۰.	۹.۱۰	۵.۸۰	۲.۰۰	۰					۴۰.	۶۳.	
شهریور	۲۹	۱	۲	۳	۲.۰	۵۸	۲۵	۴۰	۲.۷۹	۲۹۷	۵۵۵	۵.۹۷
	۰۰.	۴.۸۰	۱.۹۰	۷.۰۰	۰					۶۰.	۰۶.	
سالیانه	۲۰	۸	۱	۴	۱۴.	۶۵	۳۳	۴۸	۱۵۷.۹	۲۹۹	۴۳۴	۶.۰۷
	۶۱.	.۵۸	۴.۶۰	۲.۰۰	۰۰				۲	۳.۰۰	۰.۷۳	

به منظور یافتن مناطق مستعد شهرستان شاهرود جهت استقرار بادگیر در ساختمان، از مدل ترکیبی استفاده شد. این مدل در برگیرنده تکنیک فرایند 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 ۹،۳ و نرم‌افزار Expert Choice, version ۲۰۰٤ می‌باشد.

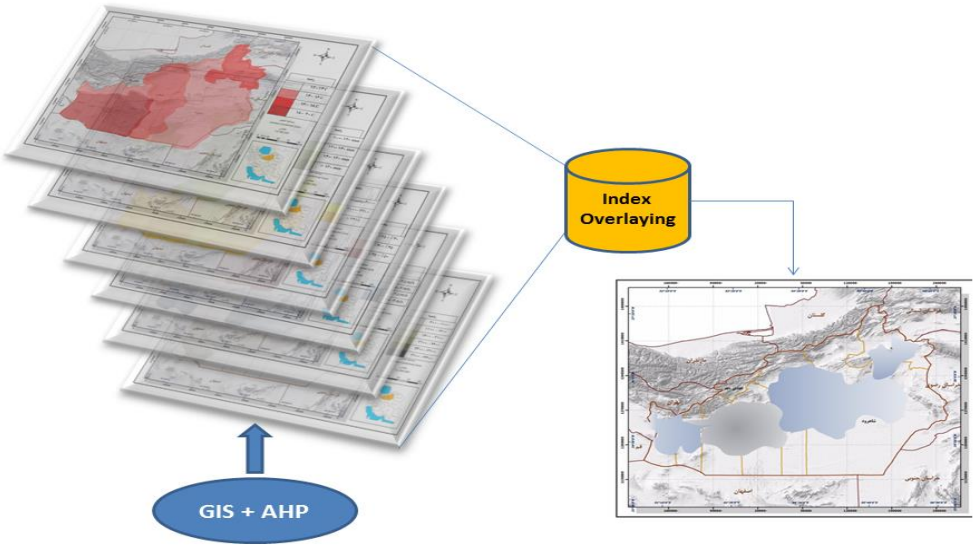
جهت تعیین پتانسیل هر یک از مناطق مورد مطالعه در منطقه مطالعاتی، تنها گزینه ممکن انجام مطالعه از طریق ابزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و

رویهم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی (Overlaying) بوده است. در این راستا، معیارها وارد محیط GIS شدند و لایه‌های اطلاعاتی جدید تشکیل شد. یکی از مهمترین قابلیت‌های این سیستم که آن را به عنوان یک سیستم ویژه و انحصاری مجزا می‌کند، امکان تلفیق داده‌ها جهت مدلسازی، مکان‌یابی و تعیین تناسب اراضی از طریق ارزش‌گذاری پهنه سرزمین است (Sener *et al.*, ۲۰۱۱). در این سیستم، توانایی تلفیق داده‌های به دست آمده از دو منبع و همپوشانی نقشه‌ها بر روی یکدیگر، یکی از عملکردهای مهم آن به شمار می‌رود که تشکیل لایه جدید را امکان‌پذیر می‌سازد (Mokhtari *et al.*, ۲۰۱۵). در مرحله بعد با وزن‌دهی 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, ۲۰۱۹). فرایند 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, ۲۰۰۶). نتایج مطالعات متعدد نشان می‌دهد که روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی با توجه به سادگی، انعطاف‌پذیری، بکارگیری شاخص‌های کیفی و کمی بطور همزمان و نیز قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای کاربرد مطلوبی داشته باشد (Chou *et al.*, ۲۰۱۹). برای تعیین ضریب اهمیت (وزن) شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها چندین روش وجود دارد که معمول‌ترین آنها مقایسه دودویی است. در این روش، شاخص‌ها دوبه‌دو 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 دودویی یک عدد ۱ تا ۹ نسبت داده می‌شود. معنی هر عدد در جدول ۳ 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., ۲۰۱۵).

جدول ۳: مقایسه ۹ کمیت روش سلسله مراتبی برای مقایسه دودویی (Beskese et al., ۲۰۱۵)

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

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 دودویی شاخص‌ها، یا گزینه‌ها و براساس مقیاس ۹ کمیتی صورت می‌پذیرد و نتیجه در ماتریس مقایسه دودویی شاخص‌ها، یا گزینه‌ها ثبت می‌شود و از طریق نرمالیزه کردن ردیف‌های این ماتریس، ضرایب اهمیت این ماتریس به دست می‌آید (Khorsandi *et al.*, ۲۰۱۹). از تلفیق ضرایب اهمیت مزبور، «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.*, ۲۰۱٤). 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.*, ۲۰۱٦). در نهایت، از طریق تکنیک رویهم‌گذاری لایه‌ها و ترکیب با روش تحلیل سلسله مراتبی اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی برای جانمایی بادگیر در سطح شهرستان شاهرود گردید.



شکل ۳: فرآیند رویهم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی و استخراج نقشه نهایی مکان بهینه برای استقرار بادگیر (منبع: نویسندگان)

یافته‌های تحقیق

تعیین پارامترهای موثر در مکان‌یابی بادگیر

در گام نخست تحقیق، شاخص‌های موثر بر مکان‌یابی بهینه بادگیر در اقلیم گرم و خشک تدوین گردید (جدول ۴). در مجموع، شش شاخص ساعات آفتابی، باد، رطوبت نسبی، ارتفاع، درجه حرارت و بارندگی شناسایی شدند.

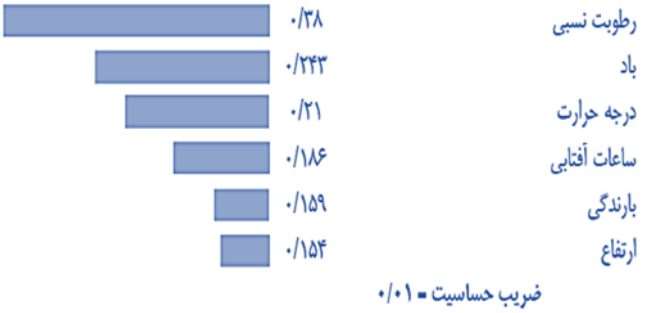
جدول ۴: شاخص‌های موثر بر مکان‌یابی بادگیر در اقلیم گرم و خشک (منبع: نویسندگان براساس یافته‌های تحقیق)

شاخص	توضیحات کیفی	حد بهینه (کمی)
ساعات آفتابی	از آنجا که بادگیرها فقط در فصول گرم سال مورد استفاده هستند، ساعات آفتابی در منطقه مورد مطالعه در ۶ ماه نخست سال در نظر گرفته می‌شود. باتوجه به اینکه تابش شدید خورشید و طولانی بودن ساعات آفتابی در منطقه موجب کاهش بازدهی بادگیرها در ساختمان می‌گردد، مناطقی که تعداد ساعات آفتابی کمتری داشته باشند، مدنظر قرار می‌گیرند.	۳۳۰۰- ۳۰۰۰ ساعت در سال
باد	سرعت، جهت و همچنین تعداد روزهای وزش باد یکی از عوامل مهم در طراحی بادگیر می‌باشد. باتوجه به اینکه یکی از معایب استفاده از بادگیرها، ورود گردوغبار به داخل ساختمان است، مناطقی بااهمیت هستند که بیشترین میان 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، بااهمیت‌تر هستند.	۲۵۰۰-۵۰۰ متر از سطح دریا
بارندگی	مناطق با بارش 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 بارش زیاد به لحاظ پوشش گیاهی، مطلوب‌تر و میزان غبار آلودگی در هوا کمتر می‌شود. از سوی دیگر، بارندگی زیاد نیز نشانگر ابری بودن منطقه می‌باشد 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 در مناطقی که درجه حرارت کمتری دارند، بادگیرها بازدهی بیشتری خواهند داشت.	میانگین دمای سالانه ۲۰- ۱۴ درجه سانتیگراد

در مرحله بعد، با استفاده از نظر کارشناسان، اقدام به مقایسه زوجی شاخص‌ها گردید (جدول ۵). همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، شاخص رطوبت نسبی با ۰/۳۸ دارای بالاترین وزن و پس از آن، شاخص باد با وزن ۰/۲۴۳ قرار دارد. کمترین وزن شاخص‌ها متعلق به عامل ارتفاع با امتیاز ۰/۱۵۴ می‌باشد.

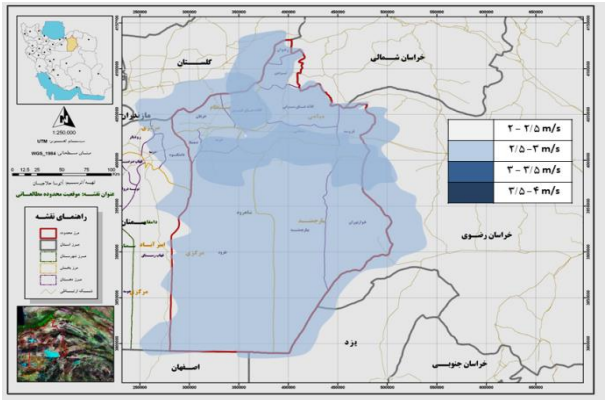
جدول ۵: ماتریس مقایسه زوجی شاخص‌ها

	ساعات آفتابی	بارندگی	ارتفاع	رطوبت نسبی	درجه حرارت	باد
باد	۱/۴	/۵	۳	۷	۴	
		۱	۱/		۱/	
درجه حرارت	۱/۲	/۲	۲	۳	۱	
		۱		۱/		۴/
رطوبت نسبی	۷	۶	۸	۱	۱	
					۳/	۱/
ارتفاع	۱/۲	/۲	۱	۸	۲	
		۱		۱/	۱/	۳/
بارندگی	۲	۱	۱	۶	۱	
			۲/	۱/	۲/	۵/
ساعات آفتابی	۱	/۲	۱	۷	۱	
		۱	۲/	۱/	۲/	۴/

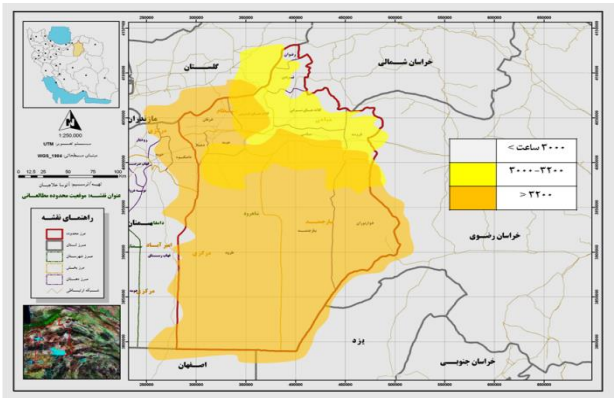


شکل ۴: وزن نسبی شاخص‌ها

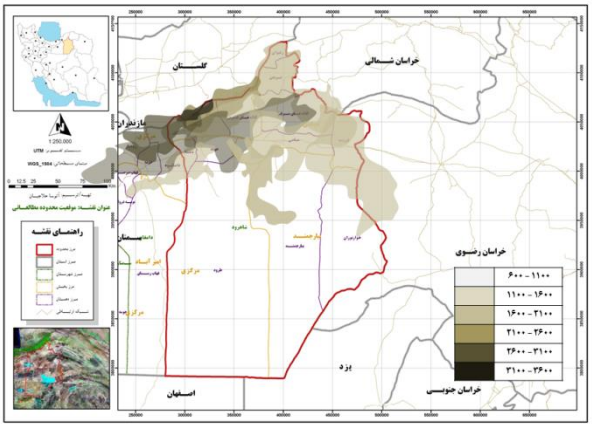
در گام بعد، لایه‌های اطلاعاتی متناسب با هر یک از شاخص‌های شش‌گانه تهیه و به شکل نقشه ترسیم شدند (شکل ۵ تا ۱۰).

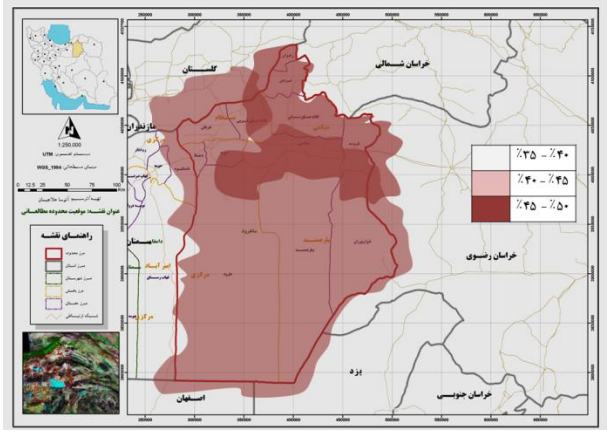


شکل ۵: نقشه پهنه‌بندی وزش باد در منطقه مطالعاتی

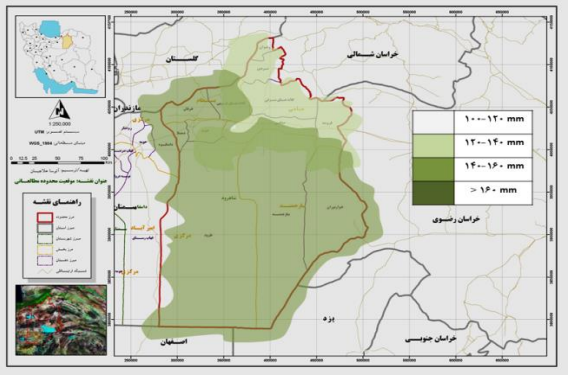


شکل ۶: نقشه ساعات آفتابی منطقه مطالعاتی



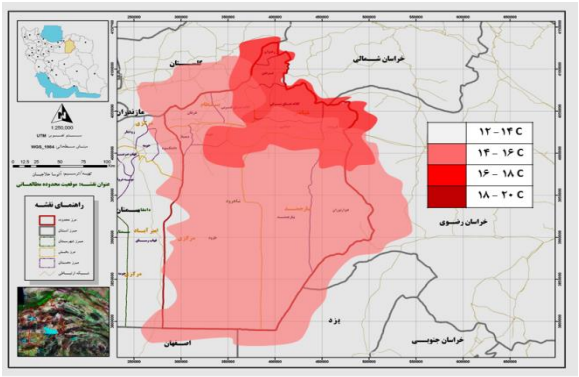


شکل ۷: نقشه تراز ارتفاعی منطقه مطالعاتی



شکل ۹: نقشه پراکندگی باران در سطح منطقه مطالعاتی

شکل ۸: نقشه پهنه‌بندی رطوبت نسبی منطقه مطالعاتی

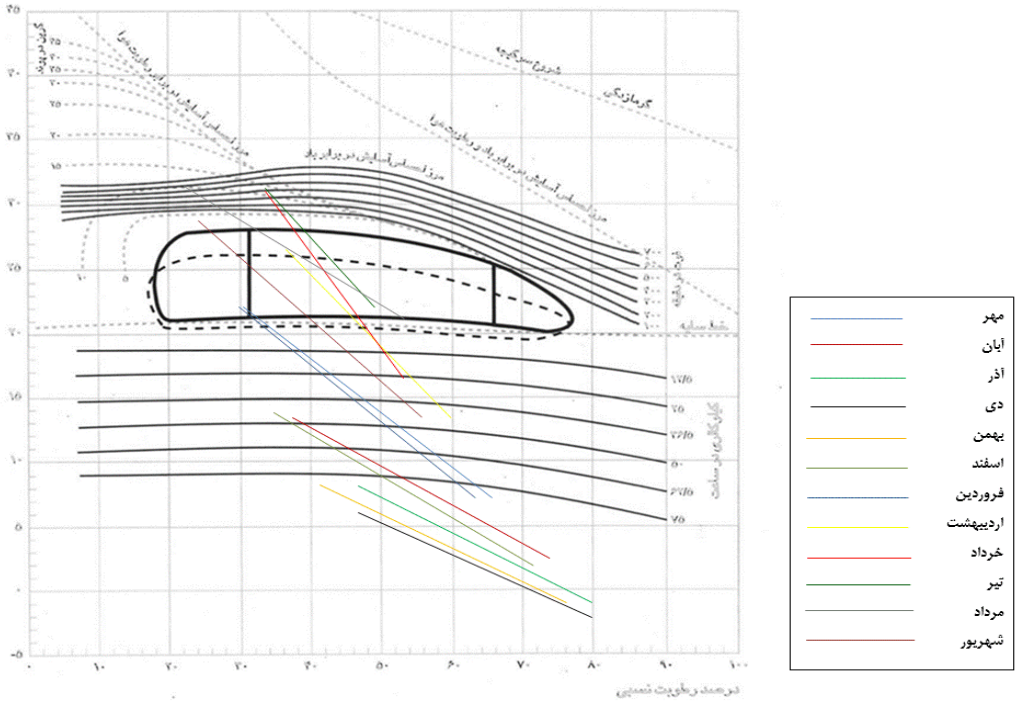


شکل ۱۰: نقشه پهنه‌بندی دمایی در منطقه مطالعاتی

با توجه به سنتز داده‌های ایستگاه های سینوپتیک در محدوده مطالعاتی در بازه زمانی مورد نظر، آسایش حرارتی و اقلیمی انسان براساس دمای موثر (روش اولگی) تعیین و ارائه شده است (جدول ۶).

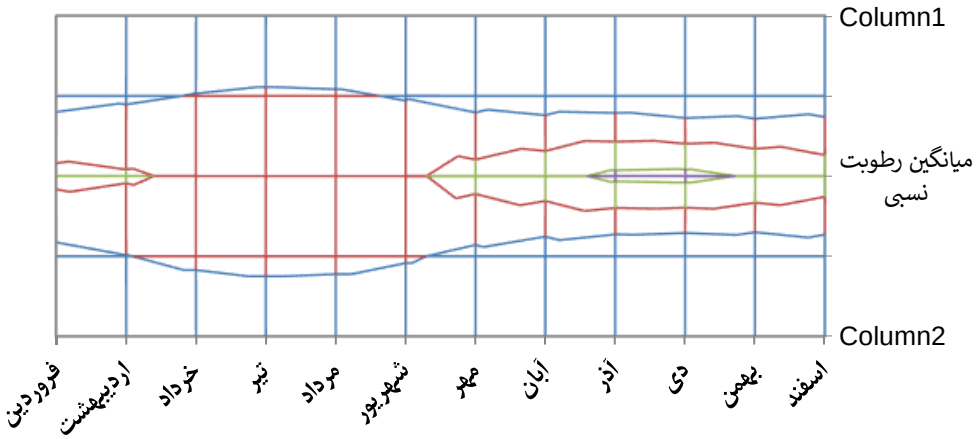
جدول ۶: آسایش انسان در ایستگاه سینوپتیک شاهرود بر اساس دمای موثر (روش اولگی)
(منبع: نگارندگان براساس یافته‌های تحقیق)

ماه / پارامتر	شرایط روزانه (حداکثردما/حداقل رطوبت)	شرایط شبانه (حداقل دما/حداکثر رطوبت)	ضریب آسایش
مهر	۳۰٪ / ۲۲.۴C°	۶۷٪ / ۸.۸۰C°	خنک
آبان	۳۷٪ / ۱۴.۸C°	۷۳٪ / ۳.۲۰C°	خنک
آذر	۴۸٪ / ۸.۲۰C°	۸۰٪ / -۱.۰۰C°	خیلی خنک
دی	۴۹٪ / ۶.۱۰C°	۸۰٪ / -۲.۷۰C°	خیلی خنک
بهمن	۴۱٪ / ۸.۸C°	۷۶٪ / -۱.۳C°	خیلی خنک
اسفند	۳۵٪ / ۱۴.۱۰C°	۷۱٪ / ۲.۸۰C°	خیلی خنک
فروردین	۳۰٪ / ۲۱.۱۰C°	۶۴٪ / ۸.۵۰C°	خنک
اردیبهشت	۲۸٪ / ۲۶.۳۰C°	۶۰٪ / ۱۳.۰۰C°	آسایش
خرداد	۲۵٪ / ۳۱.۰۰C°	۵۲٪ / ۱۷.۵C°	آسایش
تیر	۲۵٪ / ۳۳.۱۰C°	۵۱٪ / ۲۰.۳۰C°	گرم
مرداد	۲۴٪ / ۳۲.۴C°	۵۲٪ / ۱۹.۱۰C°	آسایش
شهریور	**۲۵٪ / ۲۹.۰۰C°**	**۵۸٪ / ۱۴.۸۰C°**	آسایش



شکل ۱۱: نمودار زیست اقلیمی شهرستان شاهرود (منبع: نگارندگان)

همچنین؛ نمودار زیست اقلیمی شهرستان شاهرود نیز در شکل ۱۱ ارایه شده است. همانطور که در شکل نشان داده می‌شود، نمودار زیست اقلیمی شهرستان شاهرود که براساس شرایط روزانه و شبانه ترسیم گردیده است، بیانگر آن است که تنوع اقلیمی در این منطقه بسیار زیاد بوده به‌طوری که برخی ماه ها کاملاً در محدوده آسایش قرار داشته و برخی دیگر دور از این زون قرار دارند. با توجه به شاخص‌های دمایی و رطوبت در شهرستان شاهرود، می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که چهار ماه (اردیبهشت، خرداد، مرداد و شهریور) در محدوده آسایش حرارتی بوده و چهار ماه (آذر، دی، بهمن و اسفند) در شرایط دور از آسایش حرارتی و خیلی خنک قرار دارند. ماههای مهر، آبان و فروردین در شرایط خنک بوده و حد میانه هستند. تیرماه نیز در اقلیم گرم قرار می‌گیرد. هیچ یک از ماههای سال در این محدوده مطالعاتی در زون مرطوب و شرجی قرار ندارند.براساس شاخص کمی دمای موثر (ET) نیز می‌توان اقلیم آسایش شهرستان شاهرود را تعیین نمود. نمودار آمبروترمیک شهرستان شاهرود در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



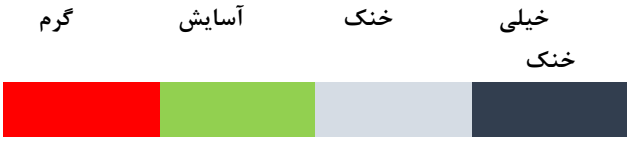
شکل ۱۲: نمودار آمبرومتریک شهرستان شاهرود براساس شاخص کمی دمای موثر (ET) (منبع: نگارندگان)

زمان‌هایی هستند که بادگیر در شهرستان شاهرود چندان کاربردی نخواهد داشت. از سوی دیگر، تیرماه، مرداد ماه و شهریور به دلیل گرمای بالا و آذر، دی، بهمن و اسفند به دلیل سرمای زیاد زمان‌های مناسبی برای استفاده از بادگیر می‌باشند.

طبقه‌بندی اقلیم آسایش شهرستان شاهرود براساس شاخص اولگی در جدول ۷ بیان شده است. رنگ‌های سبز نشانه ماه های واقع در زون آسایش حرارتی هستند. براساس شاخص اولگی، ماههای اردیبهشت و خرداد در زون آسایش حرارتی قرار دارند و

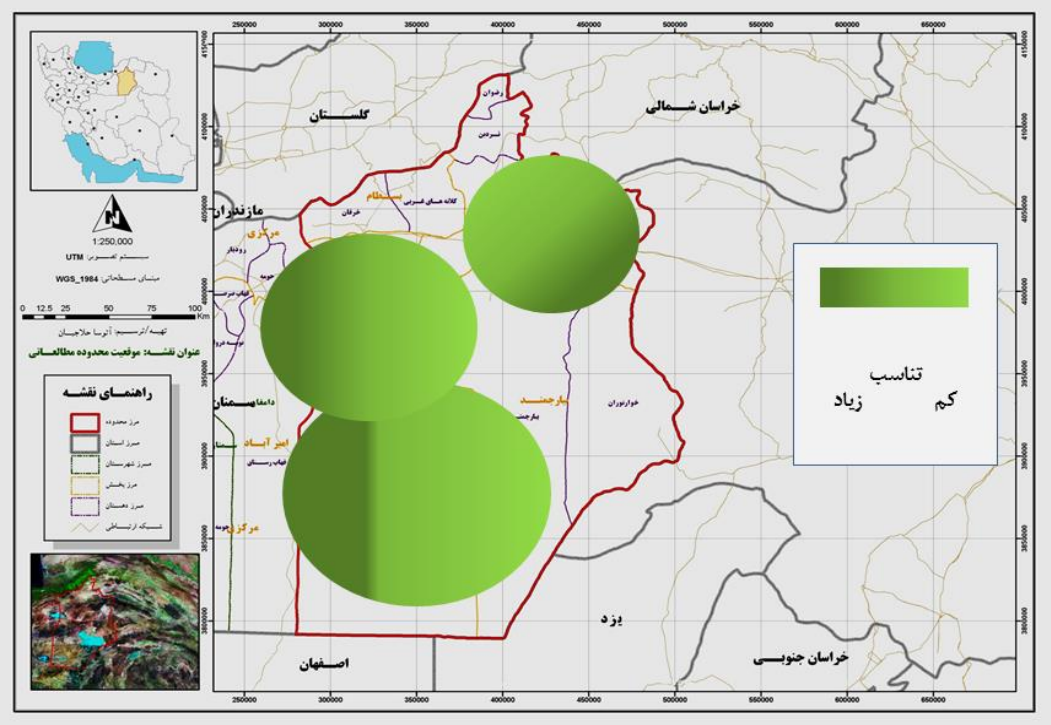
جدول ۷: مقادیر ماهیانه شاخص اولگی در شهرستان شاهرود (منبع: نگارندگان)

فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند



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.

پس از آنکه ترکیب و تجزیه و تحلیل لایه‌ها انجام گردید، نقاط مستعد برای استقرار بادگیر تعیین شده و باتوجه به اولویت‌بندی معیارهای موثر، می‌توان بهترین مکان را انتخاب نمود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳: نقشه نهایی محدوده‌های مناسب برای استقرار بادگیر در شهرستان شاهرود

نتایج و بحث

در شهرستان شاهرود نیز همانند سایر مناطق گرم و خشک ایران، بادگیر به عنوان یک عنصر اقلیمی معماری در بناها مورد استفاده بوده است (Hekmatnia & Ansari, ۲۰۱۲). همانطور که (Mohammadi Sangli & Gharashi, ۲۰۱۶) اشاره کردند، تهویه طبیعی یکی از موثرترین روش‌های تامین آسایش غیرفعال محسوب می‌شود، زیرا قابلیت بکارگیری در ساختمان‌های بزرگ و پیچیده را نیز دارا می‌باشد و در تمامی اقلیم‌ها بنا به دلیلی 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 در شهرستان شاهرود گردد. همچنین زمان بهینه برای استفاده از بادگیر نیز مشخص شود. 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 نظر اقدام گردد. با استفاده از مبانی نظری فهرست اولیه شاخص‌های مورد نظر تهیه گردید و از طریق مراجعه به آرای خبرگان نسبت به تعیین روایی آنها عمل شد. بر این مبنا 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، ساعات آفتابی، بارندگی و ارتفاع. بر این اساس، شاخص «رطوبت نسبی» حایز بالاترین وزن و شاخص «ارتفاع» واجد کمترین وزن شدند. نکته مهم آن است که در مورد تمامی شاخص-های 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 مورد نظر می‌گردد. در ادامه، نقشه پهنه-بندی هر یک از شاخص‌های مذکور تهیه و ترسیم شد.

پس از آن، منطقه مطالعاتی به لحاظ شاخص‌های مکان‌یابی بادگیر مورد مقایسه زوجی و وزن‌دهی قرار گرفت و در نهایت با رویهم‌گذاری و همپوشانی تمامی لایه‌های به دست آمده، مکان‌های بهینه برای استقرار بادگیر در منطقه مطالعاتی مشخص و شناسایی شدند.

نتایج بیانگر آن بوده است که در مجموع، بخش شمال شرقی و نیز غرب و جنوب غربی از پتانسیل بالاتری برای استقرار بادگیر برخوردار است. این مورد با نتایج تحقیقات (Valian *et al.*, ۲۰۲۰) همخوانی دارد. این در حالیست که بخش‌های شمالی شهرستان و به ویژه محدوده مهدیشهر از کمترین امتیاز در این خصوص برخوردار است که البته دلایلی نیز برای آن می‌توان متصور بود. از جمله آنکه موقعیت مکانی این شهرستان به گونه‌ای است که در تراز ارتفاعی بالاتری نسبت به سایر مناطق قرار داشته که منجر به کاهش میانگین درجه حرارت سالیانه می‌گردد. همچنین میزان بارندگی بالا نشانگر ابرناکی بیشتر و کاهش ساعات آفتابی در این منطقه می‌گردد که در نهایت پتانسیل منطقه را برای استقرار بادگیر کاهش می‌دهد. نتایج این بخش، تحقیقات پیشین را (Ziari & Khodadadi, ۲۰۱۳; Hekmatnia & Ansari, ۲۰۱۲). تایید می‌کند.لازم به ذکر است که بخش‌های جنوبی شهرستان شاهرود که شامل مناطق کویری و بیابانی هستند نیز از پتانسیل اندکی برای استقرار کاربری بادگیر برخوردارند. در این خصوص نیز دلایلی نظیر وجود پدیده گردوغبار، 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, ۲۰۱۱) احداث بادگیر را در این گونه محیط‌ها غیرضروری و ناموجه می‌سازد. از سوی دیگر، در طبقه‌بندی اقلیم آسایش شهرستان شاهرود براساس شاخص اولگی، ماههای اردیبهشت و خرداد در زون آسایش حرارتی قرار دارند و زمان‌هایی هستند که بادگیر در شهرستان شاهرود چندان کاربردی نخواهد داشت. از سوی دیگر، تیرماه، مرداد ماه و شهریور به دلیل گرمای بالا و آذر، دی، بهمن و اسفند به دلیل سرمای زیاد زمان‌های مناسبی برای استفاده از بادگیر می‌باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به ویژه روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی توام با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش رویهم‌گذاری لایه‌ها این امکان را فراهم می‌آورد تا بتوان در یک پهنه جغرافیایی وسیع مکان بهینه برای انواع کاربری‌ها را شناسایی و تعیین نمود. 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 به طور ویژه کاربرد بادگیر، در این شهرستان کاملاً امکان‌پذیر و سودمند است.

منابع:

Ahmadi, M., Teymouri, P., Dinarvand, F., Hoseinzadeh, M., Babaei, A.A., Jaafarzadeh, N. ۲۰۱٤. Municipal solid waste landfill site selection using analytical hierarchy process method and geographic information system in Abadan, Iran. Iranian Journal of Health Science, ۲(۱), ۳۷–۵۰. http://jhs.mazums.ac.ir/article-۱-۱٤۲-en.html

Alesheikh, A.A., Soltani, M.J., Nouri, N., Khalilzadeh, M. ۲۰۰۸. Land assessment for flood spreading site selection using geospatial information system, International Journal of Environmental Science and Technology ۵ (٤), ٤۵۵-٤٦۲ pp. https://link.springer.com/article/۱۰,۱۰۰۷/BF۰۳۳۲٦۰٤۱

Arab, M., Farokhzad, M. ۲۰۲۰. Location of a crossroads with Khakpanah architecture in Semnan province, Geographical Planning of Space, Volume ۹, Number ۳۲, Pages ۱۸۱-۱۹۸ pp. https://iranjournals.nlai.ir/۰۲۰۰/article_٦۳٤۷۳۹.html

Bertolini, M., M.,Braglia .۲۰۰٦. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract, ۱۷ January. https://www.academia.edu/۳۰۹۷۷۳٦۲/Application_of_the_AHP_methodology_in_making_a_proposal_for_a_public_work_contract

Beskese, A., Demir, H.H., Ozcan, H.K., Okten, H.E. ۲۰۱۵. Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul. Environmental Earth Sciences, ۷۳(۷), ۳۵۱۳–۳۵۲۱. https://link.springer.com/article/۱۰,۱۰۰۷٪۲Fs۱۲٦٦۵-۰۱٤-۳٦۳۵-۵

Blen, M., Martin, G., ۲۰۰۸. Weather Climate and Tourism a Geography Perspective, Annals of Tourism Research, vol ۲۳, No۳, pp ۵۷۱-۵۹۱.[https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.annals.۲۰۰٤,۰۸,۰۰٤].

Chou, Y.C., Yen, H.Y., Dang, V.T., Sun, C.C. ۲۰۱۹, Assessing the Human Resource in Science and Technology for Asian Countries: Application of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS, *Symmetry*, ۱۱(۲), ۲۵۱. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/sym۱۱۰۲۰۲۵۱

De Freitas, C.R., Scott, D., McBoyle, G., ۲۰۰۸. "A second generation climate index for tourism: specification and Verification " International of Biometeorotogy.۵۲:۳۹۹-٤۰۷.[DOI: ۱۰,۱۰۰۷/s۰۰٤۸٤-۰۰۷-۰۱۳٤-۳].

Hamilton, J.M., Lau, M.A., ۲۰۰۵, the role of climate information in tourist destination choice decision-making. In: Gössling S, Hall CM (eds) Tourism and global environmental change: ecological, social, economic and political interrelationships. Routledge, London, pp ۲۲۹°۲۵۰ [*https://pdfs.semanticscholar.org ›*].

Hekmatnia, H., Ansari, J. ۲۰۱۲. Meybod Housing Planning with a Sustainable Development Approach, Human Geography Research, Vol ٤٤ (۷۹), ۱۹۱-۲۰۷ pp. https://jhgr.ut.ac.ir/article_۲٤۵۳۲.html

Heydari, N., Doostan, R., Habibinokhandan, M. ۲۰۱۷. Location of urban meteorological stations in the metropolis of Mashhad, Climate Research, Year ۷, Nos. ۲۷ and ۲۸, ۵۹-۷۵ pp. http://clima.irimo.ir/article_۵٤۷٦۵.html

IMO, ۲۰۱۱. I. R. of Iran Meteorological Organization. {www.irimo.ir}.

Kamyabi, S., Seyedalipoor, S.K., Hasanabadi, M. ۲۰۱۳. 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 "٤-٦ city management", ٤۹, number ۱, disciplinary geography, Vol. ۱, NO. ۳: ٤۹-٦٤ pp.

Khorsandi, H., Faramarzi, A., Aghapour, A., Jafari, S.J. ۲۰۱۹. Landfill site selection via integrating multi-criteria decision techniques with geographic information systems: a case study in Naqadeh, Iran, Environmental Monitoring and Assessment, ۱۹۱, ۷۳۰. **https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۰٦٦۱-۰۱۹-۷۸٦۳-۸**

Mahdavinejad, M.J., Javanroodi, K. ۲۰۱۱. Comparative comparison of the effect of air flow on two types of Yazdi and Kermani wind-catcherss, Journal of Fine Arts, Vol. ٤۸; ۳, No. ٤, ٦۹-۷۹ pp. https://jfaup.ut.ac.ir/article_۲۹٦۷۸.html

Mahmoodi Zarandi, M. ۲۰۱٦. An analysis of the orientation, location and service spaces of wind-catcherss in the native houses of Yazd, Maskan and Rural Environment Magazine, Vol. ۳۵, No. ۱۵۳: ۳۵-٤٦ pp. URL: http://jhre.ir/article-۱-۷۱۸-fa.html

Matzarakis, A., ۲۰۰٦. Weather- and climate-related information for tourism. Tour HospPlann Dev ۳:۹۹°۱۱۵. [*doi:10.1080/ 14790530600938279*]

Mohammadi Sangli, K., Gharashi, S. ۲۰۱٦. Sustainable urban development; global approach with local solutions (case study: review of sustainability criteria in traditional architecture of Yazd city), art and architecture studies, Vol. ۱۱ & ۱۲, No. ٤-٥, ۸۷-۹۹ pp. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=۲۷۳۷۷۹

Moharamnejad, N., Laghai, H.A., Arjmandi, R., Bahmanpour, H. ۲۰۱۲. Ecological Capability Evaluation of Outdoor Recreation by Integrating Geographic Information System (GIS) and Index Overlaying (IO), Arabian Journal for Science and Engineering volume ۳۸, pages۱۲۱–۱۳٤. **https://link.springer.com/article/۱۰,۱۰۰۷/s۱۳۳٦۹-۰۱۲-۰۳۹۸-۸**

Mokhtari, M., Hosseini, F., Babaee, A., Mirhoseini, S. ۲۰۱٥. Application of AHP and TOPSIS models for site selection of municipal solid waste landfill (case study: Lali City). Tolooebehdasht, ۱٤(٤), ۱٤۳–۱٥۳. http://tbj.ssu.ac.ir/browse.php?a_id=۱۷۸٤&sid=۱&slc_lang=en

Morahemi, S., Yari Broojeni, N., Saadvandi, M. ۲۰۱۷. The typology of Laft port wind-catcherss based on facade decorations, housing and rural environment, Vol. ۱٥۹, ۱۹-۳٤ pp. http://jhre.ir/article-۱-۱۲۱۷-fa.pdf

Poorahmadi, M., Ayatalahi, S.M.H. ۲۰۱۱. Reconstruction strategies of Yazd windbreaks based on spatial relationship with summer residence, city and local architecture, No. ۱, ۷-۱۸ pp. https://www.magiran.com/paper/۹٦٦۹٥۲

Rathore, S., Ahmad, S., Shirazi, S. ۲۰۱٦. Use of the suitability model to identify landfill sites in Lahore-Pakistan. Journal of Basic and Applied Sciences, ۱۲, ۱۰۳–۱۰۸. https://www.lifescienceglobal.com/independent-journals/journal-of-basic-and-applied-sciences/volume-۱۲/۸٤-abstract/jbas/۲۱۲۱-abstract-use-of-the-suitability-model-to-identify-landfill-sites-in-lahore-pakistan

Roohi, S. ۲۰۱٤. The use of wind energy in wind-catcherss in order to reduce the cooling load of the building, the Second International Congress of Structural, Architectural and Urban Development, Tabriz - The Permanent Secretariat of the International Congress of Structural, Architectural and Urban Development, https://www.civilica.com/Paper-ICSAU۰۲-ICSAU۰۲_۱۱۹۳.html

Şener, Ş., Sener, E., Karaguzel, R. ۲۰۱۱. Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, ۱۷۳(۱-٤), ٥۳۳–٥٥٤. https://link.springer.com/article/۱۰,۱۰۰۷٪۲Fs۱۰٦٦۱-۰۱۰-۱٤۰۳-x

Shi, Y., Liu, X. ۲۰۱۹. Research on the Literature of Green Building Based on the Web of Science: A Scientometric Analysis in CiteSpace (۲۰۰۲–۲۰۱۸), Sustainability ۲۰۱۹, ۱۱(۱۳), ۳۷۱٦; https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/su۱۱۱۳۳۷۱٦

SYSP, ۲۰۱٥. Statistical Yearbook of Semnan Province, Iranian Statistical Center Publications, ۷۷ p.

Valipoor, M., Bahrami, M., Rahimabadi, A., Karimi, O. ۲۰۱٤. Location of Boroujerd gas station using geographic information system (GIS), Zagros Perspective, Year ٦, No. ۲۰, ۱٦۱-۱۷۹ pp. https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=۲۱۹۸۱۰

Valian, T., Mofidi Shemirani, S.M., Mahmoodi, M. ۲۰۲۰. Investigating and Identifying Sustainable Development Patterns in Indigenous Iranian Architecture (Case study: Semnan wind-catchers), geores. ۲۰۲۰; ۳٥ (۲). (In press). URL: http://georesearch.ir/article-۱-۸۷۷-fa.html

Ziabakhsh, N., Zad, G., Davoodi, A. ۲۰۱۱. Comparative study of sustainability in residential and indigenous architecture of hot and dry climate based on wind-catcherss and materials (Case study: Nain and Taft houses), National Conference on Civil Engineering, Architecture, Urban Planning and Energy Management, Islamic Azad University, Ardestan Branch, https://www.civilica.com/Paper-NCCEAUPEM۰۱-NCCEAUPEM۰۱_۰٥۷.html

Climatic zoning of Shahrood city based on windbreak location indices and parameters affecting thermal comfort

Tayebeh Valian[۱], Seyed Majid Mofidi Shemirani[۲*], Mahnaz Mahmoodi[۳]

۱- Department of Architecture, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran
۲- Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urbanism, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran (Corresponding author)
۳- Department of Architecture, Faculty of Engineering, North of Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ABSTRACT

The purpose of this study is to locate windbreaks in Shahrood city with respect to climatic zoning and thermal comfort. This research is applied in terms of purpose. First, by examining the theoretical foundations, the initial list of indicators affecting the location of windbreaks was prepared and reviewed and approved by Delphi fan. Then, in order to find areas prone to windbreak, a hybrid model was used. Also, the Olegi model was used to determine the thermal comfort in Shahrood and to identify suitable times for using windbreaks. This model incorporates the Analytical Hierarchy Process (AHP) technique and the Geographic Information System (GIS). Tools used included ArcGIS software, version ۹٫۳ and Expert Choice software, version ۲۰۰٤. Paired comparison method was used to weight the indicators and zones. Six indicators of sundial, wind, altitude, temperature, relative humidity and rainfall were identified for windbreak location. Relative humidity index with a weight of ۰٫۳۸ had the highest and height index with a weight of ۰٫۱٥٤ had the lowest score. The months of May and June are in the zone of thermal comfort and there are times when windbreaks will not be very useful in Shahrood city. On the other hand, July, August and September due to high temperatures and December, January, February and March due to high cold are good times to use windbreaks. Finally, the layer related to each indicator was prepared and drawn for Shahrood city. The use of hierarchical analysis method combined with GIS and layer superimposing method makes it possible to identify and determine the optimal location for a variety of uses in a wide geographical area.

Keywords: Location, windbreak, zoning, GIS, hierarchical analysis method, Shahrood.