

بررسی مصرف گاز طبیعی در برخی نمایه‌ها و نمودارهای زیست‌اقليمی در شهر زنجان

حسین عساکره* - استاد آب‌وهواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان
محمد محمدی - کارشناس ارشد آب‌وهواشناسی کاربردی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۷

چکیده

در فصل زمستان، به‌ویژه در مناطق سردسیر، گاز طبیعی از مهم‌ترین حامل‌های انرژی برای تأمین آسایش آب‌وهوایی است. به‌منظور مطالعه آسایش آب‌وهوایی و تأثیر آن بر مصرف گاز طبیعی در شهر زنجان از میانگین درازمدت فراسنج‌های آب‌وهوایی استفاده شد. تقویم آب‌وهوایی با استفاده از نمایه‌های به‌کاررفته در مدل ریمن و شرایط آسایش ماهانه به وسیله نمایه نوول و نمودار زیست‌اقليمی اولگی مشخص شد و در هریک از آن‌ها میزان مصرف گاز طبیعی مطالعه و مشخص گردید که مرداد و تیر گرم‌ترین ماه‌های سال در شهر زنجان هستند و در این زمان کمترین مقدار گاز طبیعی نیز مصرف می‌شود. بیشترین مقدار مصرف گاز طبیعی در نمایه‌های مدل ریمن در تنش سرمایی بسیار شدید رخ داده است. میزان مصرف گاز طبیعی در این شهر به‌شدت تابع شرایط آب‌وهوایی است و بهترین نمایه در جهت ارائه تقویم آب‌وهوایی در این شهر با تأکید بر مصرف گاز طبیعی «نمایه دمای مؤثر استاندارد (SET)» تشخیص داده شد. از این شاخص برای پیش‌بینی میزان مصرف گاز طبیعی استفاده شد و مشخص گردید که به ازای یک واحد کاهش در شاخص دمای مؤثر استاندارد، مقدار ۶۳۱۰۰ متر مکعب مصرف گاز طبیعی در شهر زنجان افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: آسایش آب‌وهوایی، زنجان، گاز طبیعی، نمایه‌های آب‌وهوایی، همبستگی.

مقدمه

انسان پیوسته در پی رسیدن به آسایش و رفاه بوده است. یکی از جلوه‌های آسایش، آسایش آب‌وهوایی و سازگاری با شرایط جوی است. منظور از آسایش آب‌وهوایی مجموعه شرایطی است که از نظر گرمایی حداقل برای ۸۰ درصد از افراد مناسب باشد و تحت آن شرایط سرما و گرما احساس نشود، بلکه شرایط دمایی خنثی احساس شود (قبادیان و مهدوی، ۱۳۷۲). آسایش حرارتی با تعادل حرارتی بدن انسان مرتبط است. تعادل حرارتی وابسته به مسائل زیستی، روانی، و محیطی است که با چگونگی انتقال حرارت بین انسان و محیط، به عنوان مسئله پیچیده، وابستگی دارد، در ارتقای کیفی زندگی مؤثر است، فیزیک حرکت را بهبود می‌بخشد، و از نظر ذهنی شرایط را برای بهتر فکر کردن و اندیشیدن مهیا می‌کند. انسان هنگامی از توانایی‌های خود می‌تواند استفاده کند که در محیط مطلوب آسایشی باشد. در فصل گرم یا سرد و در محیط‌های نامساعد حرارتی بازده افراد به‌شدت کاهش می‌یابد (حیدری، ۱۳۹۳: ۴). احساس گرما و سرما حاصل برهم‌کنش شرایط دمایی - تابشی، رطوبت، و باد است. آسایش آب‌وهوایی، که خود تحت تأثیر پدیده‌های مختلفی (شرایط دمایی - تابشی، رطوبت، و باد) است، مورد توجه بسیاری اندیشمندان جهان و ایران بوده است. در زیر به برخی مطالعات اشاره می‌شود:

گیونی (۱۹۶۹) منطقه آسایش و شرایط زیست‌اقليمی را در ارتباط با دو عنصر دما و رطوبت نسبی مشخص کرد. برای تعیین شرایط زیست‌اقليمی و نیازهای ساختمانی، از متوسط بیشینه دما و کمینه رطوبت نسبی استفاده شد. تورسون و همکاران (۲۰۰۴)، بر اساس موازنه انرژی بدن انسان، بر پایه دو نمایه دمای معدل فیزیولوژیک (PET) و متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده (PMV) اثر محیط گرمایی را در میزان استفاده مردم از فضای پارک شهری گاتبرک سوئد مطالعه کردند. آن‌ها، با استفاده از نمایه دما- فیزیولوژیک، روابط بین محیط گرمایی و الگوی رفتاری مراجعان به پارک را تحلیل کردند. بودن و گراب (۲۰۰۵) نیز به بررسی آسایش گرمایی در پنج شهر از دو منطقه تونس پرداختند. آن‌ها در تحقیق خود، با پرسشگری از حدود دویست نفر، درباره شرایط محیط زندگی و محل کار در هر ماه از سال ارتباط معنی‌داری بین آسایش دمایی و نمایه‌های آسایش دمایی به‌دست آوردند. توی و همکاران (۲۰۰۷) به مطالعه و تعیین آسایش زیست آب‌وهوایی در شهر ارزروم در سه منطقه شهری، روستایی، و شهری- جنگلی ترکیه پرداختند و نتیجه گرفتند که در مناطق شهری- جنگلی دمای بیشینه تنش گرمایی به‌صورت جدی سلامت مردم را تهدید می‌کند. برتی و ریساردی (۲۰۰۹) پس از ارزیابی واکنش دانشجویان در مقابل تغییرات شرایط آسایش گرمایی در کلاس درس دانشگاه «پریجیا ایتالیا» با استفاده از نمایه PMV و پیش‌بینی درصد نارضایتی افراد (PPD) مشخص کردند که در فصل‌های بهار، پاییز، و زمستان در کلاس درس شرایط آسایش فراهم است.

در ایران نیز می‌توان از مطالعات فراوانی در زمینه آسایش گرمایی یاد کرد؛ در زیر به برخی اشاره می‌شود:

خوشحال و همکاران (۱۳۸۵)، با استفاده از گروه‌بندی خوشه‌ای در پهنه‌بندی زیست‌اقليم انسانی استان اصفهان، با به‌کاربردن روش ماهانی، اولگی، و ترجونگ به طبقه‌بندی زیست‌اقليم استان پرداختند؛ بر اساس نتایج پژوهش آنان، فقط روش گیونی روشی برتر پیشنهاد شده است. ذوالفقاری (۱۳۸۶) نیز در تعیین تقویم آب‌وهوایی تبریز با استفاده از نمایه‌های PET و PMV به این نتیجه رسید که دوره آسایش آب‌وهوایی در این شهر بسیار محدود است. صادقی روش (۱۳۸۹) در ارزیابی ضرایب زیست‌اقليمی مؤثر در آسایش انسان در شهر یزد به این نتیجه رسید که در طی سال شرایط زیست‌اقليمی فوق‌العاده داغ تا بسیار خنک در منطقه حاکم است و از میان نمایه‌ها، نمایه اولگی از دیگر نمایه‌ها مناسب‌تر است. قنبری و همکاران (۱۳۸۹) در ارزیابی آسایش انسانی در شهر لار به این نتیجه رسیدند که در طی سال از شرایط فوق‌العاده داغ تا بسیار خنک محتمل است. جلالی و همکاران (۱۳۸۹) زمان مناسب گردشگری در شهرستان پیرانشهر را با استفاده از نمایه‌های PET و PMV محاسبه کردند و زمان مناسب گردشگری را محدود به دو ماه خرداد و شهریور دانستند. ساری صراف و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از نمایه‌های PET و PMV زمان مناسب گردشگری در شمال استان آذربایجان غربی را مشخص کردند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که نمایه PET بهترین نمایه برای تعیین تقویم زمانی گردشگری در این منطقه است. بریمانی و اسماعیل‌نژاد (۱۳۹۰) در پژوهشی سواحل جنوبی کشور را از لحاظ زیست‌اقليمی با روش‌های سنتی (ترجونگ و اولگی) و روش‌های نوین نمایه تعادل دمایی، گرما و رطوبت، درجه شرجی درجه خستگی انسان، درجه سختی و الگوی تعادل دمایی در هفت ایستگاه هواشناسی مطالعه کردند. عطایی و هاشمی‌نسب (۱۳۹۱) در ارزیابی زیست‌اقليم انسانی شهر اصفهان با استفاده از روش‌های ترجونگ، PET، PMV، و TCI^۴ به این نتیجه رسیدند که در اغلب روش‌ها ماه‌های مه و سپتامبر بهترین ماه‌ها از لحاظ آسایش آب‌وهوایی شناخته شده‌اند و شرایط آب‌وهوایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در ماه‌های ژانویه، فوریه، و دسامبر (ماه‌های سرد سال) و ماه‌های ژوئن، ژوئیه، و اوت (ماه‌های گرم) به سمت نامطلوب سوق پیدا می‌کنند. انتظاری و همکاران (۱۳۹۱) در ارزیابی آسایش انسانی در شهر کاشمر به این نتیجه رسیدند که شرایط آسایش زیست‌اقليمی در منطقه مورد مطالعه، ماه‌های اردیبهشت و مهر است. قویدل رحیمی و احمدی (۱۳۹۲) به ارزیابی برآورد و تحلیل زمانی آسایش آب‌وهوایی شهر تبریز پرداختند.

1. Physiological Equivalent Temperature
2. Predicted Mean Vote
3. Predicted Percentage Of Dissatisfied
4. Tourism Climatic Index

نتیجه به دست آمده از مطالعه ایشان نشان داد که بیشترین میزان ساعات آسایش آب‌وهوایی در ماه‌های اوت، جولای، و سپتامبر است و کمترین مقدار آن در ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه، و مارس متمرکز است. انصاری لاری و زارعی کلویی (۱۳۹۳) در ارزیابی آسایش انسانی در شهرستان میناب دهستان تیاب به این نتیجه رسیدند که منطقه تیاب در طی سال از نظر زیست‌اقليمی از شرایط فوق‌العاده داغ تا بسیار خنک در ماه‌های مختلف برخوردار است. شرایط حاکم بر آب‌وهوای هر منطقه از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در شکل‌گیری فضاهای زیستی انسان (نظیر مسکن و شهرها) و نیز از عوامل تأثیرگذار در واکنش‌های انسان و نیز روابط وی با محیط است. از این رو، جلوه‌های متفاوت و بعضاً متباين و متمایز از عملکرد انسانی در طراحی محیطی رخ می‌دهد. بدین ترتیب، سازگاری کالبد ساختمان با شرایط محیطی موجب کاهش مصرف انرژی و آلودگی‌های حاصل از آن خواهد بود (اخترکاو، ۱۳۹۰) و نیز بیلان گرمای بدن انسان موجبات آسایش گرمایی را مهیا می‌کند. گاهی ورودش شرایط جوی-آب‌وهوایی در طی سال با واسطه تغییر نوع لباس یا به‌کارگیری حامل‌های انرژی (نظیر گاز طبیعی و انرژی الکتریکی) جبران‌شدنی است. در مناطق سردسیر، استفاده از انرژی حاصل از گاز طبیعی و در مناطق گرمسیر استفاده از انرژی حاصل از برق متداول‌تر است. در مطالعه پیش رو، آسایش گرمایی و تأثیر آن بر مصرف گاز طبیعی در شهر زنجان در یک دوره ۳۵ ساله (۱۳۵۹-۱۳۹۴) بررسی خواهد شد. زنجان در ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی در شمال غرب ایران واقع شده است.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر آب‌وهوا در آسایش انسان و میزان مصرف انرژی گاز طبیعی، عناصر آب‌وهوایی مؤثر در آسایش گرمایی (شامل دما به درجه سلسیوس، رطوبت به درصد، سرعت باد به متر بر ثانیه، و ساعات آفتابی) طی دوره آماری ۳۵ ساله (۱۳۵۹-۱۳۹۴) از ایستگاه همدید زنجان اخذ شد. داده‌های مربوط به میزان مصرف گاز طبیعی (به متر مکعب و به صورت روزانه) از اداره گاز شهرستان زنجان برای دوره آماری ۳۵ ساله (۱۳۸۵-۱۳۹۳) و برای مجموع مصارف اخذ شد. با استفاده از منابع کتابخانه‌ای (نظیر مقالات و کتاب‌ها)، مبانی نظری و کلیات پژوهش تدوین و سپس داده‌های اخذ شده از سازمان‌های مختلف در نرم‌افزار متلب^۱ گردآوری، پیش‌پردازش، و واکاوی آماری شد. از داده‌های مربوط به مصرف گاز طبیعی به صورت روزانه و ماهانه استفاده شد. به منظور مرتب‌سازی، تحلیل توصیفی و استنباطی، و همچنین رسم نمودارها از نرم‌افزار متلب استفاده شد. با در نظر گرفتن میانگین درازمدت فراسنج‌های آب‌وهوایی، از نمایه‌ها و نمودارهای زیست‌اقليمی «نوول» و «اولگی» و نمایه‌های SET، PET، و PMV به‌کاررفته در مدل ریمن^۲ استفاده شد و محاسبات مربوط به صورت ترسیمی ارائه شده است:

نمایه نوول^۳ بیانگر نیاز سرمایشی و گرمایشی با توجه به میانگین ماهانه دما و میانگین حداقل دمای ماهانه به صورت ساعتی است. اگر نتیجه نمایه نوول، که واحد آن درجه سلسیوس است، از ۲۱٫۱ درجه سلسیوس کمتر باشد، نیاز به گرمایش وجود خواهد داشت و اگر از ۲۱٫۱ تا ۲۶٫۷ درجه سلسیوس باشد (جدول ۱)، در محدوده آسایش قرار خواهد داشت (نوول، ۱۹۸۱):

$$T = T_{min} + (T_D * \theta) \quad (1)$$

در این رابطه، T دمای دوساعته به درجه سلسیوس، T_{min} میانگین کمینه دمای ماهانه، T_D تفاوت دمای کمینه و بیشینه، و θ ضریب ثابت است.

جدول ۱. محدوده‌های نیاز سرمایشی و گرمایشی بر اساس نمایه نوول (نوول، ۱۹۸۱)

وضعیت	محدوده دمایی
نیاز به گرمایش	کمتر از ۲۱/۳ درجه
محدوده آسایش	ما بین ۲۱/۳ و ۲۶/۷ درجه
نیاز به سرمایش	بیشتر از ۲۶/۷ درجه

با استفاده از نمودار بیوکلیمایی اولگی، می‌توان وضعیت گرمایی هر لحظه مورد نظر را از نظر یک فرد ملبس به پوشاک درون خانه و سرگرم فعالیت سبک یا استراحت در سایه بررسی کرد. برای این کار، باید دما و رطوبت نسبی لحظه مورد نظر را روی نمودار تصویر کرد و وضعیت منطقه تصویر شده را نسبت به منطقه آسایش نمودار سنجید. اگر نقطه مزبور در داخل آن منطقه قرار بگیرد، معنایش این است که شخص در سایه و در وضعیتی که سرعت هوا نامحسوس باشد (کمتر از یک متر در ثانیه) احساس راحتی خواهد کرد و اگر نقطه خارج از منطقه مزبور بیفتد، معنایش این است که شخص در شرایط آب‌وهوایی موجود اساس راحتی نخواهد کرد؛ مگر آنکه اقدامی در جهت اصلاح وضعیت گرمایی انجام گیرد (رازجویان، ۱۳۶۷: ۳۸).

نمایه‌های PMV، PET، و SET، که از مهم‌ترین نمایه‌های دما-کاراندام‌شناسی و از اجزای الگوی ریمن به‌شمار می‌آیند، از نرم‌افزار موسوم به «ریمن» قابل دستیابی‌اند. الگوی یادشده را ماتزاراکیس (۲۰۰۲) برای محاسبه شارهای تابشی به‌ویژه در بین ساختمان‌های شهری طراحی کرده است (ذوالفقاری، ۱۳۹۲: ۱۲۸). فراسنج‌های آب‌وهوایی که در به‌دست‌آوردن اجزای الگوی ریمن استفاده شده است شامل دمای هوا به درجه سلسیوس، رطوبت نسبی به درصد، سرعت باد برحسب متر بر ثانیه، و میزان ابرناکی آسمان برحسب اکتا است. با در نظر گرفتن میانگین درازمدت فراسنج‌های آب‌وهوایی فوق بر روی افراد ۳۵ ساله با وزن ۷۵ کیلوگرم، قد ۱۷۵ سانتی‌متر، و واحد نارسایی لباس ۱ کلو^۱، مقدار نمایه‌های مدل ریمن از طریق نرم‌افزار ریمن استخراج شد (جدول ۲).

جدول ۲. ارزش نارسایی لباس‌های مختلف (رازجویان، ۱۳۶۷)

ردیف	مجموعه پوشاک	ارزش نارسایی به کلو
۱	برهنه	۰
۲	شلوار کوتاه	۰/۱
۳	لباس زیر نازک پنبه ای آستین کوتاه همراه با جوراب های نخی	۰/۳۵
۴	لباس زیر نازک پنبه ای آستین کوتاه همراه با جوراب های نخی و پیراهن آستین کوتاه یقه باز	۰/۵
۵	شلوار سبک، جلیقه، پیراهن آستین بلند و کت	۱
۶	شلوار سبک، جلیقه، پیراهن آستین بلند و کت + پالتوی پنبه ای	۱/۵
۷	لباس مخصوص مناطق قطبی	۳/۵

شرایط آسایش در نمایه PET و PMV از شرایط تنش سرمایی بسیار شدید تا تنش گرمایی بسیار شدید برابر جدول ۳ است.

جدول ۳. مقادیر آستانه نمایه PET و PMV در درجات مختلف حساسیت انسان (ماتزاراکیس و همکاران، ۱۹۹۹)

PMV	PET	حساسیت حرارتی	درجه تنش فیزیولوژیک
< -۳.۵	< ۴	خیلی سرد	تنش سرمای بسیار شدید
-۳.۵	۴	سرد	تنش سرمای شدید
-۲.۵	۸	خنک	تنش سرمای متوسط
-۱.۵	۱۳	کمی خنک	تنش سرمای اندک
-۰.۵	۱۸	راحت	بدون تنش سرما
۰.۵	۲۳	کمی گرم	تنش گرمای اندک
۱.۵	۲۹	گرم	تنش گرمای متوسط
۲.۵	۳۵	خیلی گرم	تنش گرمای شدید
۳.۵	۴۱	داغ	تنش گرمای بسیار شدید

شرایط آسایش در نمایه SET از شرایط فوق‌العاده گرم تا شرایط فوق‌العاده سرد برابر جدول ۴ است.

جدول ۴. مقادیر آستانه نمایه SET در درجات مختلف حساسیت انسان (گنزالز و همکاران، ۱۹۷۴)

شرایط آسایش	ضریب
فوق‌العاده گرم	بیشتر از ۳۰
شرجی	۲۷/۵ - ۳۰
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 - ۱/۶۷
سرد	۱/۶۷ - (-۱۰)
خیلی سرد	(-۱۰) - (-۲۰)
فوق‌العاده سرد	کمتر از -۲۰

به منظور تعیین ارتباط بین مصرف گاز با هریک از عناصر آب‌وهوایی و مقادیر نمایه‌های PMV، PET و SET از رابطه همبستگی پیرسون استفاده شد و مقادیر نمایه‌های فوق در طی دوره آماری مربوط به گاز طبیعی (نُه سال) به وسیله نرم‌افزار ریمن به صورت روزانه محاسبه و با مقادیر مصرف گاز طبیعی در همان روز مقایسه شد. متداول‌ترین نمایه برای بیان همبستگی استفاده از ضریب همبستگی پیرسون است. این نمایه جهت و درجه همبستگی را نشان می‌دهد (عساکره، ۱۳۹۰: ۱۸۸):

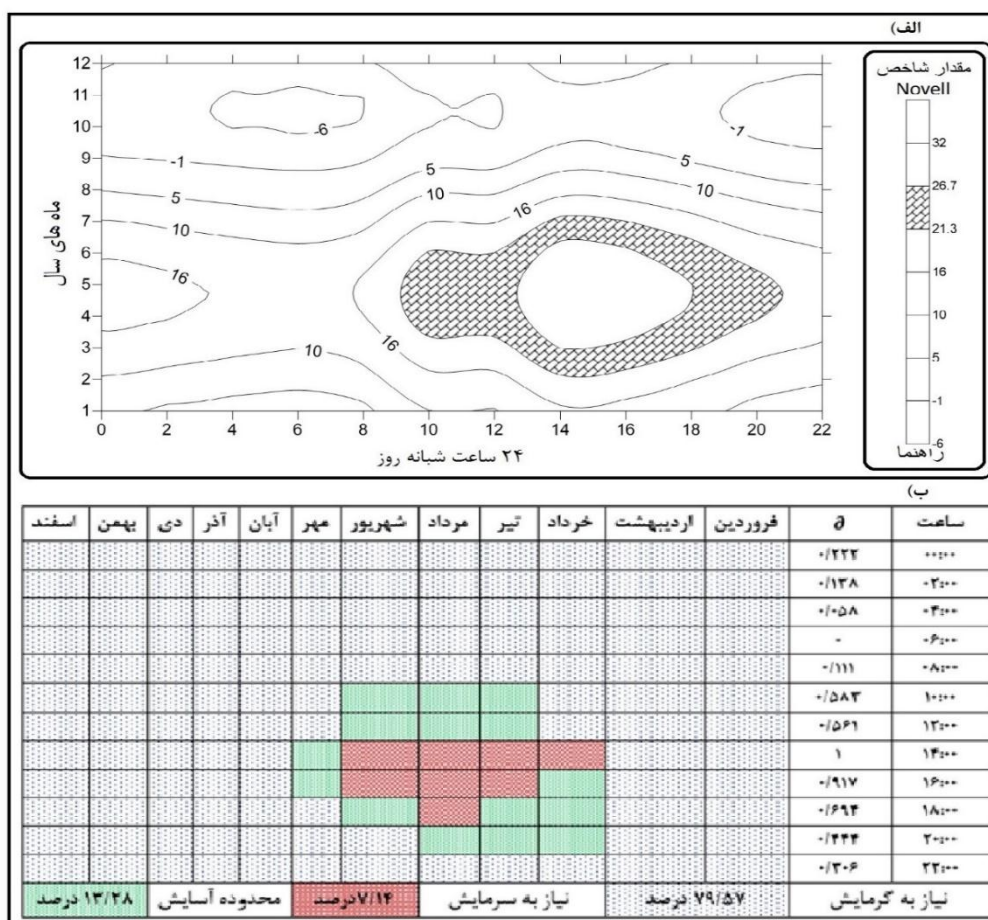
$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

در رابطه ۲، ضریب همبستگی، x_i و y_i متغیرها، و \bar{x} و \bar{y} میانگین متغیرهاست.

یافته‌ها (نتایج)

الف) شرایط زیست‌اقلیمی زنجان

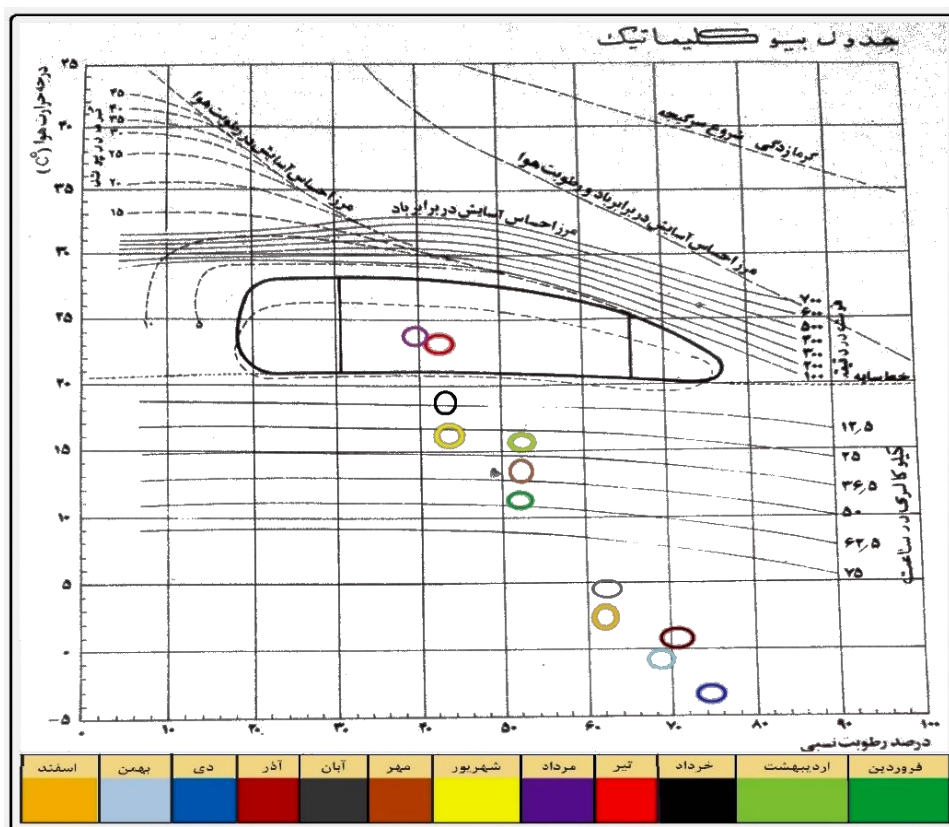
شکل ۱ نتایج به‌دست‌آمده از نمایه آسایش نوول برای شهر زنجان را نشان می‌دهد. نیاز به گرمایش ۷۹/۵۷ درصد و نیاز به سرمایش ۷/۱۴ درصد و محدوده آسایش ۱۳/۲۸ درصد (ناحیه هاشورزده در شکل ۱ - الف) از ساعات سال را دربر می‌گیرد. همان گونه که ملاحظه می‌شود، شهر زنجان، به دلیل شرایط آب‌وهوایی سرد و خشک، در بیشتر ماه‌های سال به‌خصوص در فصول سرد سال به گرمایش نیاز دارد.



شکل ۱. برآورد شاخص نوول به شکل ترسیمی (الف) و جدولی (ب) برای شهر زنجان (نویسندگان، ۱۳۹۵)

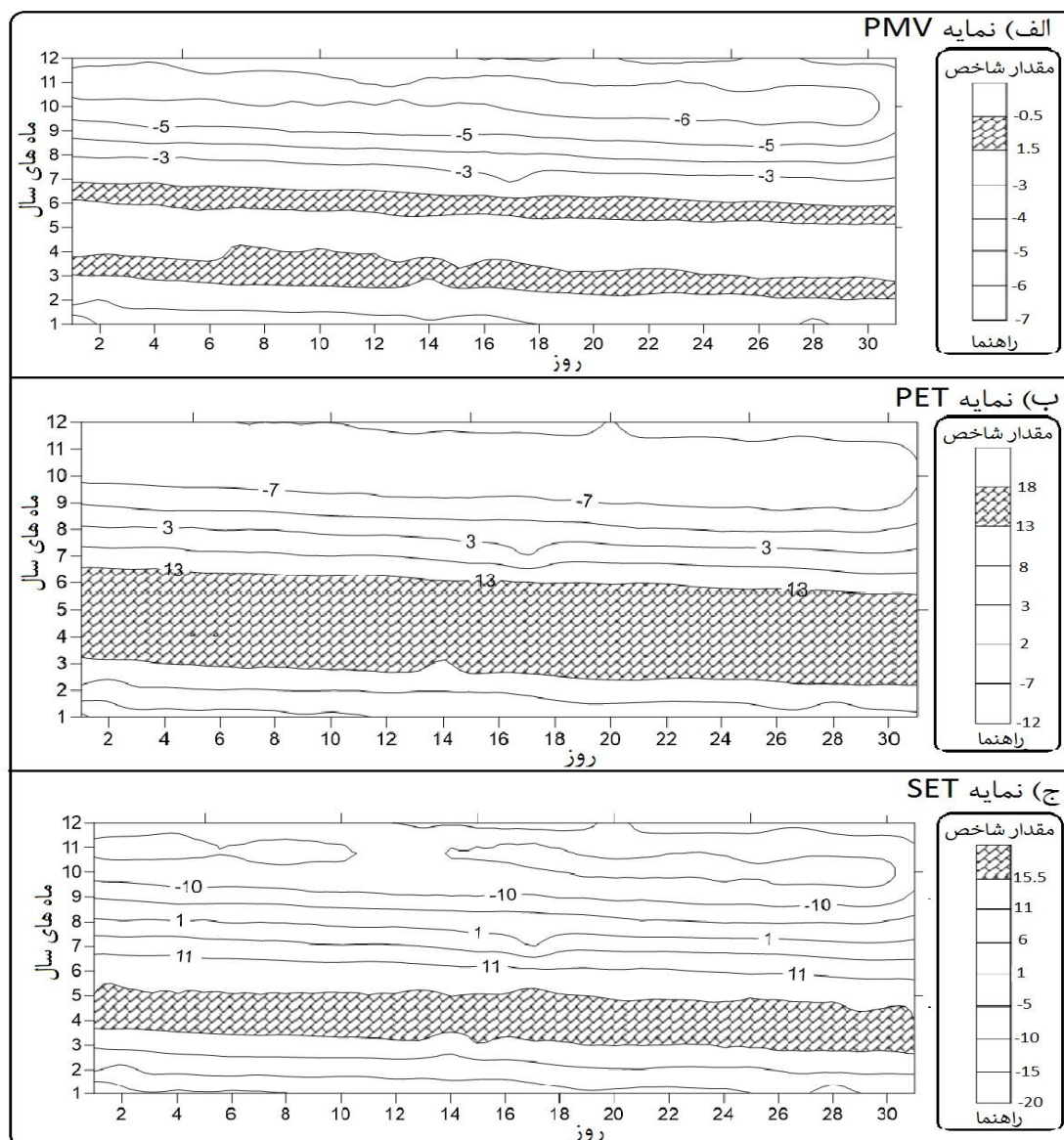
بر اساس این شاخص، در شهر زنجان از ساعت ۱۶-۲۲، در ماه تیر از ساعت ۱۰-۱۴ و ۱۸-۲۲، در مرداد از ساعت ۱۰-۱۴ و ۲۰-۲۲، در شهریور از ساعت ۱۰-۱۴ و ۱۸-۲۰، و در مهر از ساعت ۱۴-۱۶ شرایط آسایش برقرار است و در خرداد از ساعت ۱۴-۱۶، در تیر از ساعت ۱۴-۱۸، در مرداد از ساعت ۱۴-۲۰، و در شهریور از ساعت ۱۴-۱۶ در شهر زنجان شرایط آب‌وهوای گرم حاکم است. بر اساس این شاخص، شهر زنجان در تیرماه بیشترین ساعات با شرایط آسایش اقلیمی و در مردادماه شرایط آب‌وهوای گرم را تجربه می‌کند. همچنین، در طی روز، ساعت ۱۴-۱۶ گرم‌تر از ساعات دیگر است (شکل ۱).

شکل ۲ نمودار زیست‌اقلیمی اولگی را برای میانگین ماهانه هریک از ماه‌های سال نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، ماه‌های تیر و مرداد در محدوده آسایش و بقیه ماه‌ها در محدوده پایین‌تر از دمای آسایش (نیاز به دستگاه‌های مکانیکی حرارت‌زا) قرار دارند. بر اساس این نمودار، ماه دی سردترین و ماه‌های تیر و مرداد گرم‌ترین ماه‌های سال در شهر زنجان‌اند.



شکل ۲. برآورد نمودار زیست‌اقلیمی اولگی در شهر زنجان (نویسندگان، ۱۳۹۵)

نمایه‌های PMV، PET، و SET بر اساس خروجی الگوی ریمن به‌دست آمد. بر اساس خروجی نمایه PMV برای شهر زنجان، در ۱۳۴ روز از سال (از دهه سوم آبان تا دهه اول فروردین) تنش سرمایی بسیار شدید بر این شهر حاکم است. تنش سرمایی شدید با ۱۸ روز (دهه اول فروردین و دهه دوم آبان) کمترین تعداد روز در سال را شامل می‌شود. تنش سرمایی متوسط ۴۵ روز از سال (۲۰ روز از فروردین و نیمه دوم مهر و اوایل آبان) را شامل می‌شود. تنش سرمایی اندک ۵۳ روز از سال (تمامی روزهای اردیبهشت و اواخر شهریور و نیمه اول مهر) را شامل می‌شود. بدون تنش سرمایی ۴۱ روز از سال (۲۴ روز از خرداد و ۶ روز از تیر و ۲۲ روز از شهریور) را دربر می‌گیرد. بر حسب تجارب موجود و نیز شرایط آب‌وهوایی زنجان، این بازه بهترین دوره زمانی به لحاظ آسایشی به‌شمار می‌رود. در تنش گرمایی اندک ۷۵ روز از سال (اواخر خرداد، ۲۵ روز از تیر و تمام مرداد و اوایل شهریور) را دربر می‌گیرد و در طی روز به مقدار اندکی گرم است. از این رو، برای کسب آسایش گرمایی، استفاده از سرمایش مصنوعی الزامی است (شکل ۳ - الف).



شکل ۳. برآورد نمایه‌های PMV، PET، و SET در شهر زنجان (نویسنندگان، ۱۳۹۵)

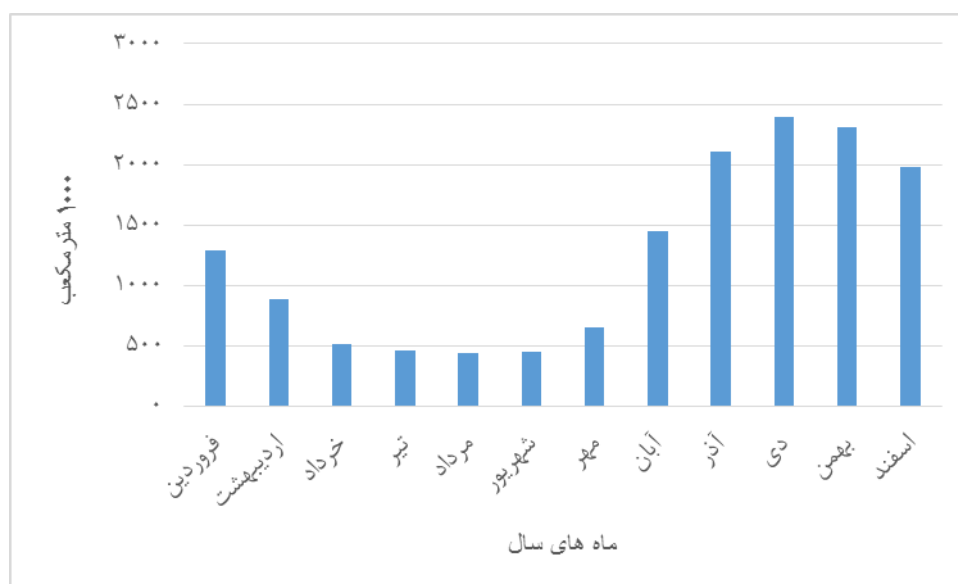
بر پایه دمای کاراندام‌شناختی (PET)، ۱۵۳ روز از سال (از دهه دوم آبان تا نیمه اول فروردین) تنش سرمایی بسیار شدید بر این شهر حاکم است. تنش سرمایی شدید کمترین تعداد روز در سال (۵ روز از دهه دوم فروردین و اواخر مهر و اوایل آبان) را شامل می‌شود. تنش سرمایی متوسط ۴۳ روز از سال (نیمه دوم فروردین و اوایل اردیبهشت و همچنین ۲۴ روز از مهر) را دربر می‌گیرد. تنش سرمایی اندک ۴۹ روز از سال (نیمه دوم شهریور و ۶ روز از مهر، ۲۳ روز از اردیبهشت، و ۳ روز اول خرداد) را به خود اختصاص می‌دهد. بدون تنش سرمایی ۱۰۶ روز از سال (۲۶ روز از خرداد و تمام ماه‌های تیر و مرداد و نیمه اول شهریور) را شامل می‌شود که در واقع در این نمایه بهترین بازه به لحاظ آسایشی به‌شمار می‌رود (شکل ۳ - ب).

بر اساس خروجی نمایه SET برای شهر زنجان، در ۸۷ روز از سال (از نیمه سوم آذر تا پایان دی و نیز بهمن و دهه اول اسفند) شرایط آب‌وهوایی خیلی سرد بر این شهر حاکم است. در ۶۸ روز از سال (شامل دهه اول فروردین و ۲۲ روز از اسفند، ۲۳ روز از آبان و نیمه اول آذر) آب‌وهوای سرد حاکم است. آب‌وهوای خیلی خنک ۱۴۸ روز از سال (شروع از ۱۲

فروردین تا ۱۸ خرداد، شهریور، مهر و ۲۰ روز از آبان ماه) بیشترین شمار روزها رخ می‌دهد. بر مبنای این نمایه، آب‌وهوای خنک ۶۳ روز از سال (شروع از ۱۹ خرداد تا ۱۹ مرداد) را شامل می‌شود (شکل ۳ - ج)

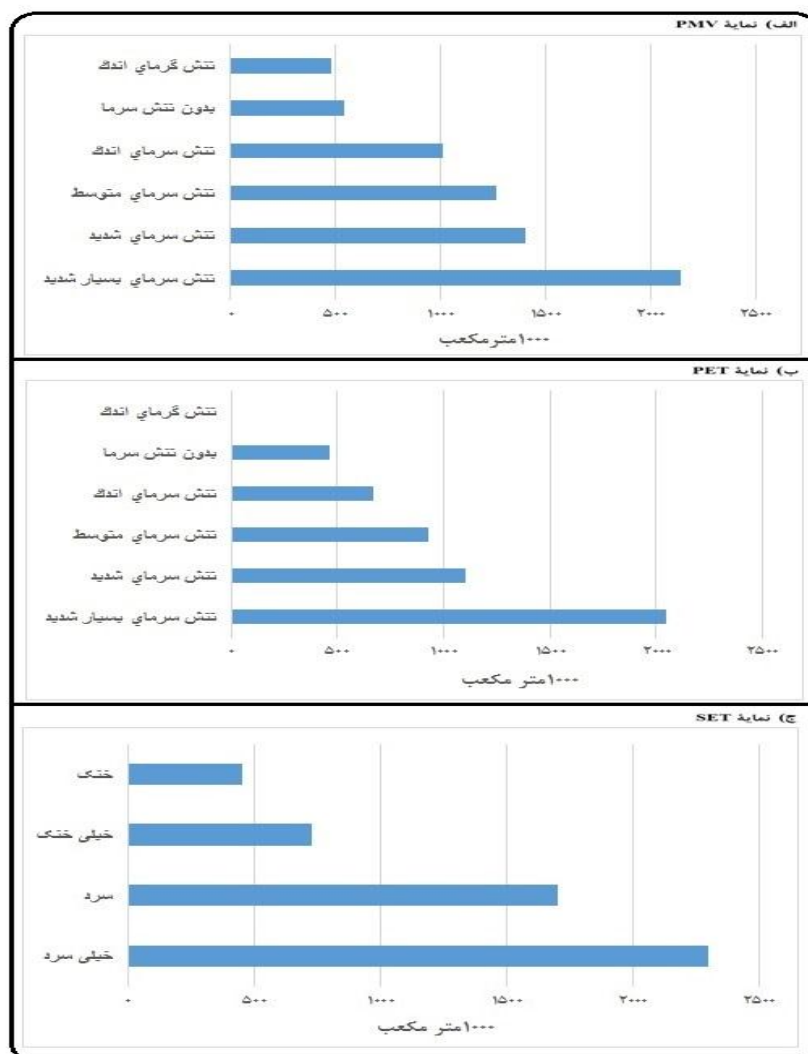
ب) مصرف گاز در شرایط زیست‌اقليمی مختلف

شکل ۴ میزان مصرف ماهانه گاز طبیعی (به ۱۰۰۰ متر مکعب) را در شهر زنجان نشان می‌دهد. میانگین مصرف گاز طبیعی ۴۳۸۰۰۰ متر مکعب در روز است. بر اساس این شکل، بیشترین مصرف گاز طبیعی در دی (۲۳۹۱۰۰۰ متر مکعب در روز) و سپس در بهمن (۲۳۱۱۰۰۰ متر مکعب در روز) و کمترین میزان مصرف گاز طبیعی در مرداد (۴۳۸۰۰۰ متر مکعب در روز) و سپس تیر (۴۵۸۰۰۰ متر مکعب در روز) است (شکل ۴). از آنجا که بر اساس خروجی الگوی نوول مرداد گرم‌ترین ماه سال است (شکل ۱)، به انرژی حاصل از مصرف گاز طبیعی برای کسب آسایش آب‌وهوایی نیاز نیست. همچنین، بر اساس خروجی نمودار زیست‌اقليمی اولگی، سردترین ماه سال ماه دی است (شکل ۲). از این رو، در این ماه‌ها نیاز به کسب آسایش آب‌وهوایی با مصرف گاز طبیعی تأمین می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴. میزان مصرف گاز طبیعی در شهر زنجان به صورت ماهانه (نویسندگان، ۱۳۹۵)

میزان مصرف گاز طبیعی در حساسیت‌های مختلف نمایه‌های PMV، PET، و SET بررسی شد. نتایج آن در شکل ۵ درج شده است. از مقایسه میزان مصرف گاز طبیعی در حساسیت‌های گرمایی نمایه PMV مشخص شد که میانگین بیشترین مصرف گاز طبیعی با اختلاف بسیار زیاد در حساسیت گرمایی با تنش سرمایی بسیار شدید (۲۱۴۲۰۰۰ متر مکعب در روز) رخ داده است و کمترین میزان مصرف نیز در حساسیت گرمایی تنش گرمایی اندک به میزان ۴۸۰۰۰۰ متر مکعب در روز اتفاق افتاده است.



شکل ۵. میزان مصرف گاز طبیعی در هریک از حساسیت‌های گرمایی نمایه PMV، PET، و SET در شهر زنجان (نویسندگان، ۱۳۹۵)

شیب مصرف در حساسیت گرمایی با تنش سرمایی شدید و تنش سرمایی متوسط و همچنین در حساسیت گرمایی بدون تنش سرما و تنش گرمای اندک به نسبت خیلی کم است که می‌تواند گویای این باشد که نمایه PMV نسبت به نمایه‌های SET و PET وضعیت آسایش در شهر زنجان را به خوبی و به درستی نشان نمی‌دهد (شکل ۵ - الف). از مقایسه میزان مصرف گاز طبیعی در حساسیت‌های گرمایی نمایه PET مشخص شد که میانگین بیشترین مصرف گاز طبیعی با اختلاف بسیار زیاد در حساسیت گرمایی با تنش سرمایی بسیار شدید (۲۰۴۹۰۰۰ متر مکعب در روز) رخ داده است و کمترین میزان مصرف نیز در حساسیت گرمایی بدون تنش سرما به میزان ۴۶۳۰۰۰ متر مکعب در روز اتفاق افتاده است (شکل ۵ - ب). از مقایسه میزان مصرف گاز طبیعی در حساسیت‌های گرمایی نمایه SET مشخص شد که میانگین بیشترین مصرف گاز طبیعی با اختلاف بسیار زیاد در شرایط خیلی سرد (۲۲۹۹۰۰۰ متر مکعب در روز) رخ داده است و کمترین میزان مصرف نیز در شرایط آسایشی خنک به میزان ۴۵۵۰۰۰ متر مکعب در روز اتفاق افتاده است (شکل ۵ - ج).

فاکتورهای بسیار زیادی در مصرف حامل‌های انرژی تأثیرگذار است. عناصر آب‌وهوایی از فاکتورهای مهمی است که در میزان مصرف گاز طبیعی تأثیرگذار است. برای ارزیابی تأثیرپذیری مصرف گاز طبیعی از اقلیم در شهر زنجان، همبستگی چند متغیره در نرم‌افزار SPSS انجام شد و نتیجه حاصله (۰/۹۰۴) بیانگر تأثیرپذیری بسیار زیاد میزان مصرف

گاز از اقليم در این شهر است؛ این میزان همبستگی در هر سطح اطمینان دلخواهی معنی‌دار است. با توجه به مقدار ضریب تبیین، مشخص می‌شود که تغییرات عناصر آب‌وهوایی ۸۱٫۸ درصد از میزان مصرف گاز طبیعی در شهر زنجان را توجیه می‌کند (جدول ۵).

جدول ۵. همبستگی چندمتغیره اقليم با مصرف گاز در دهه اخير (نویسندگان، ۱۳۹۵)

مقدار خطا	ضریب تبیین	همبستگی چندمتغیره
۰	۸۱٫۸ درصد	۰٫۹۰۴

به منظور تعیین شدت و جهت رابطه بین عناصر اقليمی که در آسایش تأثیرگذارند و میزان مصرف گاز طبیعی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده و مشخص شد که رابطه دما با میزان مصرف گاز طبیعی بسیار زیاد و در جهت عکس است و بیانگر وابستگی شدید میزان مصرف به مقدار دمای محیط است که با کاهش دما میزان مصرف افزایش می‌یابد. رابطه رطوبت نسبی متوسط در جهت مستقیم و رابطه ابرناکی کم و در جهت مستقیم و رابطه سرعت باد بسیار کم و در جهت عکس است (جدول ۶).

جدول ۶. ضریب همبستگی و همبستگی جزئی بین عناصر اقليمی و میزان مصرف گاز (نویسندگان، ۱۳۹۵)

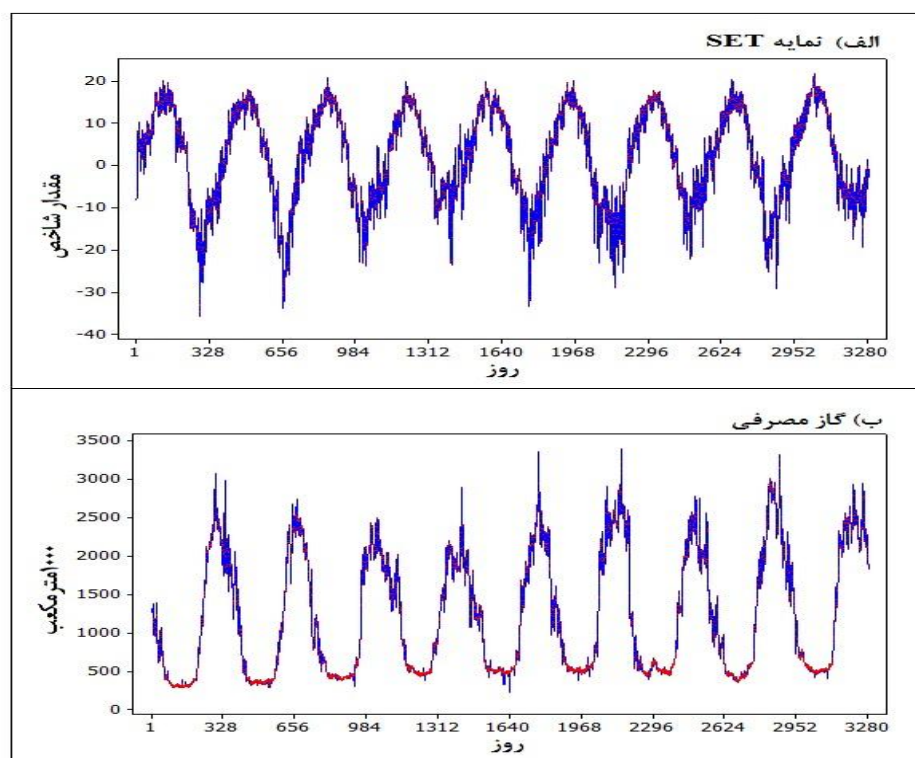
عنصر اقليمی	سرعت باد	رطوبت	دما	ابرنایکی
ضریب همبستگی	-۰٫۱۷۶	۰٫۶۰۴	-۰٫۹۰۲	۰٫۳۵۹

به منظور مشخص کردن رابطه بین مجموع عناصر آب‌وهوایی تأثیرگذار در آسایش اقليمی و میزان مصرف گاز طبیعی از مقادیر نمایه‌های PMV، PET، و SET استفاده و مشخص شد که رابطه این نمایه‌ها با میزان مصرف گاز طبیعی بسیار زیاد و در جهت عکس است و نمایه SET نسبت به دو نمایه دیگر رابطه قوی‌تری را نشان می‌دهد (جدول ۷). از این رو، می‌توان استنباط کرد که نمایه SET نسبت به نمایه‌های PMV و PET با شرایط اقليمی زنجان هماهنگ‌تر است و ردیابی شرایط آسایش آب‌وهوایی به‌وسیله آن با صحت قرین‌تر است.

جدول ۷. همبستگی شاخص‌های مدل ریمن با میزان مصرف گاز طبیعی (نویسندگان، ۱۳۹۵)

PMV	PET	SET
-۰٫۹۰	-۰٫۹۰	-۰٫۹۰۱

رفتار تناوبی از ویژگی‌های بارز مقادیر دمای مؤثر استاندارد (SET) و میزان مصرف گاز طبیعی است. این ویژگی حاصل حاکمیت و تغییرات الگوهای همدید در مقیاس‌های بزرگ زمانی و مکانی است. همان‌گونه که از شکل ۶ مشخص است، تابعیت میزان گاز مصرفی از تغییرات SET در مقادیر پایین این نمایه خیلی بیشتر از مقادیر خیلی بالای آن است.



شکل ۶. سری زمانی مقدار شاخص SET (الف) و سری زمانی مصرف گاز طبیعی (ب) در دهه اخیر در شهر زنجان (نویسندگان، ۱۳۹۵)

با توجه به میزان رابطه بالای نمایه SET نسبت به سایر نمایه‌های به کاررفته در مدل ریمن، از این نمایه برای پیش‌بینی گاز مصرفی در شهر زنجان استفاده شد. در رابطه ۱ GAS مقدار مصرف گاز طبیعی به متر مکعب و SET دمای مؤثر استاندارد است. ضریب تبیین این رابطه ۸۱/۲ و گویای این واقعیت است که مدل فوق ۸۱/۲ درصد تغییرات مصرف گاز در شهر زنجان را توجیه می‌کند.

(۳)

$$GAS = (1353 - 63.1 \text{ SET}) \times 1000$$

از رابطه ۳ استنباط می‌شود که به ازای یک واحد کاهش در مقدار شاخص دمای مؤثر استاندارد مقدار ۶۳۱۰۰ متر مکعب مصرف گاز طبیعی در شهر زنجان افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

شرایط آب‌وهوایی از عوامل مهم و مؤثر در آسایش و سلامتی انسان است که تغییرات آن در طی سال شرایط محیط را به لحاظ آسایش گرمایی کنترل می‌کند. به منظور مقابله با ورودش آسایش گرمایی، به‌ویژه در زمستان، در نواحی سرد از گاز طبیعی استفاده می‌شود. در مطالعه حاضر شرایط آسایش دمایی در شهر زنجان به روش‌های گوناگون بررسی شد. بر اساس خروجی نمایه نوول برای شهر زنجان، مرداد گرم‌ترین ماه سال است. در این ماه چون نیاز به انرژی گاز طبیعی به منظور کسب آسایش آب‌وهوایی وجود ندارد، میانگین مصرف گاز طبیعی نیز کمترین مقدار در طی سال است. بر اساس خروجی نمودار زیست‌اقلیمی اولگی برای شهر زنجان، سردترین ماه سال دی است. با توجه به سرمای شدید در این ماه، نیاز به کسب آسایش آب‌وهوایی با استفاده از انرژی حاصل از گاز طبیعی است. با بررسی میزان مصرف گاز در طی سال مشخص می‌شود که بیشترین میزان مصرف در دی‌ماه و سپس بهمن و کمترین میزان مصرف نیز در مرداد اتفاق می‌افتد.

از مقایسه میزان مصرف گاز طبیعی در حساسیت‌های گرمایی نمایه PET مشخص شد که میانگین بیشترین مصرف گاز طبیعی با اختلاف بسیار زیاد در حساسیت گرمایی با تنش سرمایی بسیار شدید و کمترین میزان مصرف نیز در حساسیت گرمایی بدون تنش سرما رخ داده است. از مقایسه میزان مصرف گاز طبیعی در حساسیت‌های گرمایی نمایه PMV مشخص شد که میانگین بیشترین مصرف گاز طبیعی با اختلاف بسیار زیاد در حساسیت گرمایی با تنش سرمایی بسیار شدید رخ داده و کمترین میزان مصرف نیز در حساسیت گرمایی تنش گرمایی اندک اتفاق افتاده است. از مقایسه میزان مصرف گاز طبیعی در حساسیت‌های گرمایی نمایه SET مشخص شد که میانگین بیشترین مصرف گاز طبیعی با اختلاف بسیار زیاد در شرایط خیلی سرد و کمترین میزان مصرف نیز در شرایط آسایشی خنک اتفاق افتاده است.

به منظور مشخص شدن میزان تأثیرپذیری مصرف گاز طبیعی از اقلیم در شهر زنجان از همبستگی چندمتغیره استفاده شد که گویای رابطه بسیار قوی بین مصرف گاز طبیعی و اقلیم در این شهر است. در این رابطه، مقدار ضریب تعیین ۸۱/۸ درصد به دست آمد که بیانگر تبعیت ۸۱/۸ درصدی مصرف گاز طبیعی از اقلیم منطقه است. به منظور مشخص کردن میزان رابطه عناصر اقلیمی با مصرف گاز طبیعی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد؛ بر اساس آن، عنصر دما قوی‌ترین رابطه را با گاز طبیعی دارا بود. به منظور لحاظ کردن همه عناصر اقلیمی تأثیرگذار در آسایش انسان و مطالعه اثر مجموع شرایط اقلیمی در میزان مصرف گاز طبیعی، از شاخص‌های آسایش به کاررفته در مدل ریمن استفاده شد و با توجه به اینکه شاخص دمای مؤثر استاندارد رابطه قوی‌تری نسبت به شاخص دمای فیزیولوژیک و شاخص میانگین نظرسنجی پیش‌بینی شده با میزان مصرف گاز طبیعی داشت، از این شاخص برای پیش‌بینی میزان مصرف گاز طبیعی استفاده شد و بر اساس خروجی آن مشخص شد که به ازای یک واحد کاهش در مقدار شاخص دمای مؤثر استاندارد مقدار ۶۳۱۰۰ متر مکعب مصرف گاز طبیعی در شهر زنجان افزایش می‌یابد. برابر ضریب تعیین به دست آمده در این مدل، ۸۱/۲ درصد تغییرات گاز مصرفی در شهر زنجان با استفاده از این مدل توجیه می‌شود. در شهر زنجان، از بین فاکتورهای تأثیرگذار در آسایش آب‌وهوایی، گاز طبیعی از همه مهم‌تر است. بنابراین، باید به مدیریت مصرف و توزیع گاز طبیعی به‌ویژه در فصول سرد سال توجه ویژه کرد و با پیش‌بینی میزان مصرف گاز طبیعی در حالت‌های مختلف آسایش اقلیمی و برنامه‌ریزی‌های لازم در خصوص شرایط بحران و تنش سرمایی بسیار شدید از افت فشار گاز طبیعی جلوگیری کرد و آمادگی لازم برای رویارویی با شرایط غیرمنتظره را کسب کرد.

منابع

- اختر کاوان، م. (۱۳۹۰). تنظیم شرایط همساز با بوم و اقلیم ایران، تهران: کله‌ر.
- انتظاری، ع.؛ رضایی، ح.؛ سلطانی، م. و حاج محمدی، ح. (۱۳۹۱). نگرشی بر ارزیابی آسایش انسانی در شهر کاشمر با توجه به شاخص‌های زیست‌اقليمی، اولین همایش ملی گردشگری و طبیعت‌گردی ایران زمین، ص ۱-۱۰.
- انصاری لاری، ا. و زارعی کلویی، ه. (۱۳۹۳). نگرشی بر ارزیابی آسایش انسانی در شهرستان میناب دهستان تیاب با توجه به شاخص‌های زیست‌اقليمی، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، ۷(۲۵): ۱-۱۲.
- بریمانی، ف. و اسماعیل نژاد، م. (۱۳۹۰). بررسی شاخص‌های زیست‌اقليمی مؤثر بر تعیین فصل گردشگری، مجله جغرافیا و توسعه، ۲۳: ۲۷-۴۶.
- جلالی، ط.؛ زینالی، ب. (۱۳۸۹). تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردشگری در شهرستان پیرانشهر با استفاده از شاخص PMV و PET، دومین همایش ملی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، رویکرد آمایشی و مدیریت محیط، ص ۱۲.
- حیدری، ش. (۱۳۹۳). سازگاری حرارتی در معماری نخستین کام در صرفه‌جویی مصرف انرژی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

- خوشحال، ج.؛ غازی، ا. و آروین، ع. (۱۳۸۵). استفاده از گروه‌بندی خوشه‌ای در پهنه‌بندی زیست‌اقلیم انسانی (مطالعه موردی: استان اصفهان)، *مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، علوم انسانی*، ۲۰(۱): ۱۷۱-۱۸۶.
- ذوالفقاری، ح. (۱۳۸۶). تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردش در تبریز با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژی (PET) و متوسط نظرسنجی پیش‌بینی‌شده (PMV)، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۶۲: ۱۲۹-۱۴۱.
- ذوالفقاری، ح. (۱۳۹۲). *آب‌وهو شناسی توریسم*، چ ۳، تهران: انتشارات سمت.
- رازجویان، م. (۱۳۶۷). *آسایش به وسیله معماری همساز با اقلیم*، تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- ساری صراف، ب. و محمدی، غ. (۱۳۸۹). تعیین مناسب‌ترین شاخص Rayman برای مطالعه اقلیم‌شناسی در شمال استان آذربایجان، *چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران*، تهران، ص ۵۷-۶۴.
- صادقی روش، ح. م. (۱۳۸۹). ارزیابی ضرایب زیست‌اقلیمی مؤثر در آسایش انسان (مطالعه موردی: شهر یزد)، *فصل‌نامه جغرافیای طبیعی*، ۳(۱۰): ۱-۱۶.
- عساکره، ح. (۱۳۹۰). *مبانی اقلیم‌شناسی آماری*، چ ۲، زنجان: انتشارات دانشگاه زنجان.
- عطایی، ه. و هاشمی‌نسب، س. (۱۳۹۱). ارزیابی تطبیقی زیست‌اقلیم انسانی شهر اصفهان با استفاده از روش‌های ترجونگ، TCI، PET، PMV، *مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای*، ۴(۱۴): ۶۳-۸۲.
- قبادیان، و. و مهدوی، ف. (۱۳۷۲). *طراحی اقلیمی*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- قنبری، ع.؛ عقیقی، م. ا. و صادقی، غ. (۱۳۸۹). نگرشی بر ارزیابی آسایش انسانی در شهر لار با توجه به شاخص‌های زیست‌اقلیمی، *فصل‌نامه جغرافیایی طبیعی*، ۳(۱۰): ۱-۱۷.
- قوبدل رحیمی، ی. و احمدی، م. (۱۳۹۲). برآورد و تحلیل زمانی آسایش اقلیمی شهر تبریز، *جغرافیا و توسعه*، ۳۳: ۱۷۳-۱۸۲.
- Atayi, H. and HashemiNasab, S. (2012). Comparative evaluation of human bioclimatic in Isfahan city using the methods of Terjung, TCI, PET, PMV, *Urban and Regional Studies and Researches*, 4(14): 63-82.
- Ansari Lari, A. and Zareie Kalooie, H. (2014). Approach to assessing human comfort with respect to bioclimatological indicators in Tiab village near Minab city, *Journal of physical Geography*, 7(25): 1-12.
- AkhtarKavan, M. (2011). *Adjusting harmonious conditions with the ecological and climatic conditions of Iran*, Tehran: Kalhor Press.
- Asakareh, H. (2011). *Fundamentals of statistical climatology*, 2nd ed. Zanjan. Publisher: Zanjan university.
- Bouden, C. and Ghrab N. (2005). An adaptive thermal comfort model for the Tunisian context: A field study result, *Energy and Buildings*, Vol. 37.
- Deb, Ch. and Ramachandraiah, A. (2010). Evaluation of thermal comfort in a rail terminal location in India, *Building and Environment*, 45: 2571-2580.
- Entezari, A.; Rezaei, H.; Soltani, M. and HajMohammadi, H. (2012). Approach to assessing human comfort with respect to bioclimatological indicators in Kashmar city, *First National Conference on Tourism and nature of Iran*, 1-10.
- Ghavidel Rahimi, Y. and Ahmadi, M. (2013). The estimated time analysis of climatic comfort in Tabriz, *Geography and Development*, 33: 173-182.
- Ghobadian, V. and Mahdavi, F. (1993). *Climatic design*, Tehran University Press.
- Ghanbari, A.; Afifi, M.A. and Sadeghi, GH. (2010). Approach to assessing human comfort with respect to bioclimatological indicators in Lar city, *Journal of physical Geography*, 33(10): 1-17.

- Heidari, SH. (2014). *Thermal compatibility in architecture first step in saving energy*, Tehran: Tehran University Press.
- Jalali, T. and Zaynaly, B. (2010). "Determining appropriated timeline for tourism in Piranshahr city using PMV and PET indicators". *2nd conference of national geography and urban planning*. Preparation approach and environment managing. P12.
- Kalkstein, L.S.; Tan, G. and Skindlov, J.A. (1987). An evaluation of three clustering procedures for use in synoptic climatological classification, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26: 717-730.
- Khoshhal, J.; ghazi, A. and Arvin, A. (2006). The use of cluster grouping in the human related bioclimatic zoning in Isfahan, *Isfahan University Research Journal*, 20: 171-186.
- Matzarakis, A.; Mayer, H. and Iziomon, H. (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature, *Int. J. Biometeor.*, 43: 76-84.
- Matzarakis, A. (2001). Climate and Bioclimatic Information for the Tourism in Greece. Proceedings of the 1st International workshop on climate, tourism and recreation. International society of biometeorology, commission on climate Developments in Tourism Climatology, pp171-183.
- Narimany, F. and Esmailnejad, M.(2011). Checking effective bio-climatological indicators on determination of tourism season. *geography and development*. vol 23. pp 27-46
- Novell, B. (1981). A simple design method for shading devices and passive cooling strategies based on monthly average temperature, In proc, *Of International passive and hybrid cooling conference*, Miami, U.S.A., pp. 392-396.
- Razjooyan, M. (1988). *Comfort by architecture in harmony with climate*, Tehran: Shahid Beheshti University Press.
- Givoni, B. (1969). *Man, Climate and architeure*, John, willy usa.
- Gonzalez, R.R.; Nishi, Y. and Gagge, A.P. (1974). Experimental Evaluation of standard Effective Temperature by a New Bio meteorological Index of Man is Thermal Discomfort , *Int. j. Biometeor*, 18(1): 1-15.
- Sadeghi raves, M.H. (2010). Evaluation of bioclimatic factors affecting human comfort. Case Study: Yazd City, *Journal of physical Geography*, 3(10): 1-16.
- Sary sarraf, B. and Mohammady, Gh. (2010). Determination of the most appropriated Rayman indicator for studing climatology in north of west Azarbayejan county. *14th conference of Iran geophysics*. Tehran. pp 57-64
- Toy, S.; Yilmaz S. and Yilmaz H. (2007). Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey, *Building and Environment*, Vol. 42.
- Thorsson, SV. Martina, M. and lindqvist, S. (2004). Thermal bioclimatic conditions and patterns of behavior in an urban park in Goteborg, Sweden. *Internation journal of biometeorogy*, 48:pp.149-156.
- Zolfaghari, H. (2007). Determining appropriate time for tourism in Tabriz using physiological equivalent temperature (PET) and predicted mean vote (PMV) indicators, *Geographical Researches*, 62: 129-141.
- Zolfaghari, H. (2013). *Tourism Climatology*, Third edition, Tehran: Samt Press.