

مقایسه میزان آسایش حرارتی انسانی در شرایط آب و هوایی خشک و مرطوب (مطالعه موردی شهر یزد و ساری)

محمد حسن صادقی‌روش، استادیار گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir

دریافت: 1389/5/6

پذیرش: 1389/10/15

چکیده

ارزیابی شرایط اقلیمی در ارتباط با آسایش و احساس راحتی انسان، پایه و اساس فعالیت‌های معماری، شهرسازی و جهانگردی می‌باشد. از این رو برآورد و مقایسه محدوده‌های آسایش در اقلیم‌های مختلف ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین در این مقاله با استفاده از شاخص دمای ظاهری (Apparent Temperature) اقدام به برآورد اثر توأم دما و رطوبت در شرایط آسایشی انسان در دو منطقه خشک ایران مرکزی و مرطوب سواحل دریای خزر شد. در این رابطه دو شهر یزد و ساری به ترتیب به عنوان نمونه‌های بارز اقلیم‌های خشک و مرطوب در نظر گرفته شد. شرایط آسایش حرارتی در طی دوره آماری ده ساله (2000-2009) بر مبنای میانگین دما، میانگین دمای حداکثر مطلق، میانگین رطوبت نسبی و میانگین حداقل رطوبت نسبی به تفکیک ماه برآورد شد. بر اساس نتایج حاصله در ماه‌های گرم سال (از اردیبهشت تا شهریور)، در شرایطی که دمای هوا به مرز 35 درجه سانتی‌گراد نزدیک شود خطر وقوع گرما زدگی، آفتاب زدگی و احساس ناراحتی برای انسان در شهر ساری به طور بالقوه بیشتر از یزد می‌باشد.

کلمات کلیدی: آسایش آب و هوایی، دمای ظاهری، ساری، یزد.

مقدمه

کنترل نیستند، ثابت فرض شده‌اند (رازجویان، 1987؛ جهانبخش، 1998).

به منظور محاسبه محدوده‌های آسایش حرارتی کوشش‌های زیادی صورت گرفته است، یکی از اولین روش‌های مشهور، روش دمای ظاهری¹ است که برای اولین بار در سال 1970 م. توسط بوریو ارائه شد. سپس توسط استدمن توسعه یافت (استیدمن، 1979 (a)؛ استیدمن، 1979 (b)؛ استیدمن، 1984؛ واتز و کاک-استین، 2004). در ادامه کاج با استفاده از خطوط آسایش معادل دمای مؤثر (ET²) را ارائه کرد. سپس با انجام اصلاحاتی دمای مؤثر نوین (ET^{*3}) مطرح شد (گج و همکاران، 1972). فانگر محدوده آسایش را بر اساس محاسبه میزان تبادل حرارت بین بدن انسان و محیط ارائه کرد (فانگر، 1972). از آنجائی که این روش، بسیاری از

امروزه مطالعات زیست اقلیمی، پایه و اساس فعالیت‌های معماری، شهرسازی و جهانگردی است (لورن، 2003). تعیین شرایط آسایش و راحتی در محدوده‌های اقلیمی مختلف بر محاسبات حرارتی ساختمان، اندازه دستگاه‌های حرارتی و برودتی و ضخامت عایق و جنس مصالح و به طور کلی بر میزان مصرف و اتلاف انرژی تأثیر مستقیم دارد. بنابراین نقش این عامل در اسکان بشر در مناطق جدید و توسعه سکونت‌گاه‌های موجود و مکان‌یابی بهینه در حوزه گردشگری حائز اهمیت است (فیش‌مان و پیمبرت، 1979؛ لورن، 2003).

پنج عامل اقلیمی دما، رطوبت، فشار بخار آب، سرعت جریان هوا (باد) و تابش از جداره‌های داخلی در تعیین شرایط زیستی مورد توجه می‌باشند و سایر عوامل از جمله نوع فعالیت، پوشش، سن و جنس افراد به دلیل اینکه قابل

تبخیری) و هوای اطراف آن بستگی دارد. افزایش رطوبت در هوای آزاد باعث کم شدن اختلاف فشار بخار شده و در نتیجه آب کمتری از سطح پوست تبخیر می‌شود. از این رو با فرض دمای ثابت و نسبتاً بالا هر چه هوا مرطوب‌تر شود، میزان تبخیر از سطح بدن کاهش یافته و انسان احساس گرما و ناراحتی بیشتری می‌کند. این گرمای احساس شده که در واقع درجه حرارت احساس شده با توجه به رطوبت موجود است تحت عنوان دمای ظاهری بیان می‌شود.

اگرچه تعیین محدوده آسایش حرارتی در ایران با استفاده از مدل‌های مختلف از جمله مدل اولگی (خلیلی، 2008؛ صادقی‌روش، 2009؛ خوشحال و همکاران، 2008)، مدل بیکر (کاویانی، 1992؛ محمدی و سعیدی، 2008؛ بذرپاش و همکاران، 2008)، فشار عصبی و ترموهیگرومتریک (محمدی و سعیدی، 2008)، مدل ترجونگ (کاویانی، 1993؛ محمدی و سعیدی، 2008؛ بذرپاش و همکاران، 2008؛ خوشحال و همکاران، 2007)، مدل ماهانی (علیجانی، 1994؛ بذرپاش و همکاران، 2008؛ نگهبان و همکاران، 2009؛ خوشحال و همکاران، 2007)، مدل دمای مؤثر (علیجانی، 1994؛ جهانبخش، 1998؛ قباگلو، 2001)، مدل گیونی (خلیلی، 2008؛ رضانی، 2006؛ خوشحال و همکاران، 2007) و غیره به انجام رسیده ولی با توجه به اینکه روش دمای ظاهری در تعیین و مقایسه محدوده آسایش در بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد، با این حال کاربرد این روش در ایران تنها محدود به پژوهش ناظم‌السادات و همکاران (2002) بوده و از طرفی با توجه به اینکه سازمان‌های ذیربط نیز از چنین شاخص‌هایی در گزارش‌های رسمی خود استفاده نمی‌کنند، به نظر می‌رسد که چنین مطالعاتی برای مناطق مختلف آب و هوایی کشور و مقایسه نتایج حاصل از آن ضروری باشد.

معیارهای آسایش را در بر دارد، روش کاملی به حساب می‌آید. این روش تحت عنوان PMV^4 عنوان شد. بعدها این روش توسعه یافت و تحت عنوان PPD^5 مطرح شد. اولگی روشی را مطرح کرد که نه تنها همانند روش فانگر، معیارهای آسایش متعددی را مد نظر قرار داده بود بلکه پیشنهادی را برای کاربرد این روش برای عرض‌های جغرافیایی دیگر (عرضهای زیر 40 درجه) ارائه داد (اولگایا، 1973). اداره استاندارد ایالات متحده به سال 1985، میزان رطوبت سطح پوست که به واسطه تعرق به وجود می‌آید را بهترین روش برآورد نارضایتی حرارتی برشمرد و بر این اساس دمای سطح پوست (ts) و میزان رطوبت آن را (w) به عنوان دو عامل مهم در محاسبه حدود آسایش حرارتی ارائه کرد (اشرا، 1985). در ادامه زوکلائی در سال 1987 محدوده دمای آسایش را بر اساس میانگین دمای محیط تعریف کرد.

در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای در زمینه آسایش حرارتی به انجام رسیده است که عمدتاً رابطه این موضوع را با عوامل دیگر از جمله کارایی کار کارگران و افزایش صدمات ناشی از کار (امایی و همکاران، 2007؛ ونگ و همکاران، 2009؛ سوپیان و دقیق، 2009؛ اسمایل و همکاران، 2009)، کاهش تمرکز در فعالیت‌های آموزشی (اشنایدر، 2002)، اتلاف انرژی (هولز و همکاران، 1997؛ مارتین و همکاران، 2008؛ کورگناتی و همکاران، 2008) و غیره، بیان می‌کند.

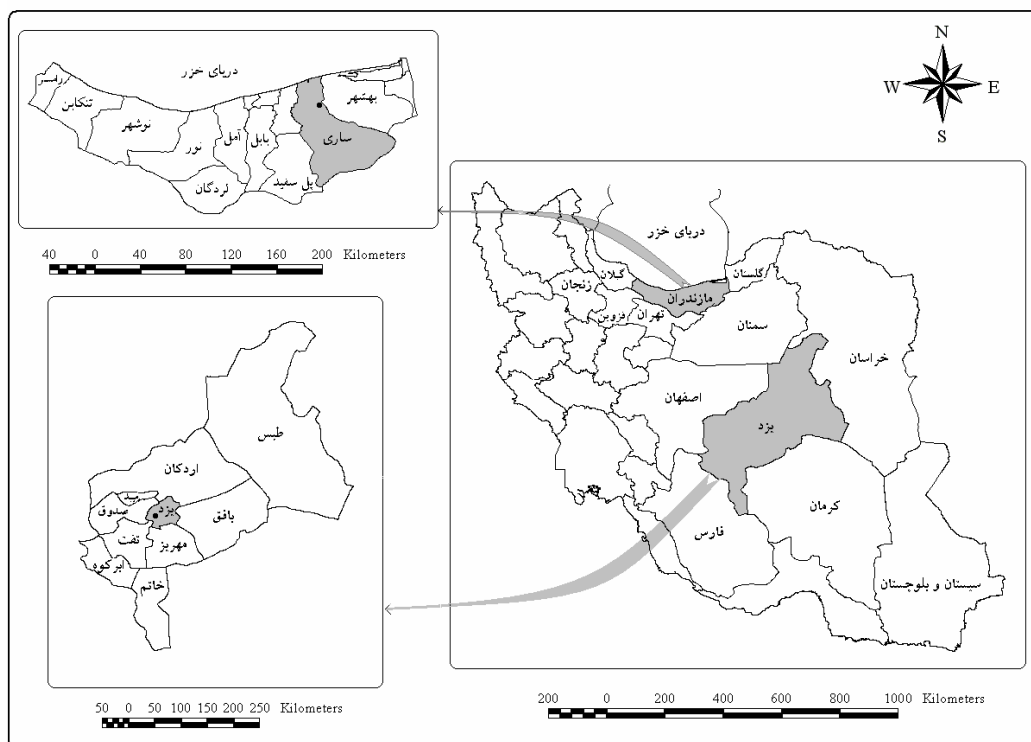
همان‌طور که بیان شد یکی از شاخص‌های مطرح در زمینه نشان دادن میزان راحتی و آسایش انسان در شرایط آب و هوایی مختلف، شاخص دمای ظاهری است. این شاخص پس از اصلاحاتی از تابستان 1987 مورد قبول سازمان ملی هواشناسی آمریکا قرار گرفت و در گزارش‌های این سازمان مورد استفاده قرار می‌گرفت (Climate Analysis Center, 1987). سپس به منظور تجزیه و تحلیل شرایط راحتی و آسایش انسانی ناشی از پارامترهای اقلیمی مورد توجه سازمان‌های هواشناسی کشورهای دیگر از جمله انگلستان و نیوزلند قرار گرفت (دیکسون، 1991). دمای ظاهری را می‌توان به این صورت تبیین کرد که توانایی دفع حرارت اضافی بدن و احساس راحتی به اختلاف فشار بخار آب بین روزه‌های پوست (سطح

مواد و روش‌ها

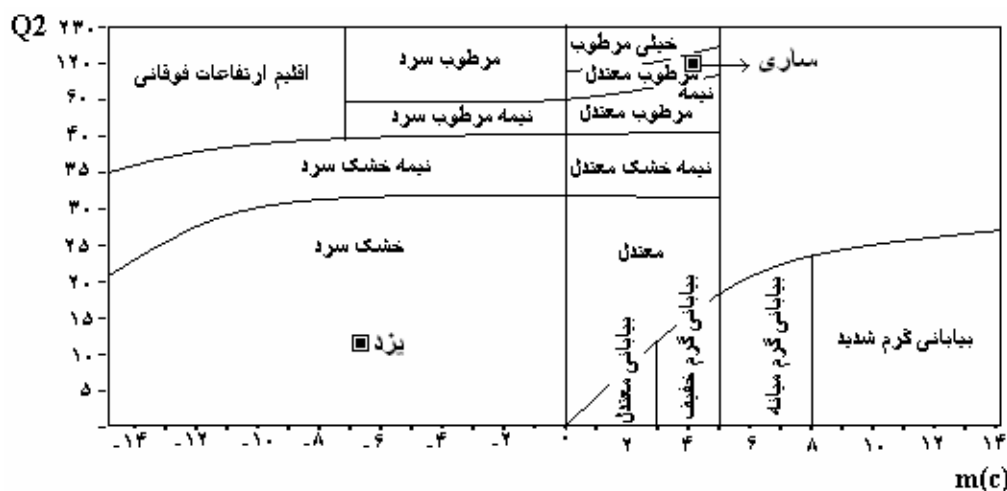
مناطق مورد مطالعه

به منظور انجام این پژوهش شهر یزد با موقعیت جغرافیایی $31^{\circ}54'$ عرض شمالی و $54^{\circ}24'$ طول شرقی (شکل 1) و ارتفاع 1230 متر از سطح دریا با اقلیم خشک و سرد (شکل 2) و فاقد ماه مرطوب (شکل 3)، با میانگین

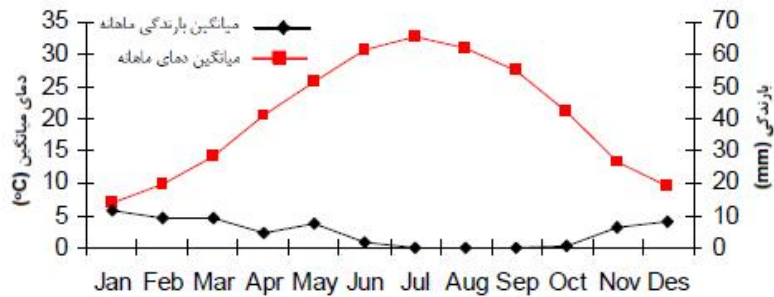
رطوبت نسبی سالانه 27% به عنوان یک نمونه بارز از اقلیم خشک و شهر ساری با موقعیت جغرافیایی $36^{\circ}33'$ عرض شمالی و $53^{\circ}00'$ طول شرقی (شکل 1) و ارتفاع 23 متر از سطح دریا با اقلیم معتدل و مرطوب (شکل‌های 2 و 4) و میانگین رطوبت نسبی سالانه 77% به عنوان یک نمونه بارز از اقلیم‌های مرطوب مد نظر قرار گرفت.



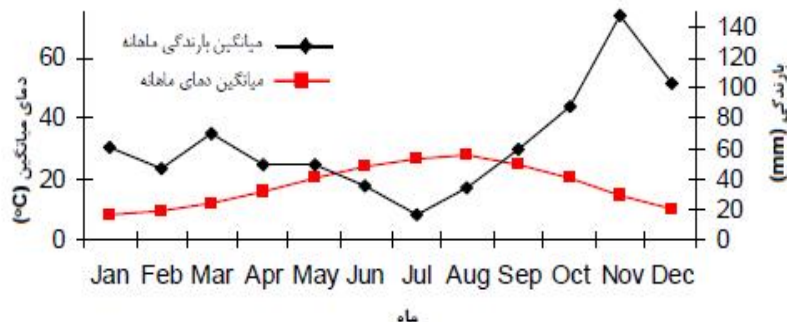
شکل 1. موقعیت جغرافیایی شهرهای یزد و ساری در کشور و استان



شکل 2: موقعیت اقلیمی شهرهای یزد و ساری بر مبنای اقلیم‌نمای آمبرژه طی سال‌های 2009-2000 (Q2 مقدار شاخص آمبرژه و m میانگین دمای سردترین ماه سال به درجه سانتیگراد)



شکل 3. کلیماگرام ایستگاه یزد طی سال‌های 2000-2009



شکل 4. کلیماگرام ایستگاه ساری طی سال‌های 2000-2009

روش تحقیق

به منظور ارزیابی شرایط آسایش از شاخص دمایی ظاهری (AT) استفاده شد. در این شاخص دمایی ظاهری از رابطه ذیل حاصل می‌شود (رابطه 1) (استیدمن، 1994).

$$AT = T + 0.348 \times e - 0.70 \times ws + 0.70 \times \frac{Q}{(ws + 10)} - 4.25 \quad (1)$$

در این رابطه:

AT = دمایی ظاهری به سانتی‌گراد

T = دمایی دماسنج خشک (°C)

e = فشار بخار آب بر مبنای هکتو پاسکال که از رابطه 2 محاسبه می‌شود.

Q = میزان تشعشع جذب شده در واحد مساحت سطح بدن (وات بر متر مربع).

ws = سرعت باد به متر بر ثانیه در ارتفاع 10 متری

$$e = \frac{rh}{100} \times 6.105 \times \exp\left(\frac{17.27 \times T}{237.7 + T}\right) \quad (2)$$

در این رابطه:

e = فشار بخار آب (hpa)

Rh = رطوبت نسبی (%)

بر این مبنای محاسبه دمایی ظاهری مقادیر مختلف رطوبت نسبی و دمایی حقیقی، جدولی شکل می‌گیرد که دمایی ظاهری را بر مبنای دو شاخص مذکور نمایش می‌دهد (جدول 1) (استیدمن، 1994).

به منظور انجام این پژوهش مقادیر ذیل از داده‌های خام هواشناسی دو شهر یزد و ساری برای مدت 10 سال (2000-2009) استخراج گردید (سازمان هواشناسی کشور، 1388).

میانگین ماهانه دما (T): که از میانگین دمایی روزانه⁶ در طی ماه حاصل شد.

میانگین بالاترین دما یا حداکثر مطلق (HT): که از میانگین بیشینه دما⁷ در طی ماه حاصل می‌شود.

میانگین رطوبت نسبی در هر ماه (Rh): که از میانگین مقادیر رطوبت نسبی در ساعاتی 6:30، 12:30 و 18:30 به وقت گرینویچ برای آن ماه تعیین می‌شود.

5- Relative humidity

6- Mean daily air temperature (°C)

7- Highest Temperature (°C)

1- Dry bulb temperature

2- Water Vapor Pressure

3- Net radiation

4- Wind speed

جدول 1. تعیین دمای ظاهری بر مبنای رطوبت نسبی و دما (Steadman, 1994)

دما (°C)																					رطوبت نسبی (%)														
50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30		29	28	27	26	25	24	23	22	21	20				
46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	0				
48	47	46	45	44	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	5				
50	49	48	46	45	44	43	42	41	39	38	37	36	35	34	33	32	31	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	10				
		50	48	47	46	45	43	42	41	40	38	37	36	35	34	33	31	30	29	28	27	26	25	24	22	21	20	19	18	17	15				
			50	49	47	46	45	43	42	41	40	38	37	36	35	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	21	20	18	17	20				
				49	48	46	45	44	42	41	40	38	37	36	34	33	32	31	29	28	27	26	25	24	22	21	20	19	18	18	25				
					49	48	46	45	43	42	41	39	38	37	35	34	33	31	30	29	28	26	25	24	23	22	21	19	18	18	30				
						49	48	46	45	43	42	40	39	38	36	35	34	32	31	30	28	27	26	25	23	22	21	20	19	19	35				
							49	48	46	44	43	41	40	39	37	36	34	33	32	30	29	28	26	25	24	23	21	20	19	19	40				
								49	47	46	44	43	41	40	38	37	35	34	32	31	30	28	27	26	24	23	22	21	19	19	45				
									50	49	47	45	44	42	41	39	38	36	35	33	32	30	29	28	26	25	24	22	21	20	50				
										50	48	46	45	43	42	40	38	37	35	34	32	31	30	28	27	25	24	23	22	20	55				
											49	48	46	44	42	41	39	38	36	35	33	32	30	29	27	26	25	23	22	21	60				
												49	47	45	43	42	40	39	37	35	34	32	31	29	28	27	25	24	22	21	65				
													50	48	46	44	43	41	39	38	36	35	33	31	30	28	27	26	24	23	21	70			
														49	47	45	44	42	40	38	37	35	34	32	31	29	28	26	25	23	22	75			
															50	48	46	45	43	41	39	38	36	34	33	31	30	28	27	25	24	22	80		
																49	47	45	44	42	40	38	37	35	33	32	30	29	27	26	24	22	85		
																	50	48	46	45	43	41	39	37	36	34	32	31	29	28	26	25	23	90	
																		49	47	45	43	42	40	38	36	35	33	31	30	28	26	25	23	95	
																			50	48	46	44	42	41	39	37	35	33	32	30	29	27	25	24	100

دمای ظاهری بالای 50°C

دمای ظاهری بالاتر از دمای حقیقی

دمای ظاهری پایین تر از دمای حقیقی

و حالت تشنج همراه است، در دمای ظاهری بالاتر از 54°C به وقوع خواهد پیوست (طبقه IV). بر اساس این طبقه‌بندی و مطالعات انجام شده (صادقی‌روش، 2009) وقتی که دمای ظاهری بین 22 الی 27 درجه نوسان کند، از نظر محیطی بسیاری از افراد احساس آرامش و آسایش می‌کنند.

در آخرین مرحله نیز به منظور دستیابی به دید کلی از وضعیت نوسان دما در نتیجه وجود یا نبود رطوبت، اقدام به برآورد دامنه نوسان ماهانه مابین دما و دمای ظاهری در دو شهر یزد و ساری بر مبنای نتایج گذشته شد.

نتایج

متوسط سالانه دما و رطوبت نسبی در دوره آماری ده ساله مابین سال‌های 2000 الی 2009 م، به ترتیب برای شهرهای ساری و یزد $17/9^{\circ}\text{C}$ ، 77% و $20/2^{\circ}\text{C}$ ، $27/3\%$ برآورد شد. مقایسه این ارقام بیانگر این موضوع است که شهر یزد در مجموع $2/3^{\circ}\text{C}$ گرم‌تر و $49/7\%$ خشک‌تر از شهر ساری می‌باشد. شکل 5 و 6 میانگین ماهانه دما و دمای ظاهری یزد و ساری را مورد مقایسه قرار می‌دهد. شکل 5 نشان می‌دهد که متوسط دمای یزد در تمام سال به جز ماه‌های آبان، آذر و دی بیشتر از مقادیر متناظرش در ساری می‌باشد. در صورتی که با توجه به شکل 6 ملاحظه می‌شود که به دلیل وجود رطوبت بالا دمای احساس شده ساری در تمامی 6 ماه (اردیبهشت تا مهر) مقایسه شده همواره بالاتر از یزد می‌باشد.

چون مبنای محاسبه میانگین دمای ماهانه، متوسط دمای روزانه می‌باشد، ممکن است اثرات تنش گرمایی روزانه نتواند به خوبی توسط این شاخص ارائه شود. لازم به ذکر است که مقادیر میانگین دما نمی‌تواند شدت تنش گرمایی را در بعد از ظهر روزهای گرم بیان کند. جهت رفع این مشکل و بیان روشن‌تر مسئله میانگین دمای حداکثر مطلق ظاهری (HAT) نیز محاسبه گردید.

میانگین 10 ساله رطوبت نسبی برای هر ماه از سال بر مبنای میانگین رطوبت نسبی در هر ماه. میانگین ده ساله رطوبت نسبی در ساعت 12:30 به تفکیک ماه، قابل ذکر است که حداقل مقدار رطوبت نسبی مربوط به این ساعت می‌باشد.

به منظور نمایش دمای ظاهری که در واقع درجه حرارت احساس شده با توجه به رطوبت موجود می‌باشد و بیان‌کننده تنش گرمایی¹ احساس شده توسط انسان است، از دو روش زیر بر روی جدول دمای ظاهری (جدول 1) استفاده شد (ناظم‌السادات و همکاران، 2002).

روش اول: محاسبه دمای ظاهری (AT) بر مبنای میانگین ماهانه دما (T) و میانگین ده ساله رطوبت نسبی

روش دوم: محاسبه دمای حداکثر مطلق ظاهری (HAT²) بر مبنای میانگین بالاترین دما (HT) و مقادیر میانگین رطوبت نسبی در ساعت 12:30 که بیانگر حداکثر تنش گرمایی است که انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. روش مذکور نمایش بهتری از اختلاف دما و دمای ظاهری را نمایان می‌سازد و در تجزیه و تحلیل نتایج و تصمیم‌گیری‌ها می‌تواند مؤثرتر باشد.

با استفاده از داده‌های استخراج شده بر مبنای روش‌های مذکور و جدول تعیین دمای ظاهری (جدول 1) مقادیر دمای ظاهری به تفکیک ماه برای دو شهر یزد و ساری استخراج گردید. به عنوان مثال چنانچه مقادیر دمای حقیقی (T) و رطوبت نسبی هوا برای منطقه‌ای به ترتیب برابر 38°C و 50% باشد، دمای ظاهری برابر است با 45°C . به عبارتی افرادی که در این شرایط قرار می‌گیرند به جای 38°C به اندازه 45°C احساس گرما می‌کنند.

در ادامه نتایج حاصل از محاسبه دمای ظاهری ماه‌های مختلف، با جدول خطرات ناشی از تنش گرمایی بر اساس دمای ظاهری (جدول 2) مورد ارزیابی قرار گرفت (موران و مورگان، 1995). در این جدول صدمات ناشی از تنش گرمایی به چهار طبقه تقسیم شده است و مرز شروع خطر وقوع دمای ظاهری 27°C بیان شده است. حداکثر اثرات تنش گرمایی که همراه با گرم‌زدگی شدید

1- Heat stress

2- Highest Apparent Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

جدول 2. خطرات ناشی از تنش گرمایی بر اساس دمای ظاهری (موران و مورگان، 1995)

طبقه	شاخص حرارتی (°C)	اثرات عمومی روی انسان
I	27-32	امکان خستگی با فعالیت ممتد فیزیکی
II	32-41	آفتابزدگی و انقباض حرارتی عضلانی، تحلیل رفتگی حرارتی با فعالیت فیزیکی مداوم ممکن است حادث شود.
III	41-54	آفتابزدگی و انقباض حرارتی عضلانی محتمل است و امکان گرم‌زدگی با فعالیت فیزیکی مداوم وجود دارد.
IV	54 <	خطر گرم‌زدگی، آفتابزدگی و شوک جدی است.

با بررسی دامنه نوسان بین دما و دمای ظاهری دو شهر یزد و ساری (شکل 9)، نتایج حاصله مورد تأکید قرار گرفت. به این معنی که دامنه نوسان مابین دما و دمای ظاهری به ویژه در ماه‌های گرم سال (از اردیبهشت تا مهر) برای شهر ساری زیاد و مثبت ارزیابی شد. بنابراین دمای احساس شده در منطقه بیش از دمای اندازه‌گیری شده می‌باشد. گاهی این اختلاف به 8 درجه هم می‌رسد که این در نتیجه وجود رطوبت در منطقه است و در مقابل دامنه نوسان میان دما و دمای ظاهری یزد به خاطر خشکی هوا کم و منفی ارزیابی شد. به این معنی که دمای اندازه‌گیری شده بیش از دمای احساس شده در منطقه می‌باشد.

نتایج به دست آمده حاکی از این واقعیت است که در نواحی مرطوب ساحلی در مقایسه با نواحی خشک مرکزی، آسایش آب و هوایی علاوه بر دما، تحت تأثیر متغیر دیگری به نام رطوبت است. بنابراین به منظور فراهم آوری شرایط بهینه زیستی برای ساکنان، علاوه بر در نظر گرفتن نتایج این پژوهش‌ها در طراحی و معماری ساختمان‌ها به منظور کنترل و جلوگیری از هدر رفت انرژی، می‌توان به ارائه توصیه‌های پزشکی و روان‌شناسی به منظور کاهش ضایعات روحی و جسمی پرداخت. همچنین نتایج این پژوهش می‌تواند مورد استفاده تصمیم‌گیران قرار گیرد تا با اختصاص یارانه مناسب انرژی برای ساحل‌نشینان، امکان فراهم آوری شرایط مناسب زیستی حاصل شود. این نتایج همچنین می‌تواند مورد استفاده برنامه‌ریزان حوزه گردشگری قرار گیرد و با هدایت گردشگران به مناطق مستعد، ارزش افزوده سرمایه‌گذاری‌ها را در این حوزه در پایدارترین و مناسب‌ترین حالت ممکن تضمین سازد.

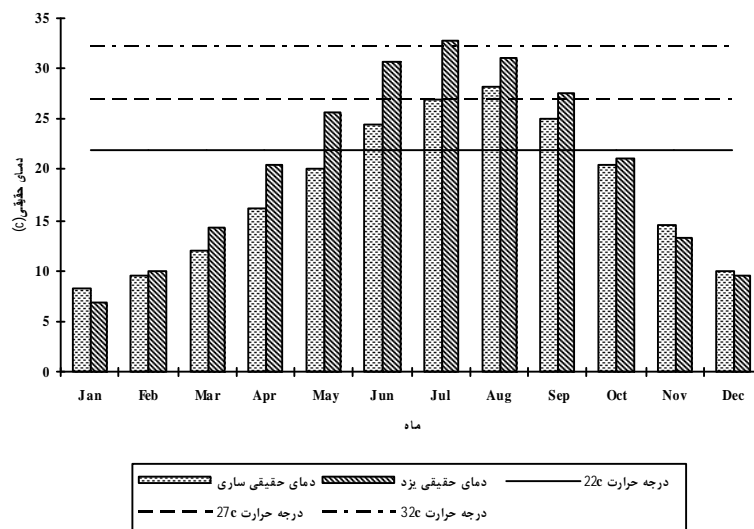
به این ترتیب، بر اساس حداکثر مطلق دما (HT) و رطوبت نسبی ساعت 12/30 ماهانه، مقادیر ماهیانه دمای حداکثر مطلق ظاهری شهرهای یزد و ساری برآورد شد. در بررسی شکل 7 مشاهده می‌شود که حداکثر دمای مطلق ساری در اواخر پاییز، زمستان و اوایل بهار از یزد بالاتر و در بقیه سال پایین‌تر می‌باشد در صورتی که با بررسی دمای حداکثر مطلق ظاهری دو شهر ملاحظه می‌شود که در تمام ماه‌ها به جز خرداد و تیر دمای ظاهری شهر ساری بالاتر از یزد است (شکل 8). بنابراین تأثیر رطوبت بر روی دمای ظاهری که توسط انسان احساس می‌شود مشهود است. شهر ساری به دلیل قرار گرفتن در کنار دریای خزر در شمال به عنوان منبع تأمین‌کننده رطوبت و رشته کوه البرز به عنوان مانع خروج هوای مرطوب منطقه علی‌رغم داشتن متوسط دمای سالانه کمتر از شهر یزد که در ایران مرکزی و به دور از منابع رطوبتی و تحت پر فشار دینامیکی جنب حاره‌ای می‌باشد، دمای ظاهری بیشتری دارد و مردم شهر ساری در بیشتر ایام سال نسبت به ساکنان شهر یزد بیشتر دچار تنش گرمایی می‌شوند. با توجه به شکل 8 مشاهده می‌شود که بیشترین دمای ظاهری برای شهر یزد در 42/5 °C در تیر ماه و شهر ساری در 44 °C در مرداد ماه برآورد شده است که تأیید کننده همین مطلب است.

شکل‌های 6 و 8 نشان می‌دهند که دمای ظاهری شهر یزد تنها در تیرماه نامطلوب شده (طبقه III) و در بقیه ایام سال از طبقه II (جدول 2) تجاوز نمی‌کند، در حالی که دمای ظاهری شهر ساری در طی ماه‌های فروردین تا شهریور نامطلوب شده و از لحاظ پتانسیل خطرات احتمالی در طبقه III قرار می‌گیرند. بنابراین می‌توان بیان کرد که در نیمه گرم سال، رخداد گرم‌زدگی، ایجاد شوک-های حرارتی و احساس ناراحتی دمایی در شهر ساری جدی است.

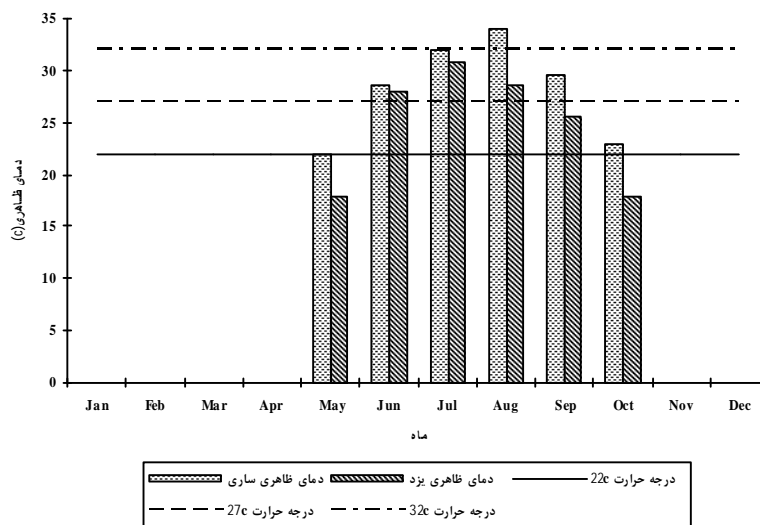
نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که دمای حقیقی (دمای اندازه‌گیری شده با دماسنج) نمی‌تواند شاخص خوبی برای ارزیابی آسایش زیست اقلیمی محسوب شود. بنابراین برای ارزیابی واقعی آسایش، تأثیر توأم دو پارامتر دما و رطوبت در قالب شاخص دمای ظاهری مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه دما و دمای ظاهری دو شهر یزد و ساری نشان داد که به ترتیب در 75% و 66/7% ماه‌ها دما و حداکثر مطلق دمای هوای یزد بیشتر از شهر ساری است.

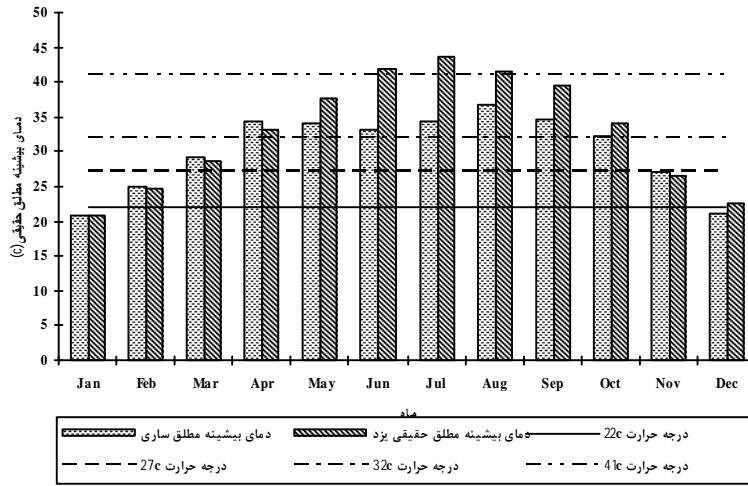
درعین حال دمای ظاهری و حداکثر مطلق دمای ظاهری ساری به ترتیب در 100% و 83/3% ماه‌ها از یزد پیشی گرفته، بنابراین مردم ساری به مراتب بیشتر در معرض تنش گرمایی قرار دارند. از این رو بیشترین میزان گرمادگی در شهر ساری در طی ماه‌های اردیبهشت تا شهریور و در شرایطی که دمای حقیقی به مرز 35°C نزدیک شود، ممکن است اتفاق بیفتد. توصیه می‌شود نتایج این گونه پژوهش‌ها در فعالیت‌های توسعه‌ای از جمله توسعه و ایجاد سکونت‌گاه‌ها، جهانگردی و غیره مورد نظر قرار گیرد.



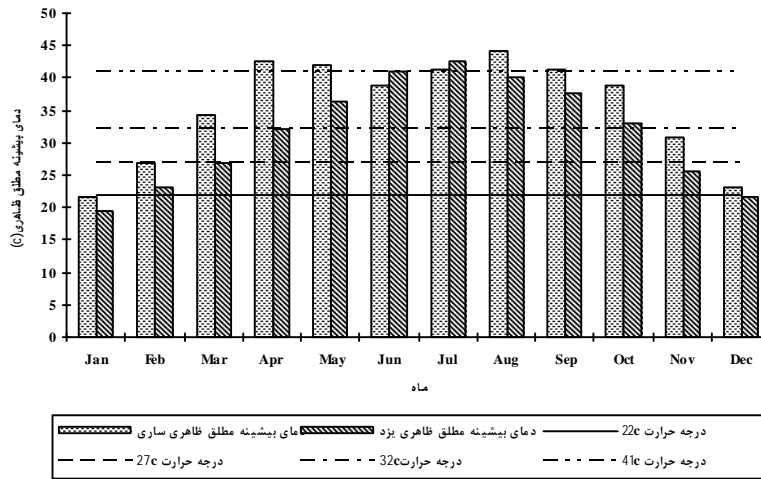
شکل 5. میانگین ده ساله دما (T) یزد و ساری



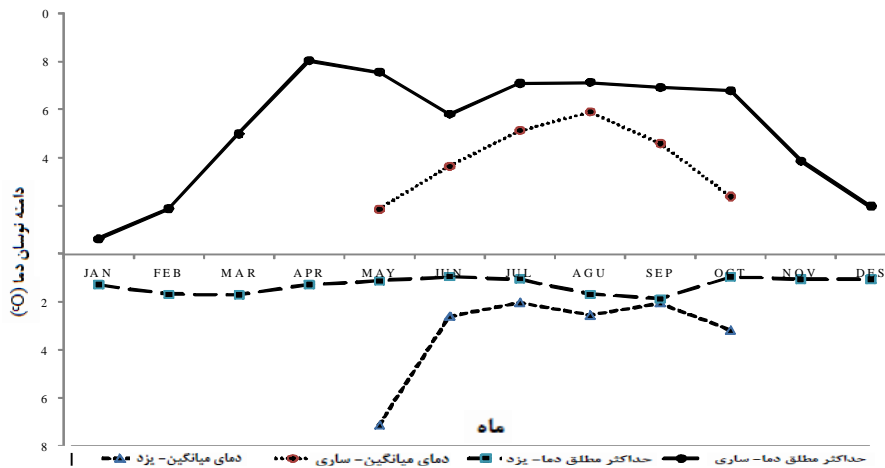
شکل 6. میانگین ده ساله دمای ظاهری (AT) یزد و ساری



شکل 7. میانگین ده ساله حداکثر مطلق دما (HT) یزد و ساری



شکل 8. میانگین ده ساله حداکثر مطلق دمای ظاهری (HAT) یزد و ساری



شکل 9. دامنه نوسان دما و دمای ظاهری دو شهر یزد و ساری

References

- Alijany, B., 1994. New approach in the application of climatologically to resource management and development of country. *Journal of Geographical Research*, 10 (53): 45-61, (in Farsi).
- Amai, H., Tanabe, S. I., Akimoto, T. & Genma, T., 2007. Thermal Sensation and Comfort with Different Task Conditioning Systems. *Building and Environment*, 42: 3955-3964.
- ASHRAE Handbook, 1985. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. USA, Inc; Publications Office.
- Bazr Pash, R., Maleki, H. R. & Hosseini, S. A. A., 2008. Investigation of thermal comfort in outdoor for ecotourism in Babolsar city, *Journal of Geographical Research*, 23(3): 93-108, (in Farsi).
- Byrghdar Gholami, M., 1998. Design projection of rural settlements consistent with the climate, Mashhad, Climatology National Center, (in Farsi).
- Climate Analysis Center, 1987. *Weekly Climate Bulletin*. US National Weather Service.
- Critchfield, H. J., 1983. *General Climatology* Prentice Hall, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- Corgnati, S. P., Fabrizio, E. & Filippi, M., 2008. The Impact of Indoor Thermal Conditions, System Controls and Building Types on the Building Energy Demand. *Energy and Buildings*, 40: 627-636.
- Dioxin, J. C., 1991. Wind Chill. *Weather*, 47: 141-144.
- Fanger, P. O., 1972. *Thermal Comfort Analysis and Applications in Environmental Engineering*. USA, McGraw-Hill.
- Fishman, D. S. & Pimbert, S. L., 1979. *Survey of Subjective Responses to the Thermal Environment in Offices Indoor Climate*. Copenhagen, Denmark, Danish Building Research Institute.
- Ghobaglo, Z., 2001. Determination methods of limit of thermal comfort. *Journal of Honarha-ye ziba*, (10): 68-74, (in Farsi).
- Gagge, A. P., Stalwijk, J. A. J. & Nishi, Y., 1971. An Effective Temperature Scale Based on a Simple Model of Human Physiological Regulatory Response, *ASHRAE Trans*, USA, McGraw-Hill.
- Holz, R., Hourigan, A., Sloop, R., Monkman P. & Krarti, M., 1997. Effects of Standard Energy Conserving Measures on Thermal Comfort. *Building and Environment*, 32: 31-43.
- I. R. Iran Meteorological Organization (IMO)., 2009. *Country meteorological calendar, synoptic stations of Yazd and Sari - 2000-2009*, Tehran, Meteorological Organization press.
- Ismail, A. R., Jusoh, N., Zulkifli, R., Sopian, K & Deros, B. M., 2009. Thermal Comfort Assessment: A Case Study at Malaysian Automotive Industry. *American Journal of Applied Sciences*. 6: 1495-1501.
- Jahanbakhsh, S., 1998. Human bioclimatic assessment of Tabriz and building thermal needs. *Journal of Geographical Research*, 14 (48): 67-68, (in Farsi).
- Kaviani, M. R., 1992. Assessment of critical climate and irritation thresholds in the southern coast of the Caspian Sea and the northern slopes of middle Alborz. *Journal of Research in Geography*, 22(29): 49, (in Farsi).
- Kaviani, M. R., 1993. Investigation and mapping of human bio-climate in Iran. *Journal of Geographical Research*, 9(28): 78, (in Farsi).
- Khalili, A., 2008. Three-dimensional analysis of heat and cool days in Iran. *Journal of Geographical Research*, 16 (54, 55): 7-18, (in Farsi).
- Khoushhal, J., Ghazi, I. & Arvin, A., 2007. Cluster Grouping in Human Bio-Climatic Classification: A case study of Esfahan province, *Research Bulletin of Esfahan University (Humanities)*, 22: 133-154.
- Kwong, Q. J., Adam, N. M. & Tang, S. H., 2009. Effect of Environmental Comfort Factors in Enclosed Transitional Space toward Work Productivity. *American Journal of Environmental Sciences*, 5: 315-324.
- Lauren, T., 2003. *Climate and Architecture*, Retrieved March 12, 2010 from: <http://www.serch.man.climate>.
- Martín, H. R., Martínez, R. F. J. & Gómez, V. E., 2008. Thermal Comfort Analysis of a Low Temperature Waste Energy Recovery

- System: SIECHP. Energy and Buildings. 40: 561-572.
- Mohammadi, H., & Saidi, A., 2008. Effective Bio-climatically indicators on human comfort assessment: A case study in Qom. Journal of Environmental Studies, 34(47): 73-86, (in Farsi).
- Moran, J. M. & Morgan, M. D., 1995. Essential of weather. USA, New York, Prentice Hall.
- Nazemosadat, S. M. J., Dashtakian, K. & Deziani, S., 2002. Comparison of humans thermal comfort amount in the climate conditions of central Iran and coastal region of the Caspian Sea, (Case study: Yazd & Gorgan cities), Journal of Environmental Studies, 27(29): 52-57.
- Negahban, S., Roshan, G. R., & Dehkordy, F., 2009. The study of climate comfort features of Yazd by using MAHANI model. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 3 (7): 61-59.
- Olgay, V., 1973. Design with Climate. USA, Princeton University Press.
- Razjoyan, M., 1987. Thermal comfort by means of harmony architectural with the climate, Tehran, University of Shahid Beheshti press.
- Ramezani, B., 2006. Ecotourism potential identifying of bioclimatic comfort in Kya Klayh wetland, Journal of Geography and Regional Development, 4(7): 72-87, (in Farsi).
- Sadeghi Ravesh, M. H., & Tabatabaei, S. M., 2009. Determination of limit of thermal comfort in arid climate (Case study: Yazd city), Journal of Hoviateshahr, 3(4): 39-46, (in Farsi).
- Schneider, M., 2002. Do School Facilities Affect Academic Outcomes? USA, National Clearinghouse for Educational Facilities Press, Retrieved January 12, 2008 from: www.edfacilities.org.
- Sopian, K. & Daghigh, R., 2009. The Impact of Air Exchange Effectiveness on Thermal Comfort in an Air-Conditioned Office. American Journal of Applied Sciences, 6: 1973-1980.
- Steadman, R. G., 1979a. The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. Applied Meteorology, 18:861-873.
- Steadman, R. G., 1979b. The assessment of sultriness. Part II: Effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. Applied Meteorology. 18:874-885.
- Steadman, R. G., 1984. A universal scale of apparent temperature. Climate Applied Meteorology, 23: 1674-1687.
- Steadman, R. G., 1994. Norm of apparent temperature in Australia. Australian Meteorology Magazine, 43: 1-16.
- Szokolay, S. V., 1987. Thermal Design of Buildings. Australia, Raia Education Division Canberra.
- Watts, J. D & Kalkstein, L. S., 2004. The Development of a Warm-Weather Relative Stress Index for Environmental Applications. Journal of Applied Meteorology, 43: 503-513.

Comparison of human thermal comfort amount in arid and humid climates (Case study: Yazd and Sari cities)

M. H. Sadeghi Ravesh, Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of
Agriculture, Takestan Branch Azad University, I. R. Iran
m.sadeghiravesh@tiau.ac.ir

Received: 28 Jul 2010

Accepted: 5 Jan 2011

Abstract

Assessment of climatic condition in accordance with human comfort is the basic of architecture, urbanization and tourism. Therefore, estimating and comparison of comfort zones (bounds) is important and essential in various climates. In this research linked effects of temperature and humidity on human comfort condition in two different climates of Iran (Central parts and humid costal of Caspian Sea) was estimated using Apparent Temperature Index (ATI). Yazd and Sari cities were selected as typical samples for arid and humid climates, respectively. Thermal comfort conditions for 10 years statistical period of 2000 to 2009 were estimated monthly, based on the mean temperature, mean highest temperature, mean relative humidity and mean lowest relative humidity. Results show that occurrence risk of heatstroke, sunstroke and human discomfort is higher in Sari than Yazd.

Keywords: Climate comfort, Apparent Temperature Index, Sari, Yazd.