دکتر علی خلیلی، استاد دانشگاه تهران
A. Khalili, Ph.D
شماره مقاله: ۶۲۶

تدوین یک سامانه جدید پهنه‌بندی اقلیمی از دیدگاه نیازهای گرمایش- سرمایش محیط و اعمال آن بر گستره ایران

چکیده

یکی از پارامترهای مهم در مبحث معماری همساز با اقلیم مقدار انرژی پایه لازم برای گرم کردن ساختمان در فصول سرد HDD[1] و سرد کردن آن در فصول گرم سال CDD[2] تا حدود آسایش گرمایی انسان است. در این بررسی، ابتدا با تدوین یک مدل محاسباتی مقدار متوسط CDD و HDD در روزهای مختلف سال از روی میانگین‌های ماهانه دما برای شبکه‌ای مرکب از ۲۱۸ ایستگاه هواشناسی کشور برآورد گردید و در مرحله دوم توزیع فضایی آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و بر اساس معادلات حاصل امکان برآورد CDD و HDD در هر نقطه از کشور فراهم گردید. در مرحله بعد، با تعیین آستانه‌هایی برای درجه- روزهای گرمایش، هفت گروه اقلیمی از ملایم تا فراسرد به نامهای H_1 تا H_7 تشخیص داده شد. همچنین با تعیین آستانه‌هایی برای درجه- روزهای سرمایش، پنج گروه اقلیمی از ملایم تا بسیار گرم به نامهای C_1 تا C_5 تعیین گردید و چهار گروه رطوبتی نیز در طبقه‌بندی منظور گردیده است. بر این اساس گروه‌های اقلیمی در طبقه‌بندی پیشنهادی به طور کلی با فرمول $H_iC_jR_k$ تعریف شده‌اند که i از ۱ تا ۷، j از ۱ تا ۵ و k (منحصرا برای مناطق ساحلی) از ۱ تا ۴ تغییر می‌نماید. در گام نهایی، نقشه پهنه‌بندی اقلیمی ایران بر پایه بررسی‌ها و قراردادهای طبقه‌بندی فوق در مقیاس یک میلیونیم در محیط GIS تهیه و ارایه گردیده است.

کلید واژه‌ها: درجه، روزهای گرمایش، درجه، روزهای سرمایش، ایران، پهنه‌بندی اقلیمی، نیازهای حرارتی ساختمان.

1. Heating degree-days.
2. Cooling degree-days.

مقدمه

مقدار انرژی لازم جهت گرم کردن ساختمان در فصول سرد و سردکردن آن در فصول گرم که به غلطی رایج گرمایش و سرمایش ساختمانی خوانده می‌شود در درجه اول تابع دمای هوا است. بخش مهمی از محاسبات مهندسی از نظر ابعاد بازشوها، مصالح ساختمانی و یا ظرفیت سیستم‌های خنک کننده و گرم کننده و یا تهویه مطبوع براساس آن انجام می‌گیرد. در این زمینه مجموعه انتشارات مبحث « اقلیم- ساختمان» جامعه مهندسین گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا (*American Society of Heating, 1985*) و کارهای ایتون[3] (۱۹۷۰)، گیونی (۱۹۶۳ و ۱۹۹۷)، بایکر[4] و دیگران (۱۹۹۴)، اولگی (۱۹۷۳)، گریفیتس[5] (۱۹۹۰)، همفری[6] (۱۹۹۲) و نیکل[7] و دیگران (۱۹۹۴)، شایسته ذکر است، در زمینه کارهای انجام شده در ایران از مطالعات ریاضی (۱۳۵۶)، رازجویان (۱۳۶۷)، کسمایی (۱۳۷۲)، خلیلی (۱۳۷۸) می‌توان نام برد.

مقدار نیاز به گرم کردن محیط در زمستان و سرد کردن آن در تابستان برحسب تعریف « جمع تفاوتهای میانگین‌های روزانه دما از آستانه معین در دوره مشخصی از سال» است و برحسب درجه- روز[8] بیان می‌شود دماهای مرجع که برای داده‌های حقیقی غیرآماری و لحظه‌ای برای حدود آسایش انسان پیشنهاد شده است ۱۹ تا ۲۸ درجه است ولی در تبدیل این ارقام به میانگین روزانه T (درجه سانتیگراد)، آستانه‌ها تغییر می‌یابد و با توجه به نوسان دما در طی شبانه‌روز تعدیل می‌گردد. در ایالات متحده این آستانه‌ها به ترتیب ۱۸/۳ = θ_1 و ۲۳/۹ = θ_2 درجه سانتیگراد می‌باشد. اگر متوسط روزانه دمای هوا از ۲۳/۹° تجاوز کند در آن روز نیاز به سردکردن محیط به وجود می‌آید. میزان نیاز در یک دوره معین N روزه به درجه- روز سرمایش[9] یا CDD موسوم است و از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$\text{CDD} = \sum_{1}^{N} (T - \theta_2) \quad \text{با شرط} \quad \theta_2 < T \qquad (۱)$$

همچنین در پایین‌تر از دمای θ_1 احساس سرما به وجود می‌آید و برای آسایش، محیط باید گرم شود. میزان درجه- روز گرمایش از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$\text{HDD} = \sum_{1}^{N} (\theta_1 - T) \quad \text{با شرط} \quad \theta_1 > T \qquad (۲)$$

3. J. R. Eyton. 4. N. Bayker. 5. I. D. Grifiths. 6. M. A. Humphreys.
7. F. Nicol. 8. Degree-day. 9. Colling degree-day.

مقدار درجه- روز که به این ترتیب تعریف می‌شود در حقیقت نوعی نمایه انرژی است که با در دست داشتن ابعاد محیطی که گرم یا سرد می‌شود و اطلاعات فیزیکی دیگر می‌توان آن را مستقیما حسب کالری در واحد حجم فضا (هوا) بیان کرد. به عبارت دیگر درجه- روز یک شاخص مصرف انرژی گرمایش و سرمایش محسوب می‌گردد (فرهنگ بین‌المللی هواشناسی و فرهنگ وان نوستراند).

مدل برآورد درجه- روزهای سرمایش و گرمایش

محاسبه مقادیر متوسط CDD و HDD برمبنای روابط (۱) و (۲) نیاز به داده‌های میانگین روزانه دمای هوا در یک دوره اقلیمی طولانی برای هر ایستگاه دارد که تهیه آن کاری پرحجم، پرهزینه و وقت‌گیر است و در قالب مطالعه حاضر نمی‌گنجد به این دلیل مقادیر CDD و HDD ماهانه از روی میانگین‌های ماهانه دمای متوسط روزانه که در سالنامه‌های هواشناسی در دسترس است برآورد گردید.

ورودی مدل را مقادیر T_i میانگین روزانه دما در ماه i تشکیل می‌دهند که به شماره روز میانه آن ماه d_i نسبت داده می‌شود. تغییر دمای متوسط روزانه بین میانه ماه i و ماه *i+1* خطی فرض می‌شود و قطعه خط M_i M_{i+1} نمایش آن است. در این صورت اگر D شماره روز اقلیمی از اول ماه ژانویه و d_i مقادیر آن در میانه ماه باشد، مشخصات سیزده نقطه متوالی از رژیم دمایی مطابق جدول (۱) است که در آن $T_{13}=T_1$ انتخاب می‌شود. در ماه‌هایی که تعداد روزهای آن زوج است خطایی به مقدار x نصف روز به وجود می‌آید که برای دقت بیشتر می‌توان میانگین‌های محاسبات با تقریب اضافی و نقصانی را در نظر گرفت.

جدول ۱ مختصات اقلیمی ماه‌های سال در سیستم دما- شماره روز

ماه‌ها (i)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J
نام نقطه نمایش M_i	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}	M_{11}	M_{12}	M_{13}
دمای متوسط ماهانه T_i	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}	T_{13}
تعداد روزهای ماه	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31
شماره روز d_i	16	45	75	105	136	166	197	228	258	289	319	350	381

معادله خطوط M_i M_{i+1} که وسط ماه i را به وسط ماه *i+1* وصل می‌کند به‌صورت تابعی از شماره روز D به صورت زیر است که خود مرکب از معادله ۱۲ پاره خط مستقیم می‌باشد.

$$T(D)=\frac{T_i-T_{i+1}}{d_i-d_{i+1}}(D-d_i)+T_i(d) \qquad (۳)$$

با شرایط :
$d_i \le D < d_{i+1}$
و
$16 \le D \le 365$
و
$1 \le i \le 13$
و
if $D<16$ then $D \Rightarrow 365+D$

به این ترتیب، تابعی مانند T(D) قابل تعریف است که به ازاء هر عدد D در فاصله یک تا ۳۶۵ روز سال دمای متوسط آن روز را به دست می‌دهد.

براین اساس مقادیر HDD و CDD سالانه از روابط زیر محاسبه می‌شوند.

$$HDD=\sum_{D=1}^{365}(\theta_1-T(D)) \quad \text{با شرط} \quad \theta_1>T(D) \qquad (۴)$$

$$CDD=\sum_{D=1}^{365}(T(D)-\theta_2) \quad \text{با شرط} \quad \theta_2<T(D) \qquad (۵)$$

صحت کارکرد این مدل با داده‌های حقیقی روزانه ۴۰ ایستگاه سینوپتیک ایران مقایسه شده و نتایج در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد (*خلیلی، ۱۳۷۸*).

توزیع فضایی نیازهای گرمایش و سرمایش در ایران

بررسی‌های سه بعدی دما در گستره ایران نشان داده است که پارامترهای دمایی به ویژه میانگین دمای سالانه در ایران حسب طول، عرض و ارتفاع جغرافیایی متغیر است (*خلیلی، ۱۳۷۶*). چون مقادیر HDD و CDD خود توابعی از دمای هوا می‌باشند طبیعی به نظر می‌رسد که این عوامل نیز تابع مختصات جغرافیایی باشند. برای بررسی این موضوع آنالیز همبستگی چند متغیره بین CDD و HDD از یک طرف و طول X، عرض Y و ارتفاع Z جغرافیایی ۲۱۸ ایستگاه مطالعاتی از طرف دیگر آزمون گردید. این آنالیز نشان داد که روابط زیر بین این عوامل وجود دارد.

$$HDD=-3418.0-25.5X+164.6Y+0.971Z+\varepsilon \qquad (۶)$$

$$CDD=7338.4-17.28X-148.3Y-0.580Z+\varepsilon \qquad (۷)$$

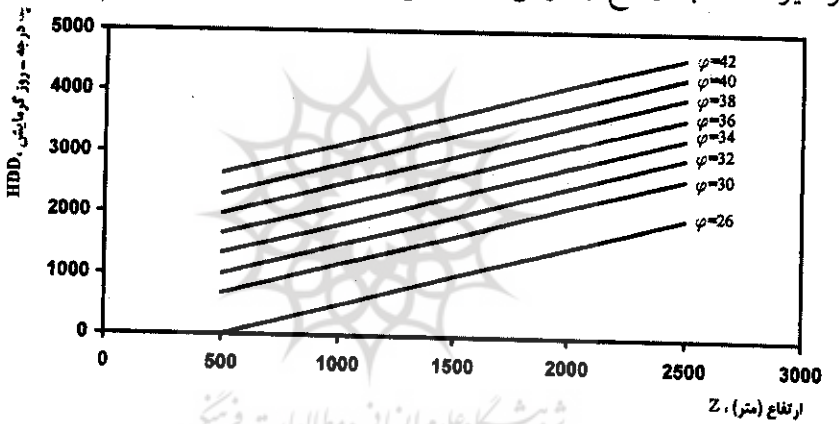
که در آنها CDD و HDD حسب درجه روز، x و y طول و عرض جغرافیایی حسب درجه قوسی و Z ارتفاع حسب متر و ε مقدار خطا یا اختلاف مقادیر مشاهده شده

یا محاسبه شده می‌باشد. درجه آزادی در معادلات فوق $df = 214$ و روابط حداقل در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشند.

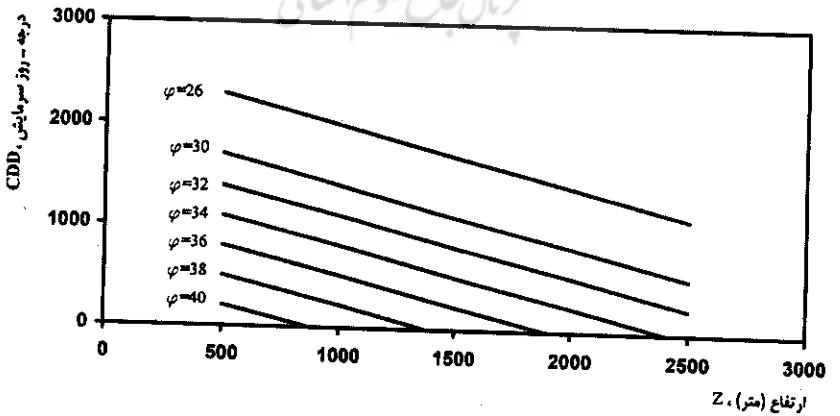
این روابط نشان می‌دهند که:

- نیاز سالانه به گرمایش از جنوب به شمال به ازاء هردرجه عرض جغرافیایی ۱۶۵ درجه روز افزایش و همچنین به ازاء هر کیلومتر ازدیاد ارتفاع ۹۷۱ درجه روز فزونی می‌یابد.
- نیاز سالانه به سرمایش برحسب عرض جغرافیایی بازاء هردرجه قوسی ۱۴۸ و بازاء هر کیلومتر ارتفاع ۵۸۰ درجه روز کاهش پیدا می‌کند.

براساس دو معادله فوق تغییرات نیاز سالانه به انرژی‌های گرماساز و سرماساز در گستره ایران حسب ارتفاع و عرض جغرافیایی در نمودارهای ۱ و ۲ ترسیم شده است.



نمودار ۱ تغییرات نیاز سالانه به انرژی گرماساز (HDD) حسب عرض جغرافیایی و ارتفاع در گستره ایران



نمودار ۲ تغییرات نیاز سالانه به انرژی سرماساز (CDD) حسب عرض جغرافیایی و ارتفاع در گستره ایران

کاربرد معادلات فوق در محیط GIS با اعمال لایه خطای ε در معادلات ۶ و ۷، منجربه ترسیم نقشه توزیع CDD و HDD سالانه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ شده است (۱). درجه روزهای گرمایش سالانه در ایران نمایانگر وجود هسته‌هایی با رقوم بیشتر از ۴۰۰۰ درجه روز در سال در مناطق مرتفع زاگرس، البرز مرکزی و کوههای آذربایجان است. متقابلا در بخش اعظم مناطق پست جنوبی کشور نیاز به گرمایش کمتر از ۵۰۰ درجه روز می‌باشد. درجه روزهای سرمایش سالانه، مشخص می‌سازد که در همین مناطق میزان نیاز به سرمایش عملا ناچیز و از دید اقلیمی قابل اغماض است.

پیشنهاد یک طبقه‌بندی اقلیمی براساس نیازهای حرارتی محیط

شاخص درجه روزهای گرمایش و سرمایش از این نظر مهم هستند که اولا تصویر بسیار روشن و کمّی از میزان نیاز حرارتی مناطق را ارایه می‌دهد. این شاخص حتی قابل تبدیل به سوخت با ارزش گرمایی معین می‌باشد. ثانیا این شاخص تمامی ایام سال را دربر می‌گیرد و منحصر به ماه‌های نهایی سال یعنی سردترین و گرم‌ترین ماه‌ها نمی‌باشد و به طور ضمنی دامنه نوسان سالانه دما را نیز در نظر می‌گیرد.

با توجه به فراهم بودن روابط بنیادی توزیع فضایی CDD و HDD روی ایران و سایر عناصر لازم، جمع‌بندی مطالعات به صورت یک طبقه‌بندی اقلیمی مفید و لازم به نظر رسید. اساس این طبقه‌بندی را آستانه‌هایی از درجه روزهای گرمایش و سرمایش تشکیل می‌دهند که درحقیقت مرزهای پهنه‌بندی اقلیمی به حساب می‌آیند و برای انتخاب آنها شبکه ایستگاه‌های سینوپتیک قدیمی ایران از شمالی‌ترین مناطق تا چابهار که جنوبی‌ترین آنها است از نظر وضعیت گرمایی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

در تقسیم‌بندی پیشنهادی نگرش‌های ماهانی و گیونی در مبحث اقلیم و ساختمان نیز ملحوظ بوده‌اند. در تقسیم‌بندی حاضر مناطق مختلف از دو دیدگاه اصلی و یک دیدگاه فرعی هویت‌یابی اقلیمی شده‌اند.

الف: لایه‌های اقلیمی معرف میزان نیاز به انرژی گرماساز در فصول سرد HDD که شامل هفت طبقه از H_1 (ملایم با نیاز حرارتی کمتر از ۵۰۰ درجه روز در سال) تا H_7 (فراسرد با نیاز گرمایی بالاتر از ۳۸۰۰ درجه روز در سال) می‌باشد. اسامی این لایه‌ها در جدول ۲ با ذکر مثال‌هایی از شهرهای ایران آمده است. ارقام نرمال سالانه دمای شهرها در این جدول به منظور مقایسه و لمس فیزیکی گرم و سرد بودن منطقه آورده شده است.

جدول ۲ انتخاب شاخص زمستانه نیاز گرمایی سالانه

نیازگرمایی سالانه (درجه- روز)	توصیف	نماد	ایستگاه نمونه	نیازگرمایی (درجه-روز)	متوسط دمای سالانه (سانتی‌گراد)
بیشتر از ۳۸۰۰	فراسرد	H_7	لیقوان	۴۴۰۷	۶/۳
۳۸۰۰-۳۰۰۰	بسیار سرد	H_6	اسکو	۳۰۹۴	۱۰/۸
۳۰۰۰-۲۰۰۰	سرد	H_5	تبریز	۲۸۳۲	۱۲/۷
۲۰۰۰-۱۵۰۰	نیمه سرد	H4	تهران	۱۷۴۷	۱۷/۱
۱۵۰۰-۱۰۰۰	نسبتا سرد	H_3	بابلسر	۱۳۹۷	۱۶/۸
۱۰۰۰-۵۰۰	معتدل	H_2	هفت تپه	۵۹۵	۲۳/۴
کمتر از ۵۰۰	ملایم	H_1	جزیره‌خارک	۱۷۲	۲۵/۳

ب: لایه‌های معرف میزان نیاز به انرژی سرماساز برای ایجاد برودت در فصول گرم یا CDD که پنج گروه از C_1 (ملایم با نیاز سرمایی اندک و کمتر از ۱۰۰ درجه روز در سال) تا بسیار گرم C_5 (با نیاز سرمایی بیشتر از ۱۸۰۰ درجه روز در سال) تقسیم شده است. اسامی این لایه‌ها در جدول سه آمده است.

جدول ۳ انتخاب شاخص نیاز سرمایی سالانه

نیاز سرمایی سالانه (درجه- روز)	توصیف	نماد	ایستگاه نمونه	نیاز سرمایی (درجه- روز)	متوسط دمای سالانه (سانتی‌گراد)
بیشتر از ۱۸۰۰	بسیارگرم	C5	ایرانشهر	۲۶۲۰	۲۶/۴
۱۸۰۰-۱۰۰۰	گرم	C_4	داراب	۱۶۶۸	۲۲/۰
۱۰۰۰-۵۰۰	نسبتا گرم	C_3	جلفا	۷۰۴	۱۳/۰
۵۰۰-۱۰۰	معتدل	C_2	ماکو	۱۸۳	۱۱/۱
۱۰۰-۰	ملایم	C_1	باراندوزچای	۹۲	۱۰/۷

ج: لایه معرف رطوبت هوا

لایه‌های معرف رطوبت هوا در آغاز برای همخوانی و قابل استفاده بودن طبقه‌بندی پیشنهادی با دستورالعمل‌های " ساختمان- اقلیم" ماهانی تدوین گردید و در فرمول‌های مربوط به کارگرفته شد ولی بعدا به علت پیچیده شدن نقشه مربوط که استفاده از آن را برای کاربران محدود و بلکه ممتنع می‌ساخت فقط اقلیم‌های مرطوب شرجی آن مورد استفاده قرار گرفت.

لایه‌های رطوبتی سیستم پیشنهادی شامل چهارگروه خشک، نرمال، نیمه‌مرطوب و

مرطوب می‌باشند و با نماد R مشخص گردیده‌اند. و با توجه به اینکه رطوبت نسبی در تابستان‌ها و فصول گرم از نظر آسایش انسانی دارای تأثیر بیشتری از زمستان‌ها است، عامل R میانگین رطوبت نسبی فصل تابستان اختیار شده است. در جدول ۴ شاخص‌های انتخاب رده‌های اقلیمی حسب متوسط رطوبت نسبی ماه‌های ژوئن- ژوئیه- اوت (تیر، مرداد و شهریور) منعکس شده و برای هریک مثال‌هایی ذکر شده است.

جدول ۴ انتخاب شاخص رطوبت تابستانه

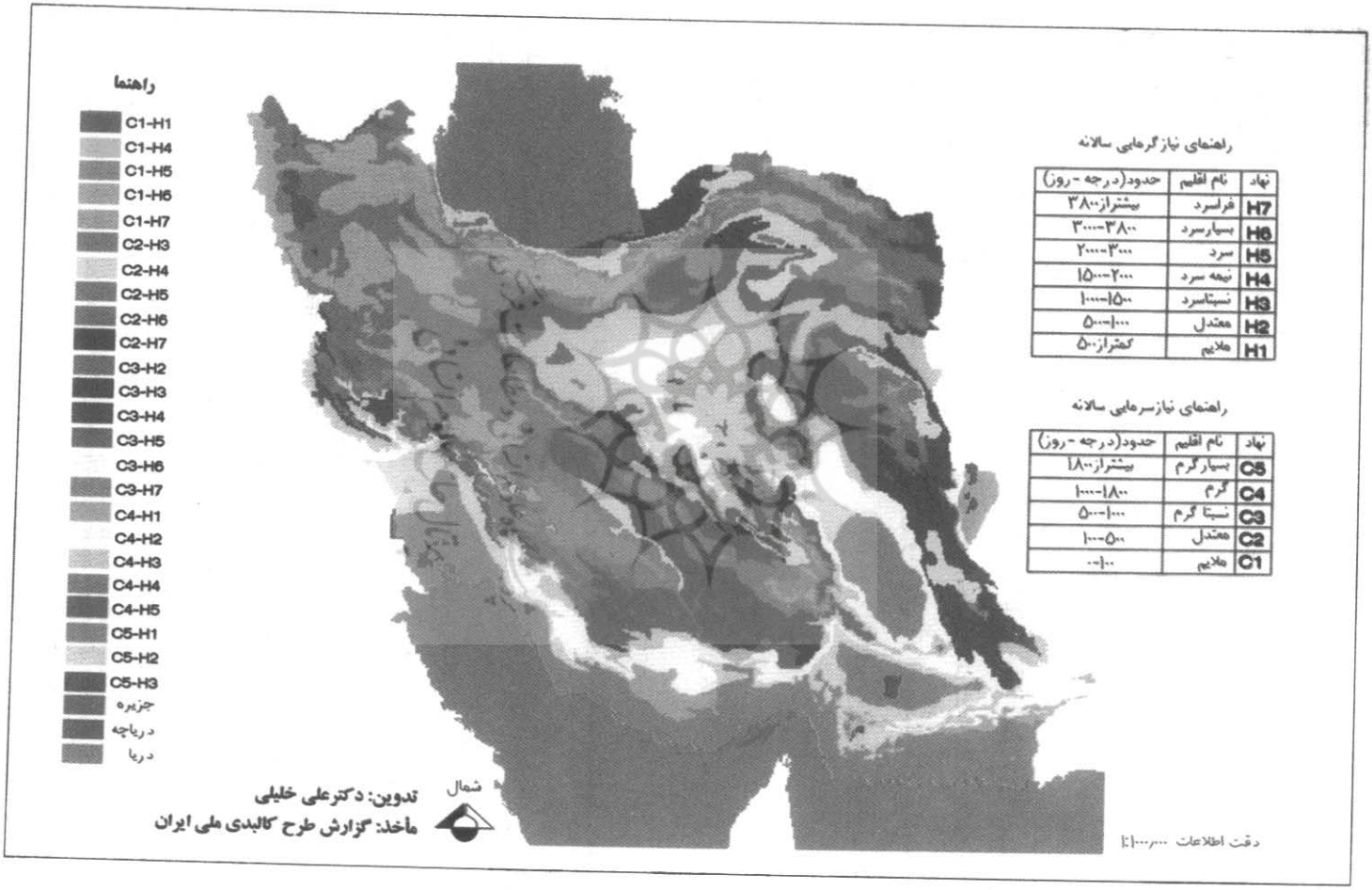
حدود میانگین رطوبت	توصیف	نماد	نمونه: ایستگاه	میانگین رطوبت نسبی
کمتر از ۳۰ درصد	خشک	R_1	یزد	۱۸
۳۰ تا ۵۰ درصد	عادی	R_2	مرند	۴۸
۵۰ تا ۷۰ درصد	نیمه‌مرطوب	R_3	ماکو	۵۵
بیشتراز ۷۰ درصد	مرطوب	R_4	انزلی	۸۴

به عنوان مثال اقلیم $H_2C_3R_2$ اقلیمی با زمستان معتدل با نیاز حرارتی ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه- روز و تابستان نسبتا گرم با نیاز سرمایی ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه- روز و رطوبت تابستانه معمولی بین ۳۰ تا ۵۰ درصد است.

به طورخلاصه " طبقه‌بندی اقلیمی نیازهای حرارتی محیط " با فرمول کلی $H_i\ C_j\ R_k$ بیان می‌شود که در آن H معرف مقدار نیاز سالانه گرمایش و i از یک تا هفت تغییر می‌کند، C مقدار نیاز سالانه محیط به سرمایش می‌باشد که ز از یک تا ۵ تغییر می‌یابد و R معرف رطوبت محیط می‌باشد که مقادیر یک تا چهار را اختیار می‌کند.

شاخص H_iC_j معرف نیاز حرارتی است و قاعدتا ۵×۷=۳۵ تیپ اقلیمی را در بر می‌گیرد ولی از این تیپ‌ها فقط ۲۵ نمونه در سرزمین ایران هویت‌یابی شده است. نقشه ۱ پهنه‌بندی سرزمین ایران را در سامانه طبقه‌بندی پیشنهادی ارایه می‌دهد. دقت نقشه ارایه شده یک میلیونیم و از تقاطع نقشه‌های HDD و CDD ایران حاصل شده است.

روش پیشنهادی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ برای مناطق زاگرس، آذربایجان و خوزستان، یعنی استان‌های غرب و شمال غرب کشور شامل استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی و غربی، همدان، کرمانشاه، کردستان، لرستان، ایلام، کهکیلویه، بویراحمد و خوزستان به انجام رسیده است و تقسیمات رطوبتی نیز بر آنها اعمال شده است.



نقشه ۱ پهنه‌بندی اقلیمی ایران از دیدگاه نیازهای سالانه گرمایش و سرمایش

دست یافته‌ها

از بررسی حاضر نتایج زیر عاید شده است.

الف: ارایه نخستین نمودارهای معرف تغییرات سرمایش و گرمایش سالانه ایران حسب ارتفاع و عرض جغرافیایی.

ب: ارایه یک سیستم طبقه‌بندی اقلیمی بر اساس همین پارامترها که مناطق را از نظر نیازهای حرارتی با دقت موردنیاز تفکیک می‌نماید و ترسیم نقشه پهنه‌بندی اقلیمی ایران در همین سیستم و در مقیاس یک میلیونیم.

ج: ارایه معادلاتی برای تمام گستره ایران که مقدار CDD و HDD سالانه را حسب طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع با تقریب مناسب و خطایی درحدود حداکثر ۱۰٪ تعیین می‌نماید.

د: تدوین یک مدل محاسباتی که پارامترهای ورودی آنرا میانگین‌های ماهانه دما و رطوبت و خروجی آنرا مقادیر ماهانه و سالانه CDD و HDD و همچنین فرمول اقلیمی ایستگاه تشکیل می‌دهد.

پی‌نوشتها

۱. ر.ک: فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش ۵۴ و ۵۵، ص ۱۴ و ۱۵؛ ۱۳۷۸.

منابع و مآخذ

۱. خلیلی، علی (۱۳۷۸)؛ **تحلیل سه بعدی درجه- روزهای گرمایش و سرمایش در ایران**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره‌های ۵۴ و ۵۵، ص ۷-۱۸.

۲. خلیلی، علی؛ **تغییرات سه بعدی میانگین‌های درازمدت سالانه دمای هوا در گستره ایران**، نیوار، شماره ۳۲، ص ۲۴-۱۵، زمستان ۱۳۷۵.

۳. ریاضی، جمشید (۱۳۵۶)؛ **اقلیم و آسایش در ساختمان**، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.

۴. کسمایی، مرتضی (۱۳۷۲)؛ **پهنه‌بندی اقلیمی ایران**، مسکن و محیطهای مسکونی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ش. ۱۵۱، تهران.

۵. مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران (۱۳۷۶)؛ **طرح کالبدی ملی ایران**. تهران.

6. American Society of Heating (1985); **Refrigerating and Air Conditioning Engineers** (ASHRAE), ASHRAE Fundamental Handbook, New York.

7. Bayker, N., and M. Standeven (1994); **Thermal Comfort in Free-Running Buildings**, proc. of 11th International Conference (PLEA'94), the Dead Sea, , pp. 25-32.

8. Eyton, J. R., A **Unitary Index for Comfort Climate Classification**, Instit. Envir. Sci. ann. Tech. Meeting proceedings, 1970, pp. 497-507.

9. Givoni, B (1963); **Estimation of the effects of Climate on Man**: Development of a New Thermal Index, Res. Rept, to UNESCO, Building research Station, Haifa, Israel.

10. Givoni, B (1997); **Climate Consideration in Building and Urban Design**; I.T.P., pub. Inc, p. 463.

11. Griffiths, I. D (1990); **Thermal Comfort in Buildings with Passive Solar Features**, Report ENS-090-UK, Department of Psychology, University of Surrey, UK.

12. Humphreys, M. A (1992); **Thermal Comort Requirements**, Climate and Energy, proc. of the Second World Renewable Energy Congress, Reading, UK, 1725-1734.

13. Nicol, F. G. N., and others (1994); **thermal Comfort in Pakistan**, UK, Oxford Brookes University. School of Architecture.

14. Olgyay, V (1973); **Design with Climate**, Princeton Uni. Press. p. 185.