

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 و سرد کردن آن در فصول گرم سال CDD^۲ 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 HDD و CDD 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_۱ تا H_۷ تشخیص داده شد. همچنین با تعیین آستانه‌هایی برای درجه- روزهای سرمایش، پنج گروه اقلیمی از ملایم تا بسیار گرم به نامهای C_۱ تا C_۵ 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 (منحصراً 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 ارائه 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 سرد کردن 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 مهندسين گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا (American Society of Heating, 1985) و کارهای ایتون^۳ (۱۹۷۰)، گیونی (۱۹۶۳ و ۱۹۹۷)، بایکر^۴ و دیگران (۱۹۹۴)، اولگی (۱۹۷۳)، گریفیتس^۵ (۱۹۹۰)، همفری^۶ (۱۹۹۲) و نیکل^۷ 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^۸ بیان می‌شود دماهای مرجع که برای داده‌های حقیقی غیرآماري 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 $\theta_1 = 18/3$ و $\theta_2 = 23/9$ درجه سانتیگراد می‌باشد. اگر متوسط روزانه دمای هوا از $23/9^\circ$ تجاوز کند در آن روز نیاز به سرد کردن محیط به وجود می‌آید. میزان نیاز در یک دوره معین N روزه به درجه - روز سرمایش^۱ یا CDD موسوم است و از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$CDD = \sum_1^N (T - \theta_2) \quad \text{با شرط } \theta_2 < T \quad (1)$$

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.

$$HDD = \sum_1^N (\theta_1 - T) \quad \text{با شرط } \theta_1 > T \quad (2)$$

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 مستقیماً 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 بر مبنای 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+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 ماهایی 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

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

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

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

$$d_i \leq D < d_{i+1} \quad \text{با شرایط:} \quad (۳)$$

$$16 \leq D \leq 365 \quad \text{و}$$

$$1 \leq i \leq 13 \quad \text{و}$$

$$\text{if } D < 16 \text{ then } D \Rightarrow 365 + D \quad \text{و}$$

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.

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

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

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 تابعی 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.

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

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

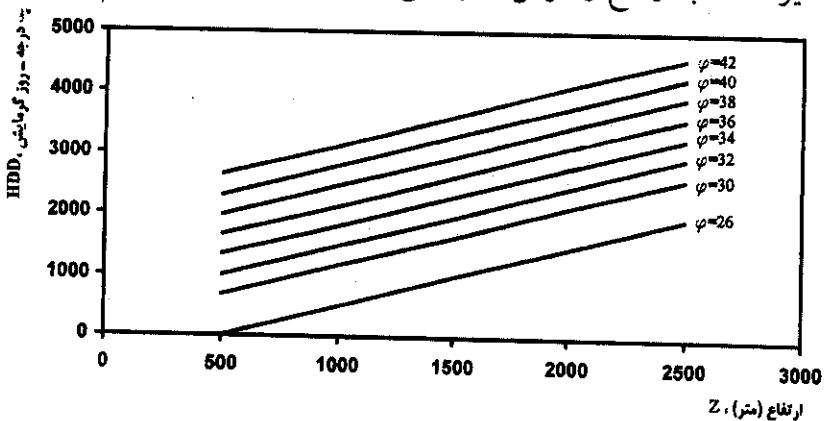
که در آنها CDD و HDD حسب درجه روز، X و Y طول و عرض جغرافیایی حسب درجه قوسمی و Z ارتفاع حسب متر و ε مقدار خطا یا اختلاف مقادیر مشاهده شده

یا محاسبه شده می‌باشد. درجه آزادی در معادلات فوق $df = 214$ و روابط حداقل در سطح $0/01$ معنی‌دار می‌باشند.

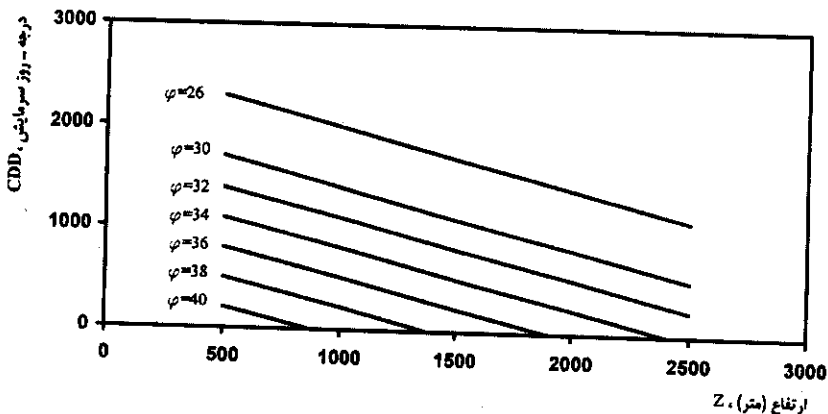
این روابط نشان می‌دهند که:

- نیاز سالانه به گرمایش از جنوب به شمال به ازاء هر درجه 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 بازااء هر درجه قوسی ۱۴۸ و بازااء 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 ۴ در معادلات ۶ و ۷، منجر به 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. متقابلاً 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 عملاً 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 اولاً تصویر بسیار روشن و کمی از میزان نیاز حرارتی مناطق را ارائه می‌دهد. این شاخص حتی قابل تبدیل به سوخت با ارزش گرمایی معین می‌باشد. ثانیاً 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 ماهانه 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

| نیاز گرمایی سالانه (درجه-روز) | توصیف | نماد | ایستگاه نمونه | نیاز گرمایی (درجه-روز) | متوسط دمای سالانه (سانتی‌گراد) |
|----------------------------------|-----------|----------------|------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| بیشتر از ۳۸۰۰ | فرا سرد | H ₇ | لیقوان | ۴۴۰۷ | ۶/۳ |
| ۳۰۰۰-۳۸۰۰ | بسیار سرد | H ₆ | اسکو | ۳۰۹۴ | ۱۰/۸ |
| ۲۰۰۰-۳۰۰۰ | سرد | H ₅ | تبریز | ۲۸۳۲ | ۱۲/۷ |
| ۱۵۰۰-۲۰۰۰ | نیمه سرد | H ₄ | تهران | ۱۷۴۷ | ۱۷/۱ |
| ۱۰۰۰-۱۵۰۰ | نسبتا سرد | H ₃ | بابلسر | ۱۳۹۷ | ۱۶/۸ |
| ۵۰۰-۱۰۰۰ | معتدل | H ₂ | هفت تپه | ۵۹۵ | ۲۳/۴ |
| کمتر از ۵۰۰ | ملایم | H ₁ | جزیره خارک | ۱۷۲ | ۲۵/۳ |

ب: لایه‌های معرف میزان نیاز به انرژی سرما ساز برای ایجاد برودت در فصول گرم یا CDD که پنج گروه از C₁ (ملایم با نیاز سرمایی اندک و کمتر از ۱۰۰ درجه روز در سال) تا بسیار گرم C₅ (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 | بسیار گرم | C ₅ | ایران شهر | ۲۶۲۰ | ۲۶/۴ |
| ۱۰۰۰-۱۸۰۰ | گرم | C ₄ | داراب | ۱۶۶۸ | ۲۲/۰ |
| ۵۰۰-۱۰۰۰ | نسبتا گرم | C ₃ | جلفا | ۷۰۴ | ۱۳/۰ |
| ۱۰۰-۵۰۰ | معتدل | C ₂ | ماکو | ۱۸۳ | ۱۱/۱ |
| ۰-۱۰۰ | 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 شرحی آن مورد استفاده قرار گرفت.

لایه‌های رطوبتی سیستم پیشنهادی شامل چهار گروه خشک، نرمال، نیمه مرطوب 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 هر یک 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 |
| بیشتر از ۷۰ درصد | مرطوب | R ₄ | انزلی | ۸۴ |

به عنوان مثال اقلیم H₂C₃R₂ اقلیمی با زمستان معتدل با نیاز حرارتی ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه- روز و تابستان نسبتاً گرم با نیاز سرمایی ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه- روز و رطوبت تابستانه معمولی بین ۳۰ تا ۵۰ درصد است.

به طور خلاصه " 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 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 قاعدتاً ۳۵×۷=۵ تپ 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 ارائه می‌دهد. دقت نقشه ارائه 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، کهگیلویه، بویراحمد و خوزستان به انجام رسیده است و تقسیمات رطوبتی نیز بر آنها اعمال شده است.

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 در حدود 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 Comfort 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.