سیدجواد سیدان ـ فرح محمدی
مرکز ملی اقلیم‌شناسی
شماره مقاله: ۳۹۴

روشهای طبقه‌بندی اقلیمی

Seyyed Javad Seyyedan - Farah Mohammadi

National Center for Climatology

Climate Classification Methods

Human beings do research works to increase the food prodution as well as urban and industrial development and which has resulted to development of different climatic issues classification for effective use of climatic data.

Up to the present times many climatic classification has been introduced based on different climatic factors and those parameters have their own values.

Due to feasible Observation of climate effects on environmental changes phenomena, there are different cases that based on those aspects "eyperimental classification" system which be formulated.

More over there is another kind of classification which is based on atmospheric process that create atmospheric movements called " Genetic classification" and all existing methods belong to one of these two general systems.

In this paper we have tried to present different climatic classification methods from different resources and explained each method based on its historical invention.

مقدّمه

موقعیت جغرافیایی، وضع پستی و بلندی، دوری یا نزدیکی از دریا، واقع شدن در مسیر بادهای خشک و گرم و سرد، آب و هوا، جنس خاک و ترکیب این عوامل در به وجود آمدن تیپهای اقلیمی دخالت می‌کنند. در این میان جنس خاک، که خود نتیجهٔ وضع اقلیمی و تا حدودی اثر پستی و بلندی می‌باشد موقعیت اقتصادی آن ناحیه را بیان می‌کند.

جستجوی بشر جهت افزایش منابع غذایی و توسعهٔ مراکز شهری و صنعتی، دامنهٔ اطلاعات وی را در زمینهٔ اقالیم مختلف افزایش داده و به دنبال آن طبقه‌بندی اقلیمی جهت استفادهٔ مؤثر از این اطلاعات ضرورت یافته است.

تاکنون طبقه‌بندی اقلیمی متعددی ارائه شده است که هر کدام از درجهٔ اهمیت و اعتبار خاصی برخوردارند. به هر حال تمام سیستمهای طبقه‌بندی بایستی درکی صحیح در مورد حقایق زیر به محقق بدهد:

۱ـ از تمام سیستمهای طبقه‌بندی نتایج مشابهی حاصل می‌شود که به طرق متفاوتی بیان شده است.

۲ـ اقلیمهای مشابه در نواحی بسیار پراکنده در کرهٔ زمین ظاهر می‌شوند و لزومی ندارد در مجاورت یکدیگر باشند.

۳ـ معمولاً انواع مختلف اقالیم در مکانهایی که در روی قارّه دارای وضعیت مشابهی هستند ظاهر می‌شوند.

روشهای طبقه‌بندی

اوّلین طبقه‌بندی توسط یونانیها صورت گرفت که با استفاده از مدارهای مهم از قبیل استوا، رأس‌السرطان و مدار قطبی، کرهٔ زمین را به سه منطقه آب و هوایی یعنی استوایی، معتدله و قطبی تقسیم نمودند. با گذشت زمان بتدریج روشهای دیگر با توجّه به نیازهای کاربردی متفاوت از تقسیمات اقلیمی ابداع گشت. امروزه پیشرفت سریع تکنولوژی و بهره‌گیری از امکانات کامپیوتری و استفاده از نرم‌افزارهایی همچون GIS و ARCINFO کار را بسیار آسان نموده و امکان به کارگیری پارامترهای متعدد دیگری علاوه بر دما و بارش را ایجاد کرده است. در این مجموعه سعی شده است ضمن گردآوری و ارائه انواع روشهای طبقه‌بندی، مختصری در مورد هر روش توضیح داده شود.

تقسیم‌بندی اقلیم توسط دانشمندان اسلامی

جغرافیدانان اسلامی به پیروی از دانشمندان یونانی، اقلیمهای جهان آن روزگار را به هفت اقلیم تقسیم‌بندی کردند که به اقالیم سبعه معروف است[۱]. اساس این تقسیم‌بندی به این صورت بود که زمین

۱ـ محمدحسین پاپلی یزدی، روح‌انگیز جهانبانی، «مفهوم هفت اقلیم از نظر جغرافیدانان»، مجموعهٔ مقالات سمینار ←

قابل سکونت آن روزگار را به هفت منطقه تقریباً موازی بین خط استوا و نواحی قطبی تقسیم نمودند و هر منطقه را دارای مشخصات آب و هوا و نباتات و حیوانات و تمدن خاصی می‌دانسته‌اند. از میان این علمای اسلامی می‌توان ابن‌خلدون را نام برد که در این زمینه بیشتر از دیگران تحقیق و مطالعه نموده است و در مقدّمهٔ معروف خود تأثیر آب و هوا را در تمدّن و یا به عبارت دیگر رابطهٔ انسان و محیط زندگی او را، با نظر محققانه و عمیق مورد دقت قرار داده که بسیاری از دانشمندان او را بانی مکتب جدید «علم‌الاجتماع و جغرافیای انسانی» می‌دانند. همچنین مقدسی در کتاب «أحسن‌التقاسیم فی معرفةالاقالیم» هفت اقلیم نیمکرهٔ شمالی را تا حدودی که معلومات و اقالیم جغرافیای زمان او اجازه می‌داده به تفصیل بیان نموده است.

اکتشافات جغرافیایی موجب گردید که دامنهٔ اطلاعات دربارهٔ نقاط دورافتاده روز به روز وسیعتر گشته و پیشرفتهای علم و تکنولوژی در قرن ۱۹ باعث شد که انسان توجّه بیشتری به موضوع آب و هوا که عامل عمده‌ای در نمو نباتات و بقای انسان و حیوانات در مناطق مختلف زمین است مبذول نماید. از این رو یکی از مسائل قابل بحث در مطالعات علمی، موضوع تقسیم‌بندی اقالیم دنیا بوده که بسیاری از محققین قرن نوزدهم دربارهٔ آن اظهارنظر کرده‌اند و هر یک به نحوی آن را تعبیر و تفسیر نموده‌اند.

اروپاییها، با استفاده از اطلاعات گذشته و با توجّه به پراکنش پوشش گیاهی تقسیمات اقلیمی جدیدی از جهان را ارائه دادند.

طبقه‌بندیهای اقلیمی از قرن هیجدهم به بعد بیشتر بر اساس به کارگیری فاکتورهای جوی از قبیل دما، بارش و پوشش گیاهی ارائه شد.

روشهای طبقه‌بندی، بر حسب به کارگیری فاکتورهای اقلیمی یا عوامل پدیدآورندهٔ اقلیم به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) طبقه‌بندیهای تجربی ب) طبقه‌بندیهای ژنتیکی

الف) طبقه‌بندیهای تجربی

به علّت قابل مشاهده بودن تأثیر اقلیم بر کل تغییرات پدیده‌های محیطی، موارد متعددی وجود دارد که بر پایهٔ آنها می‌توان یک سیستم طبقه‌بندی را فرموله نمود. برخی از این سیستمهای طبقه‌بندی در جدول ذیل آمده است:

→

جغرافی، شمارهٔ ۱، به کوشش محمدحسین پاپلی یزدی، بنیاد پژوهشهای اسلامی، آستان قدس رضوی، ۱۳۶۵.

نام و سال ارائه سیستم طبقه‌بندی	هدف طبقه‌بندی	اساس طبقه‌بندی
۱ـ هانسن «Hansen» (۱۸۰۲)	روابط بین اقلیم و مدارات	در این سیستم براساس تغییرات تدریجی عرض جغرافیایی و تمایل اشعهٔ خورشید متناسب با آن، به انرژی دریافتی از خورشید در نقاط مختلف زمین توجّه شده و تقسیم‌بندی هشتگانه را ارائه داده‌است.
۲ـ دمارتن «De Martonne» (۱۹۰۹ و سالهای بعداز آن)	مطالعات ناحیه‌ای جهان	در این سیستم تقسیمات نهگانه براساس میزان دما و بارش به وجود آمده‌است که در آن توجّه زیادی به چگونگی تعیین حدود نواحی بیابانی‌شده و به کمک روش غیرکمی حدود این مرزها تعیین شده است.
۳ـ پنک «Penck» (۱۹۱۰)	اقلیم جهان در رابطه با مطالعهٔ جغرافیای طبیعی و فیزیوگرافی	این طبقه‌بندی شامل سه‌تیپ عمدهٔ سرطوب، خشک و برفی است که اهمیت آنها در تعیین میزان هولزدگی و فرسایش می‌باشد. هر کدام از این تیپهای اقلیمی شامل دو تیپ فرعی نیز می‌باشند.
۴ـ کوپن «Koppen» (۱۹۱۸)	اقلیم جهان در رابطه با عوامل جوی و توزیع و پراکنش آنها	این طبقه‌بندی که در سطح وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای ۵ گروه اصلی‌اقلیمی و ۲۳ گروه تیپ اقلیمی می‌باشد.
۵ـ واهل «Wahl» (۱۹۱۹)	اقالیم جهان در رابطه با پوشش گیاهی	براساس محدوده‌های‌حرارتی که ناشی‌از داده‌های‌مربوط به گرمترین‌ماهها می‌باشند ۵ منطقه تعیین و به کمک بارش تقسیمات فرعی آن‌انجام‌می‌گیرد.
۶ـ پاسارج « Passarge» (۱۹۲۴)	روابط بین اقلیم و پوشش گیاهی	با تأکید بر پراکنش گیاهی، شامل ۵ منطقه‌اقلیمی‌باتقسیمات‌فرعی‌دهگانه می‌باشد.
۷ـ میلر «Miller» (۱۹۳۱ و سالهای بعد)	اقالیم جهان در رابطه با پوشش گیاهی	براساس دما گروههای اصلی اقلیمی و به کمک‌میزان تمرکزریزشهای جوی تقسیمات فرعی انجام می‌گیرد.
۸ـ فیلپسون «Philipson» (۱۹۳۳)	ناحیه گرایی اقلیمی در سطح جهانی، قاره‌ای و ناحیه‌ای	با توجّه به دمای گرمترین و سردترین ماه و میزان بارش ۵ منطقه، ۲۱ تیپ و ۶۳ محدوده اقلیمی معین گردیده است.
۹ـ بلایر «Blair» (۱۹۴۲)	توضیح منظم اقلیم جهان	تیپهای اقلیمی موجود در این سیستم براساس داده‌های مربوط به‌بارش، دما و روابط موجود بین انواع پوشش گیاهی به وجود آمده‌اند. در این سیستم ۵ منطقه اصلی و ۱۲ تیپ اقلیمی و ۶ تیپ فرعی اقلیمی معین وجود دارد.
۱۰ـ گروسکزنیسکی «Grosczynski» (۱۹۴۵)	سیستم دیسمال	این سیستم شامل ده‌تیپ اقلیمی و ۵ منطقه عمدهٔ اقلیمی می‌باشد که با تأکید براقلیم‌پری در مقابل بحری و تعیین میزان خشکی به وجود آمده‌اند.
۱۱ـ ون ویزمن «Von wissman» (۱۹۴۸)	پراکندگی جهانی اقلیم در رابطه با پوشش نباتی	این سیستم در رابطه با روش کوپن می‌باشد و در آن براساس دما ۵ منطقهٔ حرارتی تعیین می‌شود که بر اساس پراکندگی بارش و رژیم حرارتی به مناطق فرعی تقسیم می‌گردند.
۱۲ـ تورنت‌ویت «Thornthwaite» (۱۹۴۸)	در متن آورده شده	براساس مفاهیم بارش و حرارت مؤثر
۱۳ـ کرتزبرگ «Creutzberg» (۱۹۵۰)	اقلیم و روابط آن با پوشش نباتی	نوسان سالانهٔ اقلیم براساس خطوط هم‌رطوبت و خطوط هم‌پوشش برفی در چهار منطقهٔ عمدهٔ اقلیمی تعیین و به کمک میزان رطوبت ماهانهٔ مناطق فرعی مشخص می‌گردند.

نام و سال ارائه سیستم طبقه‌بندی	هدف طبقه‌بندی	اساس طبقه‌بندی
۱۴ـ گیجر ـ پل «Geiger-Pohl»(۱۹۵۳)	نقشهٔ انواع اقلیم جهان	اصلاح طبقه‌بندی کوپن
۱۵ـ تروارتا «Trewartha» (۱۹۵۴)	توضیح منظمی از اقالیم جهان	اصلاح سیستم طبقه‌بندی کوپن
۱۶ـ برازول «Brazol» (۱۹۵۴)	تعیین مناطق آسایش انسان	با استفاده از شاخص دما ـ دمای تر + دمای خشک، رطوبت ماههایی که اقلیم‌مناسبی‌جهت زندگی‌انسان‌دارند تعیین‌شده‌اند. در این روش ۱۲ طبقه وجود دارد که شمارهٔ ۱ نشان‌دهندهٔ سرمای فوق‌العاده زیاد و شمارهٔ ۱۲ نشان دهندهٔ گرمای کشنده و طاقت‌فرسا است.
۱۷ـ آمبرژه «Emberget» (۱۹۵۵)	روابط اقلیم و زیست‌شناسی	در این روش دو تیپ عمدهٔ اقلیمی شامل بیابانی وغیربیابانی براساس میزان تغییرات دمای سالانه و طول روز تیپهای مختلف تعیین می‌گردد.
۱۸ـ بگنولز و گوسن «Bagnouls Gaussen» (۱۹۵۷)	مشخص نمودن اقالیم‌بیولوژیکی	مدت زمان فصل خشک براساس شاخص اگزوترمال مشخص و ۱۲ ناحیهٔ عمده با توجّه به میزان اگزوترمال، دمای سردترین ماه و داده‌های مربوط به یخبندان و برف مشخص شده است.
۱۹ـ پگی «Peguy» (۱۹۶۱)	تکمیل و نوسازی طبقه‌بندی دمارتن	براساس ترکیب‌کلیموگرامهای‌ماهانه که بر پایهٔ دما و بارش تهیه می‌شوند.
۲۰ـ ترول «Troll» (۱۹۶۳)	طبقه‌بندی فصلی اقالیم جهان	براساس تعاریف اقلیمی از سیستمهای بیولوژیکی
۲۱ـ پاپاداکیس «Papdakis» (۱۹۶۶)	کشاورزی بالقوهٔ نواحی اقلیمی	براساس اکولوژی محصولات
۲۲ـ کارتر و مارتر (۱۹۶۶) «Carter and Marther»	بیولوژی محیطی	اصلاح سیستم طبقه‌بندی ۱۹۴۸ تورنت ویت
۲۳ـ مالمسترم «Malmstorm» (۱۹۶۹)	بارندگی مؤثر	براساس نیاز آبی گیاه و شاخص گرمایی
۲۴ـ ترانسو «Transeau»	اقلیم‌در رابطه با پتانسیل تبخیر‌نواحی	براساس مقدار بارندگی و تبخیر
۲۵ـ فدرو «Federov»	روش پیچیده‌ای که مشاهدات روزانه را مورد استفاده قرارمی‌دهد.	این روش بر جمع‌بندی مشاهدات هوای روزانه متکی است.
۲۶ـ پوتنام و دیگران «Putnam»، (۱۹۶۰)	محیطهای ساحلی جهان، ویژگیهای اقلیم، پوشش نباتی	در این سیستم ۱۴ تیپ اقلیمی تشخیص داده شده است.
۲۷ـ ارنش‌اس‌کا، لابراتور ناتیک «Natic»	طبقه‌بندی‌بیابانها‌در رابطه‌باالصیت‌مشکلاتی که‌این‌اقلیم‌برای‌پرسنل‌وتجهیزات‌نظامی‌دارد.	براساس فراوانی بارش و دما

روش هانسن (Hansen)

هانسن در سال ۱۸۰۲ توانست به طریقهٔ علمی اقالیم مختلف جهان را مورد مطالعه قرار دهد و برای این منظور اساس کار خود را روی مدارات کرهٔ زمین استوار و چنین تقسیم‌بندی نمود:

۱ـ مدار استوایی: بین صفر تا ۱۵ درجهٔ عرض جغرافیایی در دو نیمکره
۲ـ مدار گرمسیری: بین ۱۵ تا ۲۳/۵ درجهٔ عرض جغرافیایی در دو نیمکره
۳ـ مدار نیمه‌گرمسیری: بین ۲۳/۵ تا ۳۴ درجهٔ عرض جغرافیایی در دو نیمکره
۴ـ مدار معتدلهٔ گرم: بین ۳۴ تا ۴۵ درجهٔ عرض جغرافیایی در دو نیمکره
۵ـ مدار معتدله سرد: بین ۴۵ تا ۵۸ درجهٔ عرض جغرافیایی در دو نیمکره
۶ـ مدار نیمه قطبی: بین ۵۸ تا ۶۶/۵ درجهٔ عرض جغرافیایی در دو نیمکره
۷ـ مدار قطبی: بین ۶۶/۵ تا ۷۲ درجهٔ عرض جغرافیایی در دو نیمکره
۸ـ دو قطب: بین ۷۲ تا ۹۰ درجهٔ عرض جغرافیایی در دو نیمکره

روش دمارتن (De Martonne)

دمارتن دانشمند فرانسوی، معتقد بود که مقدار تبخیر با میانگین درجهٔ حرارت سالانه متناسب است. وی رابطهٔ زیر را ارائه نمود: $I = \frac{P}{T + 10}$

در این رابطه P مقدار بارندگی سالانه (برحسب میلیمتر)، T میانگین درجهٔ حرارت سالانه (برحسب C°) و I ضریب خشکی می‌باشد.

دمارتن عقیده داشت که این رابطه می‌تواند بیانگر اقالیم خشک و نیمه‌خشک جهان باشد. این رابطه مورد استقبال دانشمندان جغرافی قرار گرفت، ولی زیست‌شناسان استقبال چندانی از این رابطه نداشتند. وی ضرایب روش خود را به شرح زیر عنوان نمود:

نام اقلیم	محدودهٔ ضریب خشکی
خشک	I < 10 کوچکتر از
نیمه خشک	10 < I < 19. 9
مدیترانه‌ای	20 < I < 23. 9
نیمه مرطوب	24 < I < 27. 9
مرطوب	28 < I < 34. 9
بسیار مرطوب	I > 32

ایرادهای زیر به روش دمارتن وارد است:

۱ـ در رابطهٔ $I = \frac{P}{T + 10}$ اگر مخرج کسر مقدارش صفر شود (T = -10) حاصل کسر به بی‌نهایت میل خواهد کرد که در این حالت برای درجات حرارت زیرصفر دارای محدودیت است.

۲ـ توزیع زمانی بارندگی در این رابطه نادیده گرفته شده، بطوری که اگر تمام بارندگی سال در یک هفته یا یک ماه یا یک فصل نازل شود در این رابطه تفاوتی نخواهد داشت.

سیستم طبقه‌بندی کوپن (Koppen)

سیستم طبقه‌بندی کوپن که توسط اقلیم‌شناس آلمانی به نام ولادیمیر کوپن (Wladimir Koppen) در دههٔ ۱۹۰۰ توسعه پیدا کرد و در ۱۹۳۰ کامل شد، مورد قبول اکثر دانشمندان بوده و اصولاً براساس رابطهٔ بین مقدار و توزیع بارندگی در طول سال با درجه حرارت استوار است. در این روش فرض شده است:

۱ـ هرچه درجه حرارت افزایش یابد برای آن که درجهٔ خشکی ثابت بماند لازم است که مقدار بارندگی نیز افزایش یابد.

۲ـ اگر تمام بارندگی در طی فصل سرما برای یک درجهٔ خشکی معین صورت گیرد به مقدار نسبتاً کمی بارندگی نیاز است ولی اگر بارندگی بطور یکنواخت در سراسر سال توزیع شده باشد به مقدار زیادتری باران احتیاج بوده و حداکثر بارندگی زمانی موردنیاز است که اکثر ریزشهای جوی در طی فصل گرما صورت پذیرد.

در سیستم طبقه‌بندی کوپن سه نوع آب و هوا را می‌توان متمایز ساخت: بیابانی، استپی و مرطوب.

کوپن ابتدا مشخص می‌کند که محل به اقلیم استپهای بیابانی تعلق دارد (تیپ B) یا به اقلیمهای درختی (A, C, D) که این داوری بر پایهٔ شناسایی درجه حرارت و بارندگی قرار دارد، زیرا تعادل بین این عناصر تعیین می‌کند که آیا رویش گیاهی دائمی است یا بیابان به وجود می‌آید.

طبق جدول طبقه‌بندی روش کوپن در اقلیم A:

s = بدون فصل خشک w = دورهٔ خشک در تابستان f = دورهٔ خشک در زمستان

و در اقلیم C و D:

f = بدون فصل خشک، تمام بارانی s = فصل خشک تابستان بیش از ۳۰ میلیمتر بارش

w = زمستان خشک، حداقل ۱۰ برابر بارش تابستان

طبقه‌بندی میلر (Miller)

طبقه‌بندی میلر مانند سیستم کوپن براساس دما، ریزشهای جوی و اهمیت رشد گیاهان انجام پذیرفته است. در این نوع طبقه‌بندی گروههای اصلی براساس دما و میزان تمرکز ریزشهای جوی، برای تقسیمات فرعی استفاده شده است. پنج گروه اصلی حرارتی در جدول طبقه‌بندی میلر براساس مناطق پوشش گیاهی تعیین شده‌اند.

جدول طبقه‌بندی روش کوپن

گروه اقلیمی	نوع اقلیم	بارش و تغییرات عوامل آب و هوایی
A، حاره بارانی با سردترین ماه با بیش از $18^{\circ}C$	A_fحاره‌ای مرطوب، باران همه فصل	بدون فصل خشک، خشکترین فصل معمولاً بیش از 60 میلیمتر بارش
	A_n، حاره‌ای مرطوب و خشک	تمام ماهها گرم، ۳-۲ ماه خشک، خشکترین فصل کمتر از 60 میلیمتر بارش.
	A_w ، حاره‌ای	زمستان و گاهی بهار خشک است.
B، اقلیم گرم و خشک مقدار تبخیر از بارش بیشتر است	B_s ، نیمه خشک، استپ	–
	B_{sh}، حاره‌ای و زیرحاره‌ای	فصل مرطوب کوتاه و کم‌تداوم است،گرم تا نیمه‌خشک
	B_{sk}، اقلیم‌استپی‌سرد و یااقلیم‌نیمه‌خشک سرد	عرض متوسط، بارندگی کم، فصل تابستان خشک
	B_w، اقلیم بیابانی خشک	–
	B_{wh}، اقلیم‌بیابانی گرم‌حاره‌ای و زیرحاره‌ای	دائماً خشک
	B_{wk}، اقلیم بیابانی سرد یا اقلیم‌سرد خشک	دائماً خشک
C، اقلیم مرطوب، دمای سردترین ماه بین $18^{\circ}C$-$0^{\circ}C$	C_{sa}، تابستان خشک، زیرحاره‌ای	
	C_{sb}، معتدل، تابستان کوتاه و گرم	
	C_a، مرطوب زیرحاره‌ای، تمام فصول بارانی	دمای گرمترین ماه بیشتر از $22^{\circ}C$
	C_b، اقلیم دریایی، تمام فصول‌بارانی	دمای گرمترین ماه کمتر از $22^{\circ}C$
	C_c، اقلیم‌دریایی، تمام فصول بارانی	دمای گرمترین ماه کمتر از $22^{\circ}C$ و ۴ ماه‌بیشتر از $10^{\circ}C$
D، اقلیم مرطوب، دمای سردترین ماه کمتر از $0^{\circ}C$ و دمای گرمترین ماه بیشتر از $10^{\circ}C$	D_{wa}، مرطوب، تابستان گرم وگرمترین ماه بیش از $22^{\circ}C$	باران در تمام فصول، بیشتر در تابستان، برف در زمستان
	D_{wb}، تابستان خنک، مرطوب و زمستان سرد و خشک	باران در تمام فصول؛ بیشتر در تابستان، پوشش طولانی برف
	D_{wc}، زمستان سرد و خشک، تابستان کوتاه	کمتر از ۴ ماه زیر $10^{\circ}C$
	D_{fa}، زمستان سرد، تابستان بلندگرم	تمام فصول بارانی
	D_{fb}، زمستان سرد، تابستان کوتاه	تمام فصول بارانی
	D_{fc}، زمستان سرد، تابستان خنک	تمام فصول بارانی
	D_{fd}، زمستان خیلی سرد، تابستان‌کوتاه	تمام فصول بارانی
E، اقلیم قطبی گرمترین ماه زیر $10^{\circ}C$	E_T،اقلیم تندرایی رویش نباتات‌ضعیف	بارش کم در طول سال
	E_f، اقلیم یخبندان، محروم از رویش نباتی	بارش ناچیز در طول سال
H		

جدول طبقه‌بندی اقلیمی میلر

گروههای اصلی حرارتی	نوع اقلیم	ویژگی
A	بسیار گرم	۲۱/۱ < متوسط دمای سالانه
B	گرم	۶/۱ < میانگین دمای ماهانه
C	خنک	۶/۱ > متوسط دمای یک تاپنج‌ماه‌از سال
D	سرد	۶/۱ > متوسط دمای شش ماه یا بیشتر
E	قطبی	۶/۱ > متوسط دمای نه ماه از سال

روش گورزنیسکی

در سال ۱۹۲۰ دانشمند معروف شوروی بنام گورزنیسکی رابطهٔ $C = \frac{1/3A}{Sin\varphi} - 36/3$ را ارائه نمود. توسط این رابطه می‌توان ضریب بری یا بحری بودن مناطق مختلف را محاسبه نمود. در این رابطه:

A = نوسان درجه حرارت (میانگین حداقل دمای سردترین ماه سال ـ میانگین حداکثر دمای گرمترین ماه سال). φ = عرض جغرافیایی C = ضریب بری بر حسب درصد

توسط این رابطه ضریب بری بودن برابر ۱۰۰ و ضریب بحری بودن برابر صفر می‌شود. یعنی نقاطی که دارای آب و هوای بحری می‌باشند ضریب آنها به عدد صفر و نقاطی که دارای آب و هوای بری باشند دارای ضریب بری بالا و نزدیک صد خواهد بود.

میزان بری بودن روی محور Yها و میانگین درجه حرارت حداقل سردترین ماه سال روی محور Xها منتقل می‌شود. تقسیم‌بندی محور Xها با فاصله چهار درجه و محور Yها به صورت زیر می‌باشد.

بحری شدید	$0 < C < 20$
بحری	$20 < C < 30$
نیمه بحری	$30 < C < 40$
نیمه بری	$40 < C < 50$
بری	$50 < C < 60$
بری شدید	$C < 60$

طبقه‌بندی تورنث‌ویت (C. W. Thronthwaite)

تورنث‌ویت دو طبقه‌بندی اقلیمی در سالهای ۱۹۳۱ و ۱۹۴۸ بر پایهٔ محاسبات کمیتی ارائه نمود. بر خلاف طبقه‌بندیهای موجود آن زمان تورنث‌ویت اساس طبقه‌بندی‌اش را بر پایهٔ مفاهیم بارش و حرارت مؤثر قرار داد.

در این سیستم بر خلاف سیستم کوپن، مرز بین محدوده‌های اقلیمی ارتباطی با خاک و پوشش گیاهی ندارد، بلکه مرز بین محدوده‌ها براساس فواصل منظم عددی ناشی از محاسبات ریاضی تعیین می‌گردد.

الف) تقسیم‌بندی اولیه

تورنث‌ویت با استفاده از مفاهیم بارش و تبخیر به عنوان فاکتورهای اصلی کنترل کنندهٔ رطوبت قابل دسترس گیاه، شاخص P-E (شاخص بارش مؤثر) را پدید آورد و از این شاخص برای تعیین محدوده‌های رطوبتی که اوّلین گروههای عمده از طبقه‌بندی اقلیمی او را تشکیل می‌دهد استفاده نمود.

شاخص $P - E = \Sigma_1^{12} 11.5 [P (T - 10)^{-1}]^{\frac{10}{9}}$

از شاخصهای دیگر مورد استفاده در تقسیم‌بندی تورنث‌ویت شاخص دمای مؤثر یا (T-E) بود که از فرمول زیر به دست می‌آید.

$$T - E = \Sigma_1^{12} \frac{T - 32}{4}$$

که در آن T میانگین دمای ماهانه بر حسب فارنهایت می‌باشد.

بطورکلّی در این نوع تقسیم‌بندی چهار شاخص بارش مؤثر، تمرکز بارش مؤثر، دمای مؤثر و پراکندگی دما طبق جداول زیر محاسبه می‌گردد.

جدول شمارهٔ ۱: شاخص بارش مؤثر (P - E)

نوع پوشش گیاهی	میزان شاخص (P - E)	محدوده‌های رطوبتی	
جنگلهای بارانی	>۱۲۷	(تر)	A
جنگل	۶۴-۱۲۷	(مرطوب)	B
علفزار	۳۲-۶۳	(نیمه‌مرطوب)	C
استپ	۱۶-۳۱	(نیمه‌خشک)	D
بیابان	<۱۶	(خشک)	E

جدول شمارهٔ ۲: شاخص تمرکز بارش مؤثر

r = رطوبت فراوان در تمام فصول
w = کمبود رطوبت در زمستان
s = کمبود رطوبت در تابستان
d = کمبود رطوبت در تمام فصول

جدول شمارهٔ ۳: شاخص دمای مؤثر (T - E)

میزان شاخص (T - E)	محدوده‌های حرارتی	
۱۲۷	(حاره‌ای)	A′
۶۴-۱۲۷	(مزوترمال)	B′
۳۲-۶۳	(میکروترمال)	C′
۱۶-۳۱	(تایگا)	D′
۱-۱۵	(توندرا)	E′
۰	(یخبندان)	F′

جدول شمارهٔ ۴: شاخص پراکندگی دما

درصد تمرکز تابستانی	محدوده‌های فرعی حرارتی
۲۵ - ۳۴	a
۳۵ - ۴۹	b
۵۰ - ۶۹	c
۷۰ - ۹۹	d
۱۰۰	e

ب) تقسیم‌بندی ثانویه

تورنث‌ویت اساس دومین طبقه‌بندی اقلیمی خود را در سال ۱۹۴۸ بر پایه بارش مؤثّر، دمای مؤثر، تمرکز فصلی بارش مؤثر و تمرکز فصلی دمای مؤثر قرارداد. او از تبخیر و تعرق بالقوه که از فرمولهای:

$$PE = 1.6\,(10\,\frac{T}{I})^{a} \qquad i = (\frac{T}{5})^{1.514}$$

$$I = \Sigma_{1}^{12}\, i \qquad a = [0.0675\, I^{3} - 7.71 I^{2} + 1792\, I + 49239]\, 10^{-5}$$

محاسبه می‌شود، برای تعیین شاخص نمناکی که ترکیبی از شاخص رطوبتی و شاخص خشکی است به صورت $I_m = (\frac{100S - 100D}{PE})$ استفاده نمود. که S مازاد آب و D کمبود آب می‌باشد. وی تیپهای اقلیمی را بر این اساس به صورت جدول زیر تعیین نمود.

جدول شمارهٔ ۵: تیپهای اقلیمی تورنث‌ویت بر طبق شاخص نمناکی ۱۹۵۵ ($\frac{100\,S - 100\,D}{PE}$)

شاخص نمناکی	نوع اقلیم		شاخص نمناکی	نوع اقلیم
> ۱۰۰	بسیار مرطوب	A	۲۰ - ۰	نیمه مرطوب متمایل‌به مرطوب C_2
۸۰ - ۱۰۰	مرطوب	B_4	۳۳ - ۰	نیمه مرطوب خشک C_1
۶۰ - ۸۰	مرطوب	B_3	۶۶/۷ - (۳۳)	نیمه خشک D
۴۰ - ۶۰	مرطوب	B_2	۱۰۰ - (۶۶/۷)	خشک E
۲۰ - ۴۰	مرطوب	B_1	-	-

تورنث ویت ادّعا نمود که چون تبخیر و تعرق بالقوه، تابعی از دما و مدت زمان تابش خورشید (طول روز) است می‌تواند به عنوان یک عامل در تعیین طبقه‌بندی دمای مؤثّر قرار گیرد و تیپهای اقلیمی براساس این شاخص به صورت زیر است:

جدول شمارهٔ ۶: شاخص دمای مؤثر (T - E)

انواع اقالیم	علامت	میزان بر حسب اینچ	(P-E)تبخیروتعرق‌بالقوه سالانه (شاخص (T - E) سانتیمتر
خیلی گرم(مگاترمال)	A′	> ۴۴/۸	> ۱۱۴
معتدل (مزوترمال)	B'_4	۴۴/۸ - ۳۹/۲۷	۱۱۴ - ۹۹/۷
	B'_3	۳۹/۲۷ - ۳۳/۶۶	۹۹/۷ - ۸۵/۵
	B'_2	۳۳/۶۶ - ۲۸/۰۵	۸۵/۵ - ۷۱/۲
	B'_1	۲۸/۰۵ - ۲۲/۴۴	۷۱/۲ - ۵۷
سرد (میکروترمال)	C'_2	۲۲/۴۴ - ۱۶/۸۳	۵۷ - ۴۲/۷
	C'_1	۱۶/۸۳ - ۱۱/۲۲	۴۲/۷ - ۲۸/۵
تندرا	D′	۱۱/۲۲ - ۵/۶	۲۸/۵ - ۱۴/۲
یخبندان	E	۵/۶	< ۱۴/۲

جدول شمارهٔ ۷: طبقه‌بندی اقلیمی براساس تمرکز تابستانی شاخص T - E بر اساس روش تورنث ویت (۱۹۴۸)

درصدتمرکز تابستانی‌شاخص T-E	علامت	درصدتمرکز تابستانی‌شاخص T-E	علامت
< ۴۸	á	۶۱/۶ - ۶۸	b'_1
۴۸ - ۵۱/۹	b'_4	۶۸ - ۷۶/۳	c'_2
۵۱/۹ - ۵۶/۳	b'_3	۷۶/۳ - ۸۸	c'_1
۵۶/۳ - ۶۱/۶	b'_2	> ۸۸	d'

بطورکلی در مرحلهٔ نهایی در طبقه‌بندی اقلیمی تورنث ویت حدود اقالیم توسط چهار شاخص معین می‌شود که عبارتند از:

۱ـ شاخص نمناکی با تقسیمات A ، B_4 ، B_3 ، B_2 ، B_1 ، C_2 ، C_1 ، D و E

۲ـ شاخص دمای مؤثّر با تقسیمات A' ، B'_4 ، B'_3 ، B'_2 ، B'_1 ، C'_2 ، C'_1 ، D' و E'

۳ـ شاخص تمرکز فصلی کمبود یا مازاد آب با تقسیمات r ،s ،w ، s_2 ، w_2 برای اقالیم مرطوب و d ،s ،w ، s_2 ، w_2 برای اقالیم خشک.

۴ـ میزان تمرکز تابستانی شاخص (T-E) با تقسیمات a' ، b'_4 ، b'_3 ، b'_2 ، b'_1 ، c'_2 ، c'_1 ، d' .

برای مثال تیپ اقلیمی AA'wd ، تیپ اقلیمی خیلی مرطوب مگاترمال با کمبود آب به میزان متوسط در زمستان و تمرکز زیاد در تابستان می‌باشد.

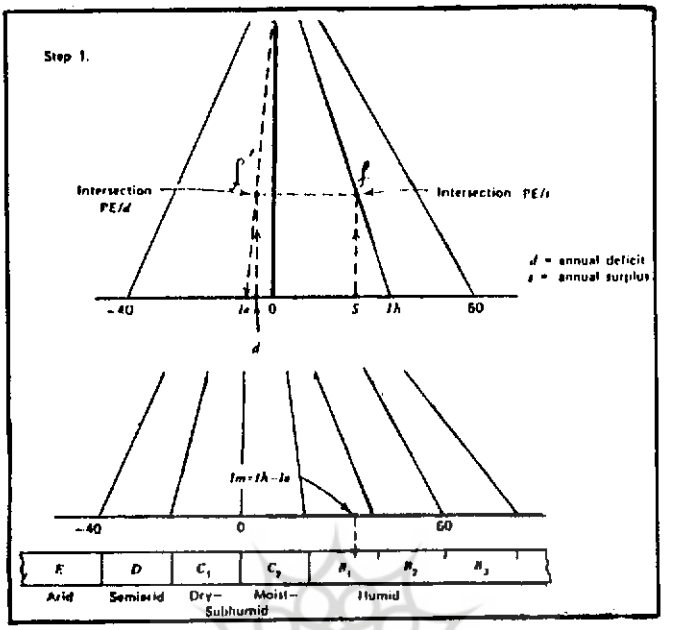
روش Basile و Corbin

در سال ۱۹۶۸ ، Basile و Corbin از طریق ارائهٔ چهار نمودار امکان تعیین تیپهای اقلیمی را مشابه آن چه که در سیستم طبقه‌بندی تورنث ویت دیده شده بود به شکل ساده‌ای فراهم نمودند که ذیلاً با استفاده از روش گام به گام چگونگی کاربرد آن بطور ساده توضیح داده می‌شود:

الف) مرحلهٔ اوّل: تعیین شاخص نمناکی

۱ـ روی محور عمودی میزان تبخیر و تعرق پتانسیل (PE) تعیین می‌شود.

روی محور افقی میزان مازاد آب سالانه را تعیین می‌کنیم (از مقادیر مثبت استفاده شود). حال اگر از این نقطه، دو خط عمود، موازی با محور افقی و عمودی استخراج کنیم همدیگر را در نقطه‌ای مانند f قطع می‌کنند. در این صورت اگر از نقطهٔ f خط موربی رسم شود تا از نقطهٔ مرکزی نموگرام بگذرد، امتداد آن محور افقی را در یک نقطه قطع می‌کند که نشان‌دهندهٔ میزان I_h می‌باشد.



شکل شمارهٔ ۱: مرحلهٔ اوّل چگونگی تعیین شاخص نمناکی

۲ـ میزان PE را روی محور عمودی تعیین می‌کنیم:

میزان کمبود آب سالانه را روی محور افقی تعیین می‌کنیم (از مقادیر منفی استفاده شود). توجّه شود که اگر از این دو نقطه دو خط عمود، موازی با محور افقی و عمودی استخراج کنیم یکدیگر را در نقطه‌ای مانند f′ قطع می‌کنند. حال اگر از این نقطه f′ خط موربی رسم شود تا از نقطهٔ مرکزی نموگرام بگذرد امتداد آن محور افقی را در یک نقطه قطع می‌کند که نشان‌دهندهٔ میزان I_a می‌باشد.

۳ـ مقدار I_m که حاصل $I_m = I_h - Ia$ است را روی محور افقی معین و از نقطهٔ حاصل‌عمودی استخراج می‌کنیم تا اوّلین ستون افقی را قطع‌نماید. محل مذکور علامت مربوط به مناطق نمناکی را مشخص می‌کند.

ب) مرحله دوم: تعیین میزان دمای مؤثّر (شاخص TE)

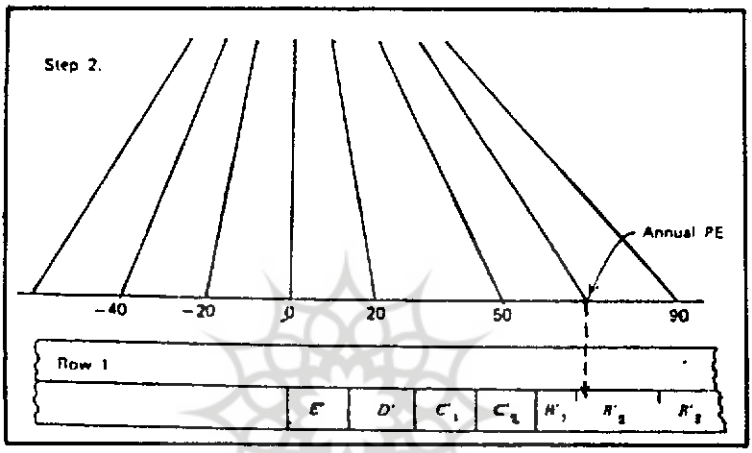
میزان PE سالانه روی محور افقی مشخص می‌شود. از نقطهٔ PE عمودی استخراج می‌کنیم تا ستون افقی ردیف دوم را قطع کند. این مکان معین شده، علامت مربوط به حرارت مؤثّر را مشخص می‌کند.

پ) مرحله سوم: تعیین رژیم رطوبت فصلی

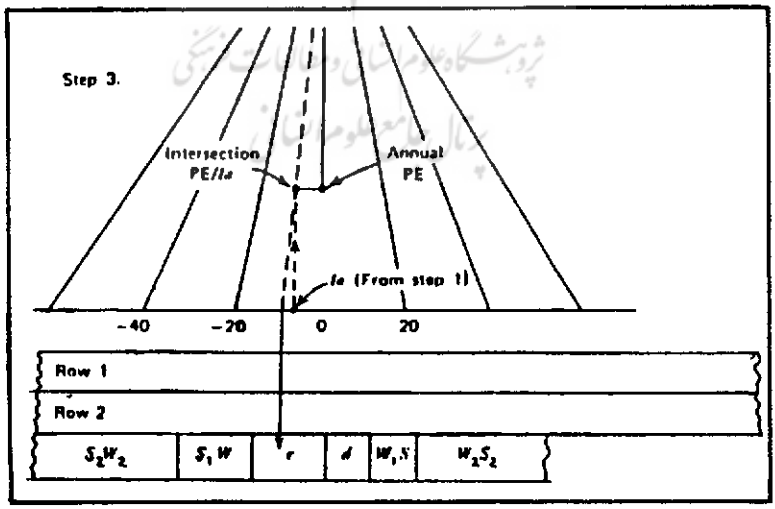
۱ـ اگر I_m (که از مرحلهٔ اول نتیجه شده است) مثبت باشد از مقادیر I_a استفاده می‌شود. اگر I_m (که از مرحلهٔ اول نتیجه شده است) منفی باشد از مقادیر I_h استفاده می‌گردد.

۲ـ میزان PE سالانه را روی محور عمودی معین می‌کنیم.

میزان I_a یا (I_h) را روی محور افقی تعیین می‌کنیم. توجّه شود که اگر از نقطهٔ حاصل از تقاطع میزان PE با I_a (یا I_h) خط مورّبی که از نقطهٔ مرکزی نموگرام می‌گذرد رسم شود، امتداد آن محور افقی را در نقطه‌ای قطع می‌کند. حال اگر از این نقطه، عمودی استخراج کنیم ستون افقی ردیف سوم را قطع می‌کند. مکان مذکور علامت مربوط به رژیم رطوبت فصلی را مشخص می‌کند.



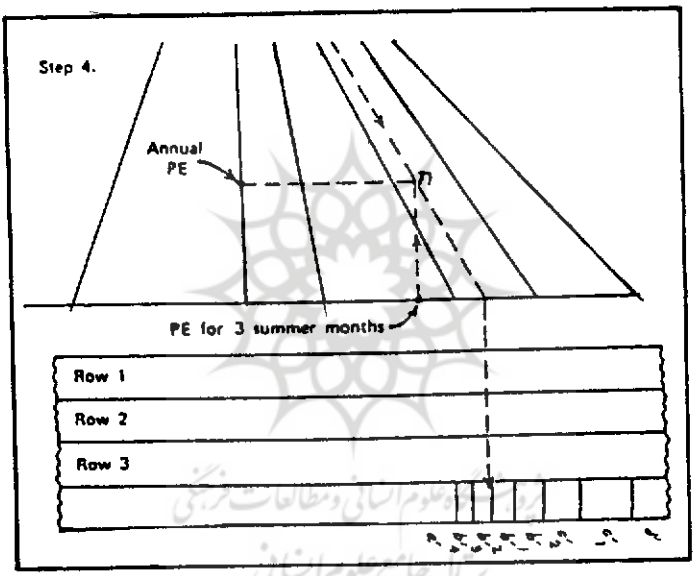
شکل شمارهٔ ۲: مرحلهٔ دوم چگونگی تعیین میزان دمای مؤثّر



شکل شمارهٔ ۳: مرحلهٔ سوم چگونگی تعیین میزان رطوبت فصلی

ت) مرحلهٔ چهارم: تعیین میزان تمرکز تابستانی (T-E)

میزان PE را روی محور عمودی تعیین می‌کنیم. میزان PE مربوط به سه ماه تابستان را روی محور افقی تعیین می‌کنیم. در این حالت اگر از این دو نقطه، دو خط عمود، موازی با محور افقی و عمودی استخراج کنیم یکدیگر را در نقطه‌ای مانند n قطع می‌کنند. حال اگر از این نقطه خط مورّبی رسم شود تا از نقطهٔ مرکزی نموگرام بگذرد، امتداد آن محور افقی را در یک نقطه قطع می‌نماید، چنانچه از این نقطه عمودی استخراج کنیم، چهارمین ستون افقی را قطع می‌کند که محل مذکور، علامت مربوط به تمرکز تابستانی (T-E) را معین می‌سازد.



شکل شمارهٔ ۴: مرحلهٔ چهارم چگونگی تعیین میزان تمرکز تابستانی

اقلیم‌نمای آمبرژه «Emberget»

در سیستم طبقه‌بندی آمبرژه از عوامل زیر در تعیین اقلیم استفاده شده است:

M= میانگین حداکثرهای درجه حرارت در گرمترین ماه سال (بر حسب درجه کلوین)

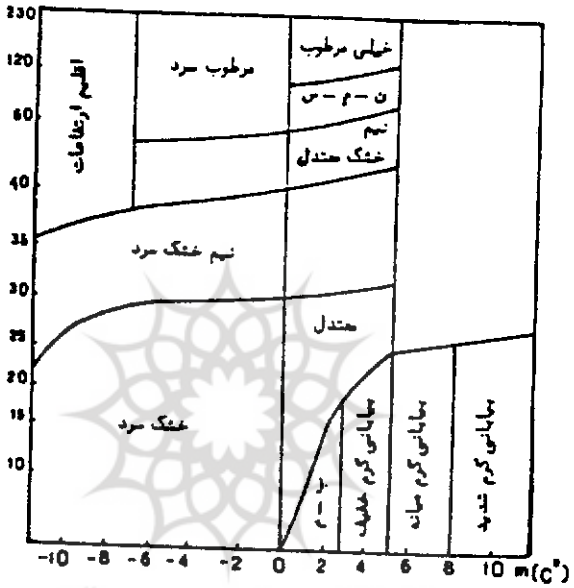
m= میانگین حداقلهای درجه حرارت در سردترین ماه سال (بر حسب درجه کلوین)

P= میانگین بارندگی سالانه (میلیمتر)

آمبرژه براساس تجربیات خود اقلیم نمایی را تهیه کرد که مطابق شکل زیر از دو محور متعامد تشکیل شده است. بر محور افقی مقدار m (بر حسب C°) و بر محور عمودی مقدار Q_2 که از رابطهٔ زیر به دست می‌آید منتقل می‌شود.

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

صفحهٔ اقلیم نمای آمبرژه به قسمتهای مختلف که هر یک بیانگر شرایط اقلیمی خاصی می‌باشد تقسیم‌بندی شده است. مختصات هر نقطه از نظر Q_2 و m در داخل یکی از مناطق قرار می‌گیرد.



اقلیم نمای آمبرژه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نمودار آمبروترمیک

منحنی آمبروترمیک مشابه نمودارهای تورنث ویت می‌باشد. در این روش تغییرات ماهانه متوسط درجه حرارت و بارندگی در یک دستگاه محور مختصات قائم ترسیم می‌شود بطوری که محور افقی به ماههای سال، محور قائم سمت چپ به درجه حرارت ماهانه T (C°) و محور قائم سمت راست به بارندگی ماهانه P (بر حسب میلیمتر) اختصاص داده می‌شود. درجه‌بندی محور قائم به نحوی است که عدد مربوط به تقسیمات بارندگی او برابر عدد مربوط به درجه حرارت باشد. این از آن جهت است که تجربه نشان داده که اگر مقدار بارندگی کمتر یا مساوی دو برابر درجه حرارت باشد مورد استفاده‌ای برای

گیاه نخواهد داشت و در اثر گرمای محیط تبخیر می‌شود.

اگر منحنی بارندگی خط درجه حرارت را قطع نکند فصل نیمه خشک داریم. اگر ۳T ≤ TP ≤ ۲ باشد آن منطقه دارای فصل نیمه خشک است.

اگر منحنی بارندگی خط درجه حرارت را قطع نکند فصل نیمه خشک داریم.

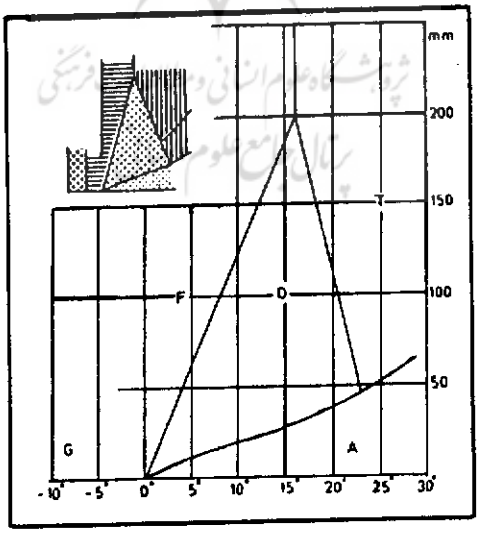
از روی محل تلاقی منحنیها می‌توان پی به شدّت دورهٔ خشک و همچنین مدّت آن برد.

سیستم طبقه‌بندی پگی «Peguy»

سیستم پگی، سیستمی کمّی حاصل از نوسازی طبقه‌بندی دمارتن می‌باشد که در آن اطلاعات و نوآوریهایی صورت گرفته است.

اساس این سیستم را کلیموگرام و یک سری دیاگرامهای اقلیمی تشکیل می‌دهد. کلیموگرام ویژگیهای اقلیمی هر ماه را بر پایهٔ دما و بارش توصیف نموده و به کمک ترکیب بخصوصی از انواع تیپهای اقلیمی ماهانه، هر کدام از اقالیم جهان را مشخص می‌نماید. این موضوع در دیاگرامهایی که شرایط اقلیمی ۱۲ ماه متوالی را نشان می‌دهد، منعکس می‌باشد. پگی به کمک ترسیم همزمان داده‌های مربوط به دما و بارش اهمیت استفاده از کلیموگرام را نشان داد، زیرا این سیستم ترکیبی از هر دو عنصر اقلیمی را منعکس می‌سازد. کلیموگرام وی به پنج بخش تقسیم می‌شود که عبارتند از:

G = ماههای بسیار سرد، F = ماههای سرد و مرطوب، O = ماههای معتدل، A = ماههای خشک، T = ماههای حاره‌ای.



کلیموگرام اقلیمی پگی

بر طبق نظر پگی مرزهای جداکنندهٔ گروهها در روی کلیموگرام بطور تجربی پدید آمده‌اند و متأسفانه باستثنای گروه خشک (A) هیچ روشی برای چگونگی تعیین مرز بین گروهها وجود ندارد. به علاوه مشاهده می‌شود که در داخل کلیموگرام، ناحیهٔ حاره بدون ارائه هیچ دلیلی به ماههای حاره‌ای فوق‌العاده مرطوب و ماههای حاره‌ای تقسیم شده است. کمبود این معیارها تعیین میزان اعتبار تقسیمات موجود روی کلیموگرام را مشکل می‌سازد. نمایش داده‌های ماهانه بر روی دیاگرامها، طبقه‌بندی اقلیمی ایستگاهها را بر اساس تقسیمات موجود در روی کلیموگرام امکان‌پذیر می‌نماید. بررسی دیاگرامهای اقلیمی نشان می‌دهد که بر خلاف دما میزان بارش روی محور عمودی فضای یکسانی را اشغال می‌کند. پگی این مطلب را به عنوان تأثیر فوق‌العاده زیاد دما در تبخیر و تعرّق توضیح داد و برای به دست آوردن این نسبت از فرمول اصلاح شده‌ای که در اصل توسط بیروت (Birot) پیشنهاد شده بود استفاده نمود.

پگی با توجّه به داده‌های ماهانهٔ ترسیم شده روی دیاگرامهای اقلیمی جهت تعیین مناطق موجود روی کلیموگرام، طبقه‌بندی خود را از اقالیم جهان ارائه نمود. او ۲۶ تیپ متفاوت اقلیمی که هر کدام به کمک حرفی از حروف الفبا مشخص می‌گردند را تعیین نمود. هر کدام از این ۲۶ تیپ به کمک ترکیب اقلیم ماهانه از یکدیگر متمایز می‌گردند. برای مثال اگر داده‌های ترکیب شده دما و بارش در شش‌ماه از سال در پایین بخش O و در شش ماه از سال در بخش A از کلیموگرام واقع شوند، اقلیم ایستگاه مذکور از نظر طبقه‌بندی معتدل خواهد بود و توسط حرف r نشان داده می‌شود.

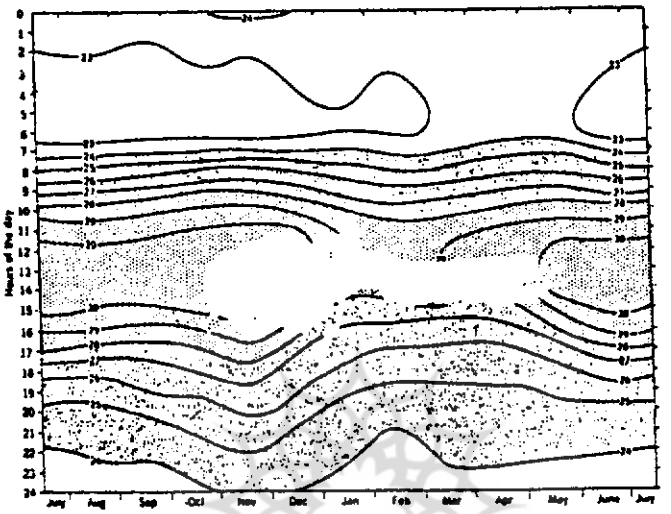
طبقه‌بندی ترول «Troll»

طبق نظر ترول اقالیم بر پایهٔ دو متغیر؛ حرارت فصلی و رطوبت فصلی معین می‌شوند. حرارت فصلی الزاماً تابعی از تغییرات روزانه و فصلی تابش می‌باشد. او به منظور ارزیابی این دو فاکتور از دیاگرام ترموایزوپلیت به عنوان بخش جامع در سیستم خود استفاده کرد. این دیاگرام شامل خطوط هم‌گرمایی است که تغییرات دمای روزانه و فصلی را بطور همزمان نشان می‌دهد. در روی محور افقی این دیاگرام ماههای سال و در محور عمودی آن ساعات روز نشان داده شده است. گرادیان دما از طریق نقشه دمای فصلی و روزانه به ترتیب روی محور عمودی و افقی تفسیر می‌شوند.

ترول در بررسی رطوبت فصلی، دو قلمرو جداگانهٔ حاره‌ای و فوق‌حاره‌ای را مورد ملاحظه قرار داد. تحت شرایط دمای فوق‌العاده زیاد و نسبتاً ثابت حاره‌ای او پیشنهاد نمود که تغییرات فصلی بیشتر به رطوبت فصلی بستگی دارد تا حرارت فصلی ، زیرا تغییرات حرارت فصلی در این نواحی غالباً مشاهده نمی‌شود.

در حقیقت او فصول مرطوب ـ خشک حاره‌ای را معادل فصول حرارتی مناطق فوق حاره‌ای

دانسته زیرا هر دوی آنها الگوهای فصلی را فراهم می‌آورند که رشد گیاهان و حیوانات در رابطه با آنها می‌باشد. در قلمرو حاره رطوبت فصلی به کمک تعداد ماههای مرطوب در رابطه با ماههای خشک تعیین می‌شود.



نمودار دیاگرام ترموایزوپلیت مربوط به ایستگاه اقلیمی بلیم. افت خطوط هم دمای عمودی شدیدتر از محور افقی است که نشان‌دهندهٔ تغییرات وسیعتر دمای روزانه نسبت به تغییرات دمای فصلی می‌باشد.

خارج از منطقهٔ حاره فصول مرطوب در درجهٔ دوم اهمیت قرار دارند و فصول حرارتی ملاکهای تعیین‌کنندهٔ اصلی را فراهم می‌کنند. ترول بوضوح اهمیت تغییرات فصلی بارش را تشخیص داده و استفاده از ماههای مرطوب را در مقابل ماههای خشک مورد ملاحظه قرار داد، برای مثال مناطق جنب حاره نسبتاً گرم. به هر حال برای اغلب قسمتها فصول مرطوب به روشی کیفی در مقابل تعاریف دمای ویژه از مناطق فوق حاره مشخص می‌گردند. ترول در رابطه با معیارهایی که هر تیپ اصلی و فرعی اقلیمی را تعیین می‌کند دلایلی از جامعهٔ گیاهی حاصل از آن شرایط اقلیمی ارائه نمود. این طبقه‌بندی اساساً مربوط به پوشش گیاهی است زیرا هیچ اشاره‌ای به الگوهای حیوانی و انسانی ندارد. و بطور کلی تقسیم‌بندی ترول به صورت زیر می‌باشد:

ماههای خشک	ماههای مرطوب
۲۱/۲-۰ کمربند جنگلهای حاره‌ای بارانی و درختان انتقالی	۱۲-۹ ۱/۲
۵-۲ ۱/۲ کمربند ساوان‌های مرطوب	۹ ۱/۲-۷
۷ ۱/۲-۵ کمربند ساوان‌های خشک	۷-۴ ۱/۲
۱۰-۷ ۱/۲ کمربند ساوان‌های تیغ‌دار	۴ ۱/۲-۲
۱۱-۱۰ کمربند نواحی نیمه خشک	۲-۱
۱۲-۱۱ کمربند نواحی بیابانی	۱-۰

اقالیم فصلی جهان از ترول (۱۹۶۳)

I- مناطق قطبی و جنب قطبی

۱ـ اقالیم مناطق وسیع پوشیده از یخ، بیابانهای یخی قطبی

۲ـ اقلیمهای قطبی با گرمای کم (گرمترین ماه دمای کمتر از ۶ درجه دارد): کمربند یخبندان قطبی

۳ـ اقالیم جنب ارکتیک توندرا با تابستانهای سرد (گرمترین ماه دمای بین ۶ تا ۱۰ درجه سانتیگراد دارد) و زمستانهای فوق‌العاده سرد (سردترین ماه دمای زیر ۸ درجه سانتیگراد دارد): توندرا

۴ـ اقلیمهای فوق‌العاده اقیانوسی جنب قطبی که دارای زمستانهایی با سرمای ملایم و کم‌برف (سردترین ماه دمای بین ۸ـ تا ۲ درجه سانتیگراد دارد.) و تابستانهای سرد (گرمترین ماه دمای بین ۵ تا ۱۲ درجه سانتیگراد دارد و نوسانات سالانه دما بیشتر از ۱۳ درجه سانتیگراد و غالباً کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد است) می‌باشد: علفزارهای جنب قطبی و زمینهای بایر.

II- مناطق شمالی با سرمای ملایم

۱ـ اقلیم اقیانوسی منطقهٔ شمالی (با نوسانات سالیانه بین ۱۳ تا ۱۹ درجه سانتیگراد). دارای زمستانهایی با سرمای ملایم، برف نسبتاً فراوان (دمای سردترین ماه سال بین ۲ تا ۳ـ درجه سانتیگراد و ماکزیمم بارش در زمستان است) و تابستانهایی با گرمای ملایم (دمای گرمترین ماه بین ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتیگراد) و دورهٔ رویش گیاهی از ۱۲۰ تا ۱۸۰ روز می‌باشد: منطقهٔ جنگلهای سوزنی برگ مرطوب اقیانوسی.

۲ـ اقلیم قاره‌ای منطقه شمالی (نوسانات سالانهٔ دما بین ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد است.) در این اقلیم زمستانها طولانی و بسیار سرد همراه با برف فراوان اما تابستانها نسبتاً گرم و کوتاه (دمای گرمترین ماه بین ۱۰ تا ۲۰ درجه و دورهٔ رویش گیاهی بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ روز می‌باشد): منطقهٔ جنگلهای سوزنی

برگ قاره‌ای.

۳ـ اقالیم فوق‌العاده بری منطقهٔ شمالی (با نوسانات سالانهٔ بیشتر از ۴۰ درجه سانتیگراد) با خاکهای دائماً یخ‌زده، زمستانهای خشک فوق‌العاده سرد (دمای سردترین ماه کمتر از ۲۵ درجه است). تابستانهای کوتاه با گرمای کافی (دمای گرمترین ماه بین ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتیگراد است) و خاکهایی که در لایه‌های تحتانی، یخشان آب شده است: منطقهٔ جنگلهای سوزنی برگ فوق‌العاده بری خشک.

III- مناطق حرارتی سرد

اقالیم مناطق جنگلی

۱ـ اقالیم فوق‌العاده اقیانوسی (نوسانات سالانه بیشتر از ۱۰ درجه سانتیگراد می‌باشد) با زمستانهای معتدل (دمای سردترین ماه بین ۲ تا ۱۰ درجه سانتیگراد) که ماکزیمم بارش در زمستان است و تابستانهایی با گرمای ملایم تا سرد (دمای گرمترین ماه کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد) دارند: منطقهٔ جنگلهای مخلوط پهن برگ همیشه سبز.

۲ـ اقالیم اقیانوسی (نوسانات سالانه بیشتر از ۱۶ درجه سانتیگراد) با زمستانهای معتدل (دمای سردترین ماه بالای ۲ درجه سانتیگراد است)، حداکثر بارش در زمستان و پاییز و تابستانهایی که گرمای ملایمی دارند (دمای گرمترین ماه کمتر از ۲۰ درجه سانتیگراد است): منطقهٔ جنگلهای مخلوط و پهن‌برگ با خزان اقیانوسی.

۳ـ اقالیم جنب اقیانوسی (نوسانات سالانه بین ۱۶ تا ۲۵ درجه سانتیگراد) با زمستانهای معتدل تا سرد ملایم (دمای سردترین ماه بین ۲ تا ۳ـ درجهٔ سانتیگراد است). حداکثر بارش از پاییز تا تابستان است. تابستانها ملایم تا گرم و طولانی و دورهٔ رویش گیاهی بیش از ۲۰۰ روز می‌باشد: منطقهٔ جنگلهای مخلوط و پهن برگ با خزان اقیانوسی.

۴ـ اقالیم جنب قارّه‌ای (نوسانات دمای سالانه بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد) با زمستانهای سرد (دمای سردترین ماه بین ۳ـ تا ۱۳ـ درجه سانتیگراد) و توقّف زمستانی مشخص در مراحل رشد گیاهی و تابستانهایی با گرمای ملایم (دمای گرمترین ماه عموماً زیر ۲۰ درجه سانتیگراد است)، حداکثر بارش در تابستان و دورهٔ رویش گیاهی از ۱۶۰ تا ۲۱۰ روز می‌باشد: منطقهٔ جنگلهای مخلوط و پهن برگ با خزان جنب قارّه‌ای.

۵ـ اقالیم قارّه‌ای با زمستانهای سرد که میزان خشکی آن ناچیز است (نوسانات سالانه بین ۳۰ تا ۴۰ درجه و دمای سردترین ماه بین ۱۰ـ تا ۲۰ـ درجه سانتیگراد است)، تابستانها دارای گرما و رطوبت ملایمی بوده (دمای گرمترین ماه بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتیگراد است) و دورهٔ رویش گیاهی از ۱۵۰ تا

۱۸۰ روز می‌باشد: منطقهٔ جنگلهای مخلوط و پهن‌برگ با خزان قاره‌ای و استپهای انبوه.

۶ـ اقالیم فوق‌العاده قارّه‌ای با زمستانهای سرد و خشک (نوسانات سالانه عموماً بیش از ۴۰ درجهٔ سانتیگراد و دمای سردترین ماه بین ۱۰ـ تا ۳۰ـ درجه سانتیگراد است) و تابستانهای کوتاه و گرم و مرطوب (دمای گرمترین ماه بالای ۲۰ درجهٔ سانتیگراد است): منطقهٔ جنگلهای مخلوط و پهن برگ با خزان فوق‌العاده قارّه‌ای و استپهای انبوه.

۷ـ اقالیمی با تابستانهای گرم و مرطوب (نوسانات سالانه بین ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد) و زمستانهای سرد و خشک (دمای سردترین ماه بین ۰ تا ۸ـ درجه سانتیگراد و دمای گرمترین ماه ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتیگراد است): جنگلهای مخلوط و پهن‌برگ با خزان و استپهای انبوه گرمسیری که در برابر سرما و خشکی زمستان مقاومت دارند.

۷a ـ اقالیمی با تابستهای گرم و خشک و زمستانهای معتدل تا سرد ملایم که در نیمی از سال بطور ناچیزی مرطوب می‌باشند (دمای سردترین ماه بین ۲ تا ۶- درجه و دمای گرمترین ماه بین ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتیگراد است): جنگلهای خشک و استپهای انبوه گرمسیری که در برابر زمستانهای معتدل تا سرد مقاوم هستند.

۸ـ اقالیمی با تابستانهای همیشه مرطوب و گرم (نوسانات سالانه ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد) و زمستانهای معتدل تا سرد ملایم (دمای سردترین ماه ۲ تا ۶ـ درجه و دمای گرمترین ماه بین ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتیگراد است): جنگلهای گرمسیری و مرطوب مخلوط و پهن‌برگ با خزان.

اقالیم استپی

۹ـ اقالیم استپی مرطوب با زمستانهای سرد و فصل بارش به مدّت ۶ یا بیشتر از شش ماه، دورهٔ پوشش گیاهی در زمستان و اوایل تابستان (دمای سردترین ماه کمتر از صفر درجه سانتیگراد است): منطقهٔ علفزارهای بلند استپی با بوته‌های همیشگی.

۹a ـ اقالیم استپی مرطوب با زمستانهای معتدل (دمای سردترین ماه سال بالای صفر درجه).

۱۰ـ اقالیم استپی با زمستانهای سرد و تابستانهای خشک و فصل مرطوب کمتر از ۶ ماه (دمای سردترین ماه سال کمتر از صفر درجه است): منطقهٔ علفها و بوته‌های کوتاه و گیاهان خاردار.

۱۰a ـ اقالیم استپی خشک با زمستانهای سرد و تابستانهای خشک (دمای سردترین ماه بین صفر تا ۶ درجه است): منطقهٔ علفها و بوته‌های کوتاه و گیاهان خاردار.

۱۱ـ اقالیم استپی با تابستانهای مرطوب و زمستانهای سرد و خشک (دمای سردترین ماه سال زیر صفر درجهٔ سانتیگراد است): منطقهٔ علفهای آسیای مرکزی و شرقی و بوته‌های استپی کوتاه.

۱۲ـ اقالیم نیمه بیابانی و بیابانی با زمستانهای سرد (دمای سردترین ماه زیرصفر درجهٔ سانتیگراد است): منطقهٔ نیمه بیابانی و بیابانی سرد.

۱۲a ـ اقالیم نیمه بیابانی با زمستانهای معتدل (دمای سردترین ماه بین صفر تا ۶ درجه سانتیگراد است): منطقهٔ نیمه بیابانی و بیابانی معتدل.

IV- مناطق حرارتی جنب حاره‌ای گرم

اقالیم جلگه‌ها و تپه‌ها با زمستانهای ملایم (دمای سردترین ماه سال ۲ تا ۱۳ درجه سانتیگراد است، در نیمکرهٔ جنوبی این دما بین ۶ تا ۱۳ درجه سانتیگراد است).

۱ـ اقالیم مدیترانه‌ای با تابستانهای خشک و زمستانهای مرطوب (که غالباً بیش از پنج ماهِ مرطوب وجود دارد): منطقهٔ جنگلهای سخت برگ حاره‌ای و جنگلهای سوزنی برگ.

۲ـ اقالیم استپی با تابستانهای خشک و زمستانهای مرطوب (غالباً کمتر از پنج‌ماه مرطوب وجود دارد): منطقهٔ علفها و بوته‌های استپی.

۳ـ اقالیم استپی با بارش تابستانی کوتاه و زمستانهای خشک (کمتر از پنج ماه مرطوب): منطقهٔ گیاهان خاردار و استپهای آبدار.

۴ـ اقالیمی با زمستانهای خشک و فصل بارش طولانی در تابستان (عموماً بین ۶ تا ۹ ماهِ مرطوب وجود دارد): منطقهٔ استپی با علفهای کوتاه، جنگلهای موسمی و استپهای بلند.

۵ـ اقالیم نیمه بیابانی و بیابانی بدون زمستانهای سخت اما با تغییرات دمای فراوان یا یخبندانهایی در شب (عمدتاً کمتر از دو ماه مرطوب وجود دارد): منطقهٔ نیمه‌بیابانی و بیابانی جنب حاره‌ای .

۶ـ اقالیم علفزارهای همیشه مرطوب نیمکرهٔ جنوبی (۱۰ تا ۱۲ ماه مرطوب): منطقهٔ علفزارهای جنب حاره‌ای.

۷ـ اقالیم همیشه مرطوب با تابستانهای گرم و ماکزیمم بارش در زمستان: منطقهٔ جنگلهای مرطوب جنب حاره (جنگلهای سوزنی برگ و برگ بو).

V- منطقهٔ حارّه

۱ـ اقالیم حارّه‌ای بارانی بدون فصل خشک یا فصل خشک کوتاه (با ۹/۵ تا ۱۲): منطقهٔ جنگلهای همیشه سبز بارانی و جنگلهای انتقالی، با خزانی زودگذر.

۲ـ اقالیم حارّه‌ای با تابستانهای مرطوب که دارای ۹/۵ تا ۷ ماه مرطوب و ۲/۵ تا ۵ ماه خشک می‌باشند: منطقهٔ جنگلهای مرطوب که خزان آنها در فصل خشک است و منطقهٔ ساوانهای مرطوب.

۲a ـ اقالیم حارّه‌ای با تابستانهای مرطوب که دارای ۹/۵ تا ۷ ماه مرطوب و ۲/۵ تا ۵ ماه خشک

می‌باشند: منطقهٔ جنگلهای انتقالی با خزان زودگذر.

۳ـ اقالیم حارّه‌ای با یک فصل خشک و یک فصل مرطوب که دارای ۷ تا ۴/۵ ماه مرطوب و ۵ تا ۷/۵ ماه خشک می‌باشند: منطقهٔ جنگلهای خشک که در فصل بارانی سبز هستند و ساوانهای خشک.

۴ـ اقالیم حارّه‌ای خشک که دارای ۴/۵ تا ۲ ماه مرطوب و ۷/۵ تا ۱۰ ماه خشک می‌باشند: منطقهٔ جنگلهای گیاهان خاردار و آبدار و ساوان.

۴a ـ اقالیم حارّه‌ای خشک با ماههای مرطوب در زمستان.

۵ـ اقالیم حارّه‌ای نیمه‌بیابانی و بیابانی که کمتر از دو ماه مرطوب و بیشتر از ۱۰ ماه خشک دارند: منطقهٔ نیمه‌بیابانی و بیابانی حارّه‌ای.

IV-V- اقالیم ساحلی با مه فصلی

IV/V - a/b- اقالیم ساحلی که بطور فصلی از نظر جوی مرطوب هستند و در نواحیی از اقالیم بیابانی حارّه‌ای و جنب حارّه‌ای دیده می‌شوند. در این نواحی به علت مه ساحلی بطور متناوب اقالیم مرطوب پدید می‌آید.

(a) در تابستان.

(b) در زمستان: انواع پوشش گیاهی ساحلی و کوهستانی که بیشتر از نوع انگلهای گیاهی هستند.

سیستم طبقه‌بندی بارات «Barat»

اساس این طبقه‌بندی، «میزان آبداری» منطقه است و در آن ضریب اقلیمی با فرمول تجربی زیر محاسبه می‌شود:

$$I = \frac{P(1-C)}{365-N} \cdot \frac{E}{365}$$

I= ضریب اقلیمی بارات P= متوسط بارندگی سالانه (میلیمتر) C= ضریب رواناب سطحی

N= تعداد روزهای بارانی در سال E= تبخیر سالانه (میلیمتر)

بر طبق روش باران ضریب I به صورت زیر مشخص‌کنندهٔ اقلیم خواهد بود:

نوع اقلیم	ضریب بارات
بیابانی	$I < -20$
نیمه خشک	$-20 < I < 0$
نیمه مرطوب	$0 < I < 7$
مرطوب جنگلی	$I > 7$

روش سلیانینوف «Selyaninov»

سلیانینوف اصل ضریب اقلیمی مناطق خشک را در روسیه به‌کار برده است. این روش براساس نسبت گرما به رطوبت استوار است. ضریب باصطلاح هیدروترمیک سلیانینوف از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$C = \frac{\Sigma P}{0.10\,\Sigma H}$$

در این رابطه: ΣP = مقدار کل بارندگی (بر حسب میلیمتر) در یک دورهٔ زمانی که در آن متوسط درجهٔ حرارت بالاتر از ۱۰ درجه سانتیگراد است.

ΣH = مقدار تجمعی درجه حرارت در همان دورهٔ زمانی (C°)

خطوط همسانی ـ خطوط فرضی که نقاطی با ضریب یکسان را به هم وصل می‌کند ـ که دارای ضریبی معادل $C = 0.5$ باشند مرز بیابانی را تشکیل می‌دهند.

مقدار $C = 0.7$ نشان‌دهندهٔ مرز بین مناطق استپی خشک و استپی معمولی است. مقدار $C = 1.0$ نشان‌دهندهٔ مرزهای بین استپ و مناطق استپ جنگلی است.

مهمترین مزیت ضریب هیدروترمیک (گرما ـ رطوبت) سلیانینوف ساده بودن آن و مهیا بودن آمار هواشناسی موردنیاز برای محاسبهٔ آن است.

روش طبقه‌بندی ایوانف «Ivanov»

روش ایوانف براساس مقایسهٔ بارندگی و تبخیر استوار است. در این روش ضریب رطوبتی I از فرمولهای زیر محاسبه می‌شود:

$$I = \frac{P}{\Sigma E}$$

$$E = 0.0018\,(2.5 + T^2)(100 - r)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

که در آن:

I= ضریب رطوبتی ایوانف — T= متوسط درجه حرارت ماهانه (C°)

r= متوسط رطوبت نسبی ماهانه (٪) — E= تبخیر ماهانه (cm)

P= مقدار بارندگی سالانه (cm) — ΣE= جمع تبخیر در ماههای سال (cm)

در این روش لازم است، ابتدا با توجّه به رطوبت نسبی و درجه حرارت، تبخیر ماهانه و سپس تبخیر سالانه محاسبه شود. پس از محاسبهٔ I ، طبقه‌بندی اقلیمی در این روش با توجّه به محدوده‌های زیر انجام می‌شود:

نوع اقلیم	محدودهٔ ضریب رطوبتی ایوانف
مناطق بسیار مرطوب جنگلی	$I \geq 1.5$
مناطق مرطوب جنگلی	$1.49 \geq I \geq 1$
مناطق استپی جنگلی	$0.99 \geq I \geq 0.6$
استپی	$0.59 \geq I \geq 0.3$
بیابانی	$0.29 \geq I \geq 0.13$
صحرایی	$0.12 \geq I \geq 0$

ترانسو «Transeau»

دانشمند فرانسوی در اوایل قرن بیستم با استفاده از مقدار بارندگی و مقدار تبخیر توانست روشی برای تقسیم‌بندی اقالیم مختلف ارائه نماید که مورد اعتراض دانشمندان قرار گرفت. فرمول ترانسو به صورت $I = \frac{P}{E}$ می‌باشد که در آن P مقدار بارندگی و E مقدار تبخیر از سطح آزاد آب می‌باشد و چون در اندازه‌گیری مقدار E خطای زیادی رخ می‌دهد از این رو ضریب خشکی I از دقت چندانی برخوردار نمی‌باشد. ترانسو می‌خواست توسط این رابطه نسبت توانایی مرطوب ساختن P به قدرت خشک نمودن E را معلوم دارد. واضح است که هر قدر I از واحد کوچکتر باشد آن منطقه خشک‌تر خواهد بود و در صورتی که مقدار I برابر واحد گردد آن منطقه متعادل خواهد بود یعنی به همان مقداری که بارندگی رخ داده به همان مقدار نیز تبخیر صورت گرفته است.

ب) روشهای ژنتیکی

دومین نوع طبقه‌بندی، بر پایهٔ حرکات اتمسفر و فرایندهایی که باعث به وجود آوردن حرکات می‌شوند قرار دارد که طبقه‌بندی ژنتیکی نامیده می‌شود. به عبارتی اساس و منشأ این نوع طبقه‌بندیها را عوامل پدیدآورندهٔ اقلیم از قبیل تابش خورشید، ویژگیهای توده‌های هوا، گردش عمومی جو و ... تشکیل می‌دهند. در زبان یونانی لغتی که برای شروع یا علّت به کار می‌رود همان لغتی است که ژنسیس از آن مشتق شده است. برای مثال اقلیمی در یکی از سیستمهای ژنتیکی ممکن است به نام اقلیم باد تجارتی نامیده شود زیرا علت مبنایی یا ژنسیس اقلیم این است که ناحیه‌ای که توسط آن اقلیم در برگرفته می‌شود تحت نفوذ کمربند باد تجارتی ناشی از گردش عمومی جو قرار دارد.

فلون (Flohn) در سال ۱۹۵۷ براساس گردش عمومی جو طبقه‌بندی ژنتیکی را پیشنهاد نمود و بودیکو (Budyko) در سال ۱۹۵۶ و ترجونگ (Terjung) در سال ۱۹۷۰ بر اساس تابش خالص

طبقه‌بندیهایی را ارائه نمود. سپس اولیور (Oliver) در سال ۱۹۷۰ روش ژنتیکی را براساس اقلیم‌شناسی دینامیکی و با توجّه به ویژگیهای توده‌های هوا ارائه نمودند که در این جزوه به تعدادی از آنها اشاره می‌شود.

نام و سال ارائه سیستم طبقه‌بندی	هدف طبقه‌بندی	اساس طبقه‌بندی
۱ـ استرالر «Strahler» (۱۹۵۱)	تهیهٔ مدل جهانی برای سهولت در توضیح اقالیم منطقه‌ای	بر اساس توده‌های هوا
۲ـ بودیکو «Budyko» (۱۹۵۸)	تعیین شاخص خشکی در رابطه با توزیع پوشش گیاهی	براساس میزان تابش خالص و تأثیر آن در تبخیر بارش سالانه
۳ـ ترجونگ «Terjung» (۱۹۶۸)	استفاده از اطلس بیلان حرارتی بودیکو	براساس پراکندگی انرژی خورشیدی به عنوان انرژی عمده وارده در جهان
۴ـ اولیور «Oliver» (۱۹۷۰)	تعیین توده هوای غالب ماهانه	بر اساس مدل فراوانی توده‌های هوا

طبقه‌بندی استرالر «Strahler»

با توسعهٔ هواشناسی سینوپتیکی و مشخص شدن مفهوم توده‌های هوا، استرالر از جمله کسانی بود که در سال ۱۹۵۱ براساس توده‌های هوا یک سیستم طبقه‌بندی ارائه و برای سهولت در توضیح اقالیم منطقه‌ای از یک مدل جهانی استفاده نمود.

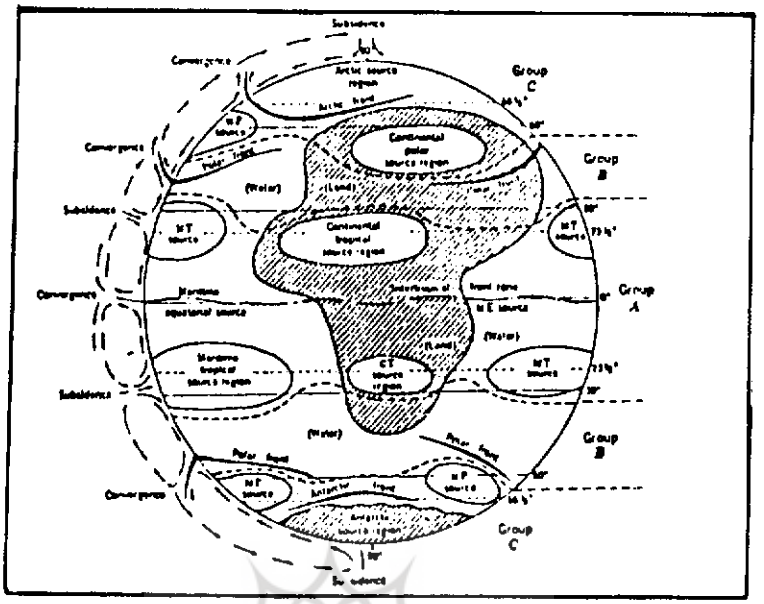
در این مدل عمدتاً سه گروه اصلی از اقالیم مشخص شده‌اند:

گروه اوّل: مناطق اقلیمی که توده‌های هوای استوایی و حاره‌ای در تمام سال در آن جا غلبه دارند.

گروه دوم: مناطق اقلیمی که بین گروه اوّل و سوم واقع هستند. اقلیم آنها ناشی از تأثیر متقابل توده‌های هوای گروه اول و توده هوای گروه سوم (قطبی) می‌باشد.

گروه سوم: مناطق اقلیمی که تحت تأثیر توده‌های هوای قطبی می‌باشند.

استرالر برای توسعهٔ طبقه‌بندی براساس توده‌های هوا و تجزیه و تحلیل رژیمهای اقلیمی ناشی از برخورد توده‌های هوا از نمودار دما ـ باران استفاده نمود. در این روش ایستگاههایی که دارای اشکال مشابه هستند در یک مکان مشابه از کلیموگراف قرار می‌گیرند و دارای تیپ اقلیمی یکسانی می‌باشند؛ بدین ترتیب انواع اقالیم به وسیلهٔ اشکال مختلف متمایز می‌گردند.



مدل جهانی استرالر که اساس طبقه‌بندی اقلیمی بر پایهٔ توده‌های هوا را نشان میدهد.

هفت رژیم تودهٔ هوا و طبقه‌بندی اقلیمی مربوط به آن

ایستگاههای مورد مطالعه	تودهٔ هوا	رژیم
رژیم‌هایی که تحت تأثیر یک تودهٔ هوای غالب هستند		
سوماترا	ME یا MT	استوایی
استرالیا	MTs یا CT	بیابانی
نیوزلند	MP	عرض میانه
آلاسکا	CP یا CA	قطبی (polar)
رژیم‌هایی که تحت تأثیر دو تودهٔ هوای غالب هستند		
هندوستان	CT و MT	حاره‌ای بایک فصل خشک ـ مرطوب
ترکیه، ازمیر	CT و MP(MT)	مدیترانه‌ای
کانادا	CP(CA) و MT(MP)	قاره‌ای

طبقه‌بندی بودیکو «Budyko»

اساس طبقه‌بندی بودیکو اقلیم‌شناس روسی، محاسبهٔ شاخص تابش هوای خشک می‌باشد. وی مقدار سالانه شاخص تشعشعی خشکی را برای بسیاری از مناطق روی زمین محاسبه کرده است که این شاخص برای نواحی مرطوب کمتر از یک و برای نواحی خشک بیشتر از یک می‌باشد. در واقع این شاخص نسبت مقدار تشعشع خالص سالانه و دریافتی در منطقه به مقدار انرژی لازم برای تبخیر همه بارانی که سالانه به آن منطقه می‌رسد، می‌باشد.

تشعشع خالصی که صورت نسبت بودیکو را تشکیل می‌دهد، مقداری است که هر ساله به صورت امواج تشعشعی با طول موج کوتاه یا با طول موج بلند دریافت می‌شود، منهای مقداری از این انرژی که به صورت طول موج بلند و یا کوتاه از دست می‌رود.

از آن جایی که گرمای نهان تبخیر آب در حدود ۵۸۰ کالری برای هر گرم می‌باشد، مخرج نسبت بودیکو برابر است به عمق بارندگی بر حسب سانتیمتر ضربدر ۵۸۰، که حاصل آن به واحد کالری بر سانتیمتر مربع بر سال است که همان واحد تشعشع خالص می‌باشد.

$$I_a = \frac{R \text{ (تشعشع خالص رسیده به زمین در سال)}}{P \times 580 \text{ (مقدار بارندگی سالیانه)}} \quad \frac{CaI/cm^2}{Cm^2 \times CaI/96}$$

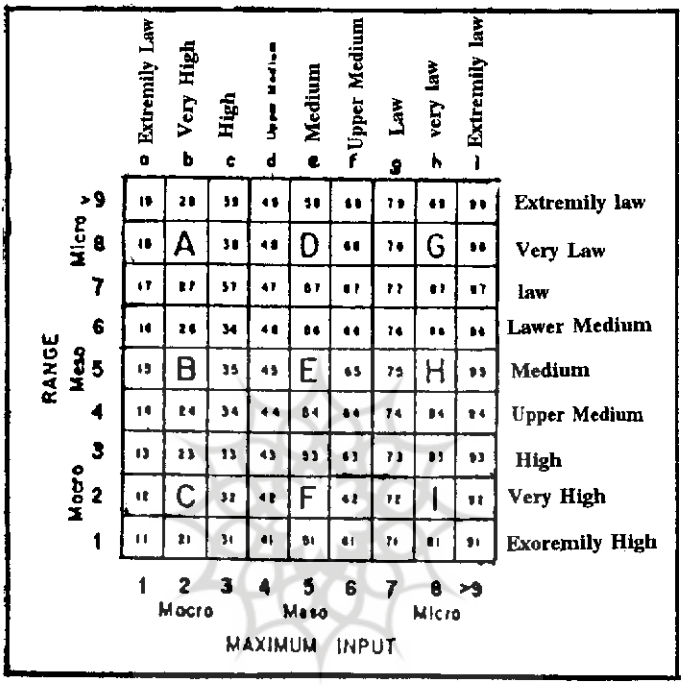
نتایج محاسبات بودیکو نشان می‌دهد که در بیابانهای جهان تشعشعات قابل دسترس به اندازهٔ سه برابر تشعشعی است که برای تبخیر آبهای موجود در آن نقاط موردنیاز است و در مناطق قطبی میزان بارندگی به اندازهٔ سه برابر مقداری است که می‌تواند تبخیر شود.

بیابانی	$I_a > 3$
نیمه بیابانی	$s < I_a < 3$
استپ	$1 < I_a < 2$
جنگلی	$0.3 < I_a < 1$
توندرا	$I_a < 0.3$

سیستم طبقه‌بندی ترجونگ «Terjung»

در این روش تابش خالص به عنوان انرژی وارده جهت طبقه‌بندی استفاده می‌شود که بطور مختصر شرح داده می‌شود. در این روش ابتدا با استفاده از اطلس بیلان حرارتی زمین که توسط بودیکو تهیه شده بود مقدار تابش خالص وارده R برای ۱۱۲۳ نقطه استخراج شد و سپس برای تمام این نقاط

نمودار نوسانات فصلی تابش خورشیدی را ترسیم نموده و با توجه به این نمودارها میزان حداکثر تابش وارده، انحراف از حداکثر تابش وارده، تعداد ماههایی که در آن R کمتر از صفر است و شکل منحنیهای تابش خالص وارده را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و اقالیم را گروه‌بندی نمود.



شکل شمارهٔ ۱: جدول ماتریسی برای طبقه‌بندی اقلیمی براساس تابش خالص از ترجونگ

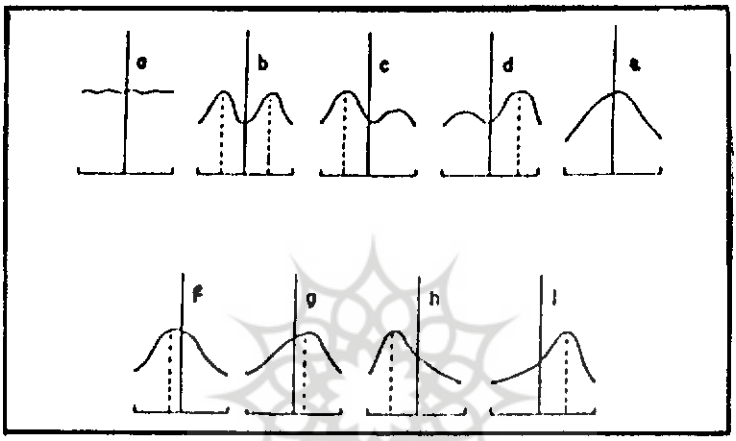
به علاوه او از میزان تابش وارده و انحراف از آن استفاده نمود تا ماتریس شکل شمارهٔ ۱ را پدید آورد که تغییرات گروهها در آن از ۱۱ که میزان فوق‌العاده زیاد تابش و دامنهٔ تغییرات فوق‌العاده زیاد، تا ۹۹ که تابش وارده فوق‌العاده کم و دامنهٔ تغییرات فوق‌العاده کم می‌باشد، است.

مقادیر موجود در شکل شمارهٔ ۱ در ۹ دستهٔ عمده طبقه‌بندی شده و به وسیلهٔ حروف از A تا I نشان داده می‌شوند، اما از این تعداد انواع F، H، I در روی زمین یافت نمی‌شوند. میزان انرژی وارده در تقسیمات جزئیتر به سطوح انرژی فرعی تقسیم می‌شوند که هر یک از آنها با حروف کوچک از a تا i مشخص می‌گردند. اشکال منحنیهای مربوط به میزان تابش خالص وارده ماهانه R یکی دیگر از متغیرهایی است (شکل شمارهٔ ۲) که به چهار دسته رژیم انرژی تقسیم می‌گردد.

منحنی e (رژیم زینیتال Zenithal یا رژیم انقلاب تابستانی) توسط عدد ۱ منحنیهای a و b (رژیم استوایی) توسط عدد ۲،

منحنیهای c، h، f (حداکثر انرژی وارده در ماههای بهمن (Feb)، اسفند (Mar)، فروردین (Apr) توسط عدد ۳،

منحنیهای d، i، g (حداکثر انرژی وارده در ماههای مرداد (Aug)، شهریور (Sep)، مهر (Oct) توسط عدد ۴ مشخص می‌شوند.



شکل شمارهٔ ۲: منحنیهایی که از آنها جهت طبقه‌بندی اقلیمی براساس تابش خالص استفاده شده است

فاکتور مورد ملاحظه دیگر تعداد ماههایی است که در آن میزان R کمتر از صفر بوده و توسط ترجونگ به صورت زیر طبقه‌بندی گردیده است.

میزان R کمتر از صفر، برای کمتر از ۲۰ درصد زمان = ۱ـ

میزان R کمتر از صفر، برای کمتر از ۴۰ درصد زمان = ۲ـ

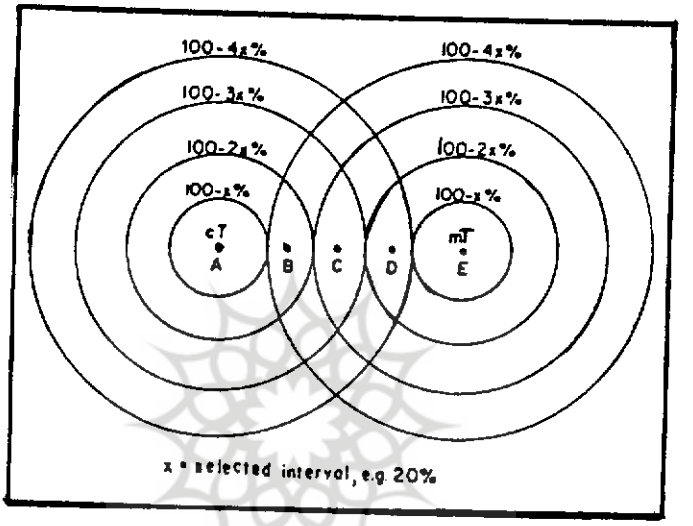
میزان R کمتر از صفر، برای کمتر از ۶۰ درصد زمان = ۳ـ

میزان R کمتر از صفر، برای بیشتر از ۶۰ درصد زمان = ۴ـ

طبقه‌بندی اولیور «Oliver»

اولیور در سال ۱۹۷۰ با استفاده از طرح مدل فراوانی توده‌های هوا نوعی طبقه‌بندی را در سیستم ژنتیکی ارائه نمود. به نظر وی اگر هر یک از انواع توده‌های هوای شناخته شده (CP، CT، MP، MT، ME) در روی‌زمین برابر یک مجموعه فرض شود آنگاه‌اقلیم زمین‌ناشی از تأثیر متقابل‌این مجموعه‌ها خواهد بود. به عنوان نمونه شکل شمارهٔ ۱ دو تودهٔ هوا که به شکل مجموعه درآمده‌اند را نشان می‌دهد. با

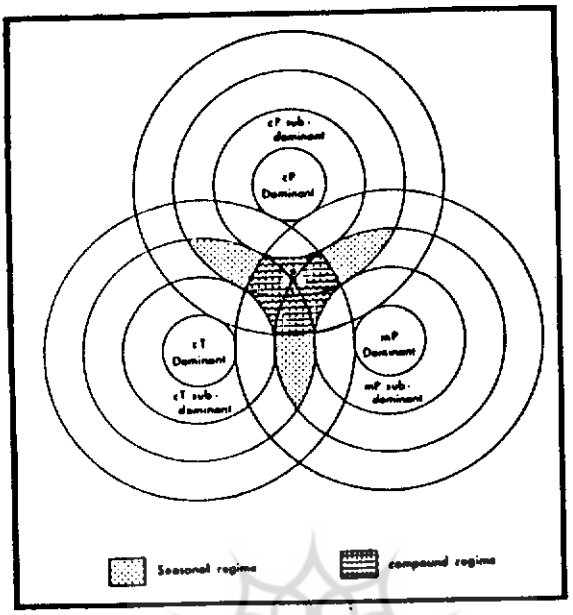
توجّه به دینامیک مجموعهٔ اتمسفر، توده‌های هوا از نظر وسعت در زمانهای مختلف سال متفاوت هستند بدین صورت که از مرکز مجموعه به طرف خارج نفوذ تودهٔ هوا در فواصل منظم کاهش می‌یابد. بنابراین در شکل شمارهٔ ۳ نقطهٔ A برای مدّت کمی کمتر از شش ماه تحت تأثیر تودهٔ هوای MT و برای مدّت کمی بیشتر از شش ماه تحت تأثیر توده هوای CT قرار دارد و در نتیجه دارای اقلیم فصلی بوده که بخشی از رژیم فصلی را تشکیل می‌دهد.



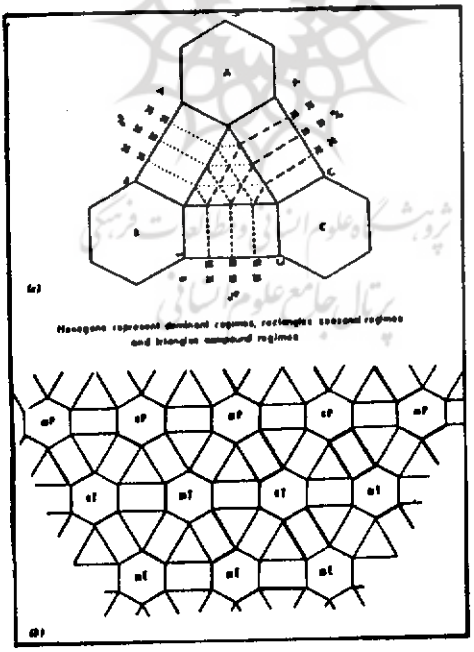
شکل شمارهٔ ۳: نمایش برخورد دو مجموعه از توده‌های هوا CT و MT

اگر چنانچه در جایی بیش از دو مجموعه از توده‌های هوا با هم برخورد نمایند (شکل شمارهٔ ۴) ناحیه‌ای به وجود می‌آید که تحت تأثیر هر سه یا بیشتر توده هوا قرار می‌گیرد و در نتیجه اقالیم پدید آمده ترکیبی از ویژگیهای هر سه تودهٔ هوا خواهد بود که بخشی از رژیم ترکیبی را تشکیل می‌دهد.

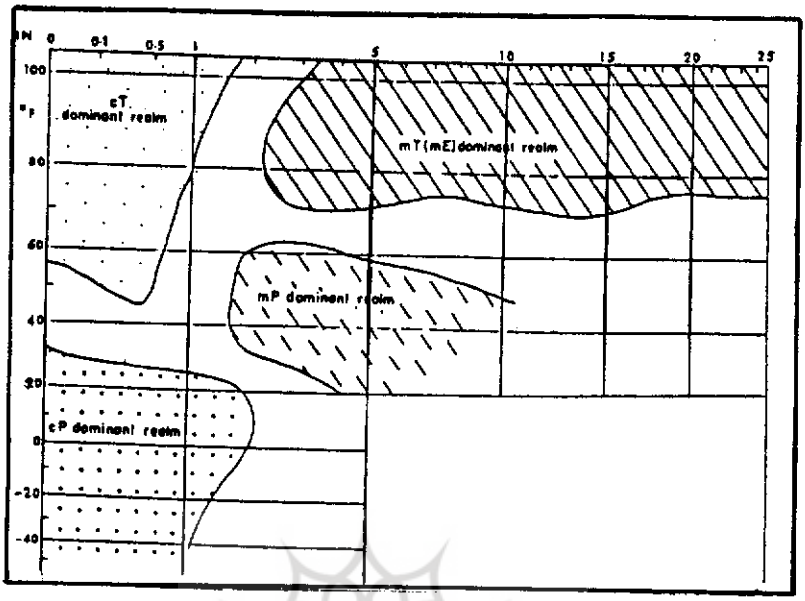
به منظور تعیین شرایط اقلیمی یک ایستگاه بر پایهٔ مدل فراوانی توده‌های هوا لازم است که تودهٔ هوای غالب ماهانهٔ آن معین گردد. به منظور تعیین تودهٔ هوای غالب، داده‌های ماهانه مربوط به ایستگاههایی که تودهٔ هوای غالب در آنها شناسایی شده، روی دیاگرام T. H ترسیم و با استفاده از ایزوپلیتها پراکندگی حاصله مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. این چنین تجزیه و تحلیلهایی ساختمان قلمروهای تودهٔ هوا را روی دیاگرام T. H فراهم می‌نماید. این قلمروها با توجّه به این که دما و بارش به عنوان داده‌های وارده به کار می‌روند جهت تعیین توده هوای غالب ماهانهٔ هر مجموعه از داده اقلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل شمارهٔ ۴: روابط بین سه مجموعه غالب از توده‌های هوا با ویژگیهای متفاوت



شکل شمارهٔ ۵: مدل فراوانی توده هوا



شکل شمارهٔ ۶: دیاگرام دما ـ باران که قلمروهای توده هوای غالب را نشان می‌دهد.

تعیین اقالیم با توجّه به مدل فراوانی توده‌های هوا

تیپ اقلیمی	توده هوا
قطبی بحری	MP
قطبی بری	CP
بیابانی حاره‌ای	CT
بیابانی ساحلی	MTs
استوایی	ME
رژیمهای فرعی غالب	
عرض میانه	MP
بری سرد	CP
مدیترانه‌ای یا استپ نزدیک حاره‌ای	CT
استپ ساحلی مدیترانه‌ای	MTs
حاره‌ای ساحلی	ME = MT

تعیین اقالیم با توجّه به مدل فراوانی توده‌های هوا

رژیمهای فصلی	
بری سرد	(متناوب)CP - MP
مدیترانه‌ای ساحلی	(متناوب)MP - MTs
مدیترانه‌ای بری	(متناوب)MP - CT
بحری سواحل شرقی	(متناوب)MP - MT
بیابانی‌قاره‌ای	(متناوب)CP - CT
قاره‌ای مرطوب	(متناوب)CP - MT
حاره‌ای‌تر ـ خشک	(متناوب)CT - MT/ME
رژیمهای ترکیبی	
این رژیمها براساس روابطی که با رژیمهای فصلی مجاورشان دارند بعد از انجام اصلاحات از قبل تعیین شده، معین می‌گردند.	

منابع و مآخذ

۱ـ پاپلی یزدی، محمدحسین، جهانبانی، روح‌انگیز، «مفهوم هفت اقلیم از نظر جغرافیدانان»، مجموعهٔ مقالات سمینار جغرافی، به کوشش محمدحسین پاپلی یزدی، بنیاد پژوهشهای اسلامی آستان قدس رضوی، ۱۳۶۵، ص ۴ و ۵ تا ۴۵۷ و ۳۵ صفحه نقشه و جدول.

۲ـ علیجانی، بهلول، «آب و هواشناسی سیناپتیکی» مجموعهٔ مقالات سمینار جغرافی، بنیاد پژوهشهای اسلامی آستان قدس رضوی، شمارهٔ سوم، ص ۱۹۷ـ۲۲۰.

۳ـ علیجانی، بهلول، مبانی آب و هواشناسی

۴ـ علیزاده، امین، اصول هیدرولوژی کاربردی، بنیاد فرهنگی رضوی، ۱۳۶۷، ص ۷۶ ـ ۸۲.

۵ـ فریفته، جمشید، نشریه بیابان، مرکز تحقیقات بیابانی و کویری ایران وابسته به دانشگاه تهران، شمارهٔ ۲۰، سال ۱۳۴۶.

۶ـ نوحی، ک، اقلیم‌شناسی عمومی، انتشارات سازمان هواشناسی کشور، بهار ۱۳۶۵.

7- Barry, R. G. and R. J. Chorley, ***Atmosphere, Weather and Climate***. methuen & Co Ltd, London 1975, p. 344 - 350.

8- Chow, V. T., ***Handbook of Applied Hydrology***, McGraw - Hill, Anc. U. S. A. 1964, p. 11-20.

9- Ojo, O. ***The Climate of West Africa***, Heinemann Educational Books Ltd, London, 1977, p. 127-132, 138-147.

10- Oliver, J. E. ***Climate and Man's Environment. An Introduction to Applied Climatology***, John wiley & sons Inc, 1973, p. 169-191, 397-428.

11- Strahler, A. N. and A. H. Strahler, ***Elements of Physical Geography***, John Wiley & Sons, Inc, 1976, p. 118-140.

12- Trewartha, G. T. ***An Introduction to Climate***, McGraw-Hill Inc, 1954, p. 233-337, 381-383.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی