

فصل دوم

خشکی آب و هوایی

۲-۱. مقدمه

خشکی آب و هوایی مهم‌ترین ویژگی بیابان (گرم یا سرد) است. چشم انداز سرزمین‌های خشک از نظر ریخت زمین، خاک، گیاهان، جانوران، تراز آب و کارکردهای انسانی بسیار گوناگون است. به همین خاطر، هیچ تعریف مشخصی برای واژه «خشکی» (Aridity) ارائه نشده است. به هر حال، پدیده خشکی وجه مشترک همه سرزمین‌های خشک است و خشکی هوا ویژگی همیشگی آب و هوای مناطق خشک است (علیچانی و کاویانی، ۱۳۷۱: ۲۵۸). بطور کلی خشکی هوا به بارندگی و دمای هوا وابسته است. زیرا این دو پارامتر، در تعیین ضریب خشکی هوای هر محل نقش بسیار برجسته‌ای ایفا می‌کنند.

کمبود بخار آب در هوای سرزمین‌های خشک، ناشی از بارندگی ناچیز است و ویژگی‌های دیگر محیطی، برآیندهای این پارامتر آب و هوایی به شمار می‌آیند (محمودی، ۱۳۶۸). در کل، «کارایی بارندگی» (Effective Precipitation) بستگی به "پراکنش آن در فصول سال"، "اندازه تبخیر"، "ویژگی‌های خاک" و "پوشش گیاهی" دارد. به سخن دیگر، پدیده خشکی نه تنها به بارش که به رژیم بارندگی، ویژگی‌های دمای هوا، شمار روزهای آفتابی، سرعت و فراوانی وزش باد، ویژگی‌های خاک، پراکندگی و گوناگونی پوشش گیاهی و ... بستگی دارد. بنابراین بایستی اندازه باران در رابطه با کارایی آن برای تعیین درجه خشکی مورد توجه قرار گیرد.

برای نمونه تفاوت ناشی از اندازه بارندگی با تبخیر و تعرق پتانسیل در عرض‌های پایین جغرافیایی بیشتر از عرض‌های میانه و بالاست. به این صورت که اگر آستانه مشخصی از بارش برای نمناکی هوای سرزمین‌های عرض‌های میانه و بالای جغرافیایی بسنده باشد در عرض‌های پایین نمی‌تواند شرایط خشکی هوا و سرانجام نیاز آبی محل را پاسخ دهد. چنانکه برای مرزبندی صحرای بزرگ آفریقا، پربند (Cycloid) همباران سالانه ۱۲۵ میلی‌متر برای مرز

شمالی و پربند همباران سالانه ۴۰۰ میلی‌متر برای مرز جنوبی آن پیشنهاد شده است (علیجانی، ۱۳۷۳:۹۶). زیرا از یک سو دمای هوا در کناره‌های جنوبی صحرای بزرگ بیشتر از کناره‌های شمالی این بیابان جنب استوایی است و از سوی دیگر، سرعت تبخیر نیز به دمای هوا، نمناکی هوا و سرعت باد وابسته است. بنابراین، دمای هوا که با سرعت تبخیر پیوند همسو دارد، توانسته است «کارایی بارندگی» کناره‌های جنوبی این بیابان پهناور را به صورت چشمگیری کاهش دهد. افت نزدیک به یک سوم «کارایی بارندگی» در کناره‌های جنوبی صحرای آفریقا ناشی از دمای بیشتر هوا و تبخیر و تعرق پتانسیل بالاتر این کناره‌ها نسبت به کناره‌های شمالی است. چرا که کناره‌های جنوبی در عرض‌های پایین‌تر جای دارند.

ناپایداری مکانی و زمانی پارامترهای آب و هوایی پدیده‌ای است که تعیین دقیق مرز سرزمین‌های خشک و نیمه خشک را بسیار دشوار و پیچیده می‌سازد. به هر روی، دانشمندانی مانند تورنت وایت (Thorntwaite, 1931)، والن (Wallén 1967)، کوپن (Koeppen, 1931) و ... کوشش کرده‌اند که با تعیین آستانه خشکی، مرز دقیق سرزمین‌های خشک یا نیمه خشک را مشخص نمایند (Nicholson, 2011, 4).

۲-۲. آستانه خشکی در تراز آبی تورنت وایت

روش و معیارهای تعیین آستانه خشکی میان آب و هواشناسان یکسان نیست. به هر حال در بیشتر شیوه‌ها، ضریب خشکی هوا بر پایه مقایسه دما با بارش محل حساب می‌شود. در میان این روش‌ها، رابطه تورنت وایت (Thorntwaite) دقیق‌تر از دیگران به نظر می‌رسد. او برای تعیین ضریب خشکی یک محل از شاخص نیاز آبی آن محل بهره برد. گیاهان آب مورد نیاز خود را از خاک می‌گیرند و در فرآیند تبخیر و تعرق به هوا می‌دهند. بخش دیگری از نم خاک نیز در فرآیند تبخیر به هوا وارد می‌شود. باید نم از دست رفته خاک، تنها با بارندگی جبران شود تا تراز آبی در سامانه خاک وجود داشته باشد. اگر ترازنامه نم خاک منفی باشد، یعنی اندازه بارش دریافتی خاک کمتر از آبی باشد که خاک به وسیله ریشه گیاهان و یا در فرآیند تبخیر از دست داده است. در این صورت زندگی گیاهان دچار آسیب خواهد شد، زیرا زندگی گیاهان به نمناکی خاک وابسته است.

بنابراین تورنت وایت، جایی را سرزمین خشک می‌گفت که نیاز آبی خاک (برونداد آب) بیشتر از مقدار آبی باشد که از راه بارندگی به خاک وارد می‌شود. تورنت وایت (۱۹۵۵) تعیین شاخص نمناکی (خشکی) را بر پایه رابطه زیر نشان داد:

$$I_m = \frac{S-0.6.D}{PE} \times 100 \quad \text{رابطه ۱-۲}$$

I_m = شاخص نمناکی (خشکی)، S = مقدار آب اضافی، D = مقدار کمبود نمناکی خاک
 PE = اندازه تبخیر و تعرق در بازه زمانی مشخص (یک سال).

هنگامی که بارندگی بیشتر از تبخیر و تعرق پتانسیل خاک باشد، آب اضافی خاک (S) رخ می‌نماید. کسری بارش نسبت به تبخیر و تعرق پتانسیل نیز اندازه (D) را مشخص می‌سازد. شاخص نمناکی (I_m) در آب و هوای مناطق خشک منفی است. رابطه تورنت وایت بطور غیر مستقیم، نقش دمای هوا بر پدیده خشکی را نشان می‌دهد، زیرا تبخیر و تعرق پتانسیل با دمای هوا پیوند همسو دارد (علیچانی و کاویانی، ۱۳۷۱:۲۵۹).

جدول ۱-۲: آستانه خشکی بر پایه روش تورنت وایت

نشانه	شاخص خشکی (نمناکی)	آب و هوا
C_1	$-33 < I_m < 0$	نیمه نمناک خشک
D	$-66/7 < I_m < -33$	نیمه خشک
E	$-100 < I_m < -66/7$	خشک
منبع: (فریفته، ۱۳۶۶:۵۳).		

۳-۲. آستانه خشکی در روش دمارتن

در روش دمارتن (۱۹۲۶) شاخص خشکی بر پایه ضریبی بدست می‌آید که با بارندگی بستگی همسو و با دمای هوا پیوند وارونه دارد. یعنی ضریب‌های کوچک‌تر نشانه پدیده خشکی آب و هوایی یک سرزمین است:

$$I = \frac{P}{T+10} \quad \text{رابطه ۲-۲}$$

I = ضریب خشکی، P = بارندگی سالانه به میلی‌متر، T = میانگین دمای سالانه به سلسیوس.

جدول ۲-۲: طبقه بندی مناطق خشک بر اساس ضریب خشکی دمارتن

آب و هوا	فراخشک	خشک	نیمه خشک	نیمه نمناک خشک
شاخص خشکی	$I < 5$	$5 \leq I < 10$	$10 \leq I < 20$	$20 \leq I < 24$
منبع: (طاوسی، ۱۳۷۲: ۲۹۷)				

۲-۴. آستانه خشکی در روش میلر

میلر (Miller, 1965) جهت تعیین آستانه خشکی از نظریه دمارتن (De Martonne) بهره برد. دمارتن پدیده خشکی را ناشی از شرایطی بیان می‌کند که در آن، "مجموع بارندگی سالانه کمتر از «یک پنجم» میانگین دمای هوا در بازه سال باشد" (فریفته، ۱۴: ۱۳۶۶).

$$P \leq \frac{T_a}{5} \quad \text{رابطه ۲-۳:}$$

P = مجموع بارش سالانه بر حسب اینچ، T_a = میانگین دمای سالانه هوا بر حسب فارنهایت.

۲-۵. آستانه خشکی در روش ارینچ

ارینچ (Erinch) برای تعیین آستانه خشکی از میانگین بیشینه دمای هوا استفاده کرد. چرا که در گرم‌ترین هنگامه روز، سرعت تبخیر و تعرق به اوج خود می‌رسد.

$$I_m = \frac{P}{T_{\max}} \quad \text{رابطه ۲-۴:}$$

I_m = شاخص خشکی در بازه سال، P = مجموع بارندگی سالانه به میلی‌متر،

T_{\max} = میانگین بیشینه دمای هوا به سلسیوس در بازه سال.

جدول ۲-۳: طبقه بندی مناطق خشک بر اساس شاخص خشکی ارینچ

آب و هوا	فراخشک	خشک	نیمه خشک	نیمه نمناک خشک
شاخص خشکی	$I_m < 3$	$3 < I_m < 8$	$8 < I_m < 15$	$15 < I_m < 23$
منبع: (طاوسی، ۱۳۷۲: ۳۰۰)				

ارینچ برای تعیین شاخص خشکی ماهانه از رابطه زیر استفاده کرد:

$$I_{mi} = \frac{P_i \times 12}{T_{i\max}} \quad \text{رابطه ۲-۵:}$$

I_{mi} = شاخص خشکی در بازه ماه، P_i = مجموع بارندگی ماهانه به میلی‌متر،

$T_{i\max}$ = میانگین بیشینه دمای هوا به سلسیوس در بازه ماه.

۶-۲. آستانه خشکی در روش ایوانف

شاخص خشکی (نمناکی) ایوانف (Ivanov) بر پایه نسبت بارندگی سالانه (P) به تبخیر و تعرق پتانسیل (ETP) استوار است (طاوسی، ۱۳۷۲: ۳۰۳).

$$I = \frac{P}{\sum_1^{12} ETP} \quad \text{رابطه ۶-۲}$$

$$ETP = 0.0018(2.5 + T^2) \cdot (100 - H) \quad \text{رابطه ۷-۲}$$

I = شاخص خشکی (نمناکی) ایوانف، P = مجموع بارندگی سالانه به سانتیمتر،
 ETP = مجموع تبخیر ماهانه به سانتیمتر، T = میانگین دمای ماهانه هوا،
 H = میانگین نم نسبی هوا در بازه ماه به درصد.

☞ هنگامی که ضریب نمناکی ایوانف، $I < 0/12$ باشد، نشانه آب و هوای بیابانی است.

۷-۲. آستانه خشکی در روش کوپن

کوپن (koppen, 1918) شاخص خشکی را با توجه به ویژگی‌های دمایی هوا، رژیم بارندگی و چگونگی پراکندگی آن‌ها در چرخه سالانه تعیین کرده است. به باور کوپن «کارایی بارندگی» در آب و هوای خشک، پیوند نزدیکی با از دست رفتن آب ناشی از تبخیر دارد. زیرا سرعت تبخیر با دمای هوا بستگی همسو دارد (جعفرپور، ۱۳۷۷: ۲۸۰). برای نمونه با گمان یکسان بودن اندازه بارندگی و دمای سالانه در دو محل، سرزمینی که دارای رژیم بارندگی تابستانه است خشک‌تر از جایی است که از رژیم بارش زمستانه بهره می‌برد. به همین خاطر در روش کوپن نخست رژیم بارندگی محل مشخص می‌شود. وی رژیم بارندگی را به سه گروه دسته بندی کرده است.

پس از مشخص شدن رژیم بارندگی، می‌توان شاخص خشکی هر محل را تعیین کرد. با توجه به رژیم بارندگی و بر پایه سنجش مجموع بارندگی سالانه نسبت به میانگین دمای هوا، آستانه خشکی هر محل مشخص می‌شود (جعفرپور، ۱۳۷۷: ۳۹). در این شیوه، رابطه هر یک از رژیم‌های بارشی سه‌گانه بر پایه کارایی بارش ساخته شده است.

☞ رژیم بارش زمستانه: جایی که ۷۰ درصد یا بیشتر از مجموع بارندگی سالانه در شش ماهه دوره سرد سال (پاییز و زمستان) رخ دهد، رژیم بارندگی زمستانه دارد.

رابطه ۲-۸: $R < 2T$

R = میانگین مجموع بارندگی سالانه به سانتیمتر، T = میانگین دمای سالانه هوا به سلسیوس.

☞ رژیم بارش همه فصول: هر محلی که پراکندگی بارش در چرخه سالانه به گونه‌ای باشد که درصد بارش هیچ یک از دو دوره گرم یا سرد سال به ۷۰ درصد مجموع بارندگی سالانه نرسد، در گروه رژیم بارندگی همه فصول جای می‌گیرد.

رابطه ۲-۹: $R < 2 \times (T + 7)$

☞ رژیم بارش تابستانه: در سرزمین‌هایی که ۷۰ درصد یا بیشتر از مجموع بارندگی سالانه در شش ماهه دوره گرم سال (بهار و تابستان) رخ دهد، رژیم بارندگی تابستانه دارد.

رابطه ۲-۱۰: $R < 2 \times (T + 14)$

در روش کوپن آب و هوای مناطق خشک که با نشانه (B) بیان شده است به دو تیپ آب و هوای نیمه خشک (BS) و آب و هوای خشک (BW) دسته بندی می‌شود. (S) = از واژه روسی (Steppe) به معنی علفزار و (W) = از واژه آلمانی (Wüste) به معنی بیابان گرفته شده است (فریفته، ۱۳۶۶:۳۸). کوپن مرز میان مناطق خشک و نیمه خشک را همانند آستانه خشکی آب و هوایی، بر پایه رژیم بارندگی و ویژگی‌های دمایی مشخص می‌سازد. تنها تفاوت در این است که سمت راست رابطه‌های سه‌گانه کوپن بر دو تقسیم می‌شود. زیرا مرز میان مناطق خشک و نیمه خشک در واقع آستانه پایینی مناطق نیمه خشک به شمار می‌رود. جایی که میانگین مجموع بارندگی سالانه پایین‌تر از این مرز باشد، بیابان‌های بسیار خشک را پدیدار می‌سازد.

رابطه ۲-۱۱: (برای رژیم بارندگی زمستانه) $R < T$

رابطه ۲-۱۲: (برای رژیم بارندگی همه فصول) $R < T + 7$

رابطه ۲-۱۳: (برای رژیم بارندگی تابستانه) $R < T + 14$

جدول ۲-۴: آستانه خشکی و مرز میان مناطق خشک و نیمه خشک در رابطه کوپن

رژیم بارندگی			آب و هوا
تابستانه	همه فصول	زمستانه	
$R < 2 \times (T + 14)$	$R < 2 \times (T + 7)$	$R < 2T$	B
$R > T+14$	$R > T+7$	$R > T$	BS
$R < T+14$	$R < T+7$	$R < T$	BW

منبع: (فریفته، ۱۳۶۶:۴۰)

۲-۸. شاخص خشکی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)

سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO, 1989)، «شاخص خشکی آب و هوایی» را بر پایه «شاخص نسبت بارش به تبخیر و تعرق پتانسیل» ($\frac{P}{ETP}$) پیشنهاد کرده است. در اینجا: P = بارندگی سالانه و ETP = مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه است که بر پایه رابطه پنمن و با در نظر گرفتن درصد نمناکی هوا، تابش خورشید و سرعت باد محاسبه می‌شود. فائو (۱۹۸۹) سرزمین‌های خشک را به سه گروه «فراخشک» (hyper-arid)، «خشک» (arid) و «نیمه خشک» (semi-arid) تقسیم کرده است. بر پایه شاخص نسبت بارش به تبخیر و تعرق پتانسیل، گستره مناطق فراخشک $\frac{4}{2}$ درصد، خشک $\frac{14}{6}$ درصد و سرزمین‌های نیمه خشک $\frac{12}{2}$ درصد از پهنا زمین را در بر می‌گیرند. یعنی در مجموع سرزمین‌های خشک، نزدیک به یک سوم از کل جهان را پوشش می‌دهند.

۲-۸-۱. منطقه فراخشک

آستانه شاخص خشکی این منطقه آب و هوایی $0/3$ مشخص شده است. مقدار بارندگی کم و ناچیز است و بارندگی سالانه به ندرت از ۱۰۰ میلی‌متر فراتر می‌رود. شمار روزهای بارانی نادر و نامنظم و بارندگی دارای ضریب تغییرپذیری بسیار بالا است. چنانکه گاهی در طی دوره‌های طولانی چند ساله هیچ بارانی نمی‌بارد. سوای اندکی درختچه بسیار پراکنده، برهنه بودن سطح زمین و نبود پوشش گیاهی چشم انداز این سرزمین را می‌آفریند. دامپروری نیز بیشتر به شیوه کوچ نشینی انجام می‌شود.

۲-۸-۲. منطقه خشک

شاخص خشکی این منطقه آب و هوایی بین $0/03$ تا $0/20$ قرار می‌گیرد. مقدار سالانه بارندگی بین 100 تا 300 میلی‌متر و دارای ضریب تغییرپذیری بالا است. رویش گیاهان خودرو یک ساله و چندساله، که چشم‌انداز درختچه‌ها و پوشش‌های گیاهی را به نمایش می‌گذارند در بیشتر جاها، نادر و کمیابند. در این آب و هوا، کشاورزی به کمک آبیاری برپا می‌شود و دامپروری به شیوه کوچ نشینی است.

۲-۸-۳. منطقه نیمه خشک

شاخص خشکی این منطقه در فاصله بین $0/20$ تا $0/50$ جای دارد. مقدار بارندگی سالانه سرزمین‌های نیمه خشک به رژیم بارشی محل بستگی دارد. در مناطق نیمه خشکی که دارای رژیم بارندگی تابستانه هستند، یعنی بیشتر از 70 درصد از مجموع بارش سالانه آن‌ها در دوره گرم سال رخ می‌دهد، بین $300 - 600$ میلی‌متر (آستانه پایینی) تا $800 - 700$ میلی‌متر (آستانه بالایی) بارندگی دارند. در صورتی که جاهایی که رژیم بارشی زمستانه دارند، یعنی بیشتر از 70 درصد از مجموع بارش سالانه محل در دوره سرد سال ریزش می‌کند، مقدار بارندگی بین $250 - 200$ میلی‌متر (آستانه پایینی) تا $500 - 450$ میلی‌متر (آستانه بالایی) متفاوت است. گونه‌های مختلف پوشش گیاهی خودرو، مانند گیاهان خاردار (fortes)، بوته‌ها، درختچه‌ها و درختان در آن دیده می‌شوند. بارندگی و نمناکی هوا می‌تواند فراورده‌های کشاورزی دیم‌کاری کم و بیش پایدار را پشتیبانی کند. در این آب و هوا، دامپروری به شیوه یکجاگزیده (Sedentary) دیده می‌شود.

۲-۹. شاخص خشکی برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP)

«کنوانسیون سازمان ملل متحد برای بیابان زدایی» (UNCCD, 1994) مناطق خشک، نیمه خشک و نیمه نمناک را سرزمین‌هایی نام برده است که در آن نسبت بارندگی به تبخیر و تعرق پتانسیل بین $0/05$ تا $0/65$ قرار داشته باشد. بر پایه این برداشت، شاخص خشکی در «منطقه نیمه نمناک» (Sub-humid zone) نیز مورد توجه است. زیرا هنگامی که میانگین بارش سالانه از میانگین مجموع تبخیر پتانسیل کمتر باشد، شاخص بدست آمده کوچک‌تر از یک خواهد بود. بنابراین می‌توان آستانه شاخص خشکی آب و هوایی را بالاتر از $0/50$ در نظر گرفت و مناطق

نیمه نمناکی هم که بیشتر در حاشیه بیابان‌ها جای دارند را در قلمرو مناطق خشک به حساب آورد. به سخن دیگر، چون شرایط خشکی هوا به صورت سبک در سرزمین‌های نیمه نمناک یافت می‌شود، می‌توان واژه "مناطق خشک" را به این مناطق گسترش داد.

اگر چه سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO, 1989) «منطقه نیمه نمناک» را با شاخص خشکی آب و هوایی $0/50$ تا $0/75$ تعریف کرده است. اما در نگاه این سازمان، از خشکی نسبی این مناطق چشم پوشی شده است و منطقه نیمه نمناک در فراسوی مناطق خشک و نیمه خشک جای داده شده است (تارنمای fao). در صورتی که بر پایه شاخص بیان شده در کنوانسیون سازمان ملل متحد برای بیابان زدایی (۱۹۹۴)، از یک سو آستانه خشکی منطقه نیمه نمناک پایین‌تر از شاخص خشکی فائو (۱۹۸۹) آورده شده و بین $0/50$ تا $0/65$ تعیین شده است. از سوی دیگر، به شاخص خشکی منطقه نیمه نمناک اهمیت داده شده و این مناطق در قلمرو سرزمین‌هایی جای گرفته که از پدیده خشکی در رنج هستند. بر پایه شاخص خشکی آب و هوایی برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNEP) پدیده خشکی را می‌توان در چهار گروه آب و هوایی بررسی کرد (جدول ۲-۵):

جدول ۲-۵: طبقه بندی مناطق خشک بر اساس شاخص خشکی یونپ (UNEP)

آب و هوا	شاخص خشکی	آب و هوا	شاخص خشکی
فرا خشک	$P/ETP < 0/05$	نیمه خشک	$0/2 \leq P/ETP < 0/5$
خشک	$0/05 \leq P/ETP < 0/2$	خشک نیمه نمناک	$0/5 \leq P/ETP < 0/65$

منبع: (طلاوسی و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۸)

۲-۱۰. آستانه چرخه سالانه خشکی در روش گوسن (نمودار آمبروترمیک)

نمایش نگاره‌ای شرایط دمایی هوا و بارش ماهانه یک محل انتخاب شده را نمودار آمبروترمیک (Ombrothermic Diagram) نامند. این نگاره را نخستین بار یک زیست جغرافیدان فرانسوی (Biogeographer and naturalist) به نام مارسل هنری گوسن (Gausson, 1891-1981) پیشنهاد داده است. به باور این گیاه شناس (Botanist)، خشکی هنگامی رخ می‌دهد که مجموع بارندگی یک برج بر حسب میلی‌متر کمتر از دو برابر میانگین دمای روزانه هوای همان برج بر حسب سلسیوس باشد.

رابطه ۲-۱۴:

$$P \leq 2 \times T$$

P = میانگین مجموع بارندگی ماهانه، T = میانگین روزانه دمای هوا در یک برج به سلسیوس.

از ایرادهایی که به این نمودار وارد شده، این است که تنها برای آب و هوای عرض‌های میانه کاربرد دارد. ایراد دیگر این که، تنها با سیستم متریک می‌توان از آن استفاده کرد. به هر حال، نمودار آمبروترمیک برای شناخت آسان آب و هوای هر محل، به ویژه برج‌های خشک سال بسیار کارایی دارد و یادگیری آن بسیار آسان است (تارنمای Wileygeohottopics).

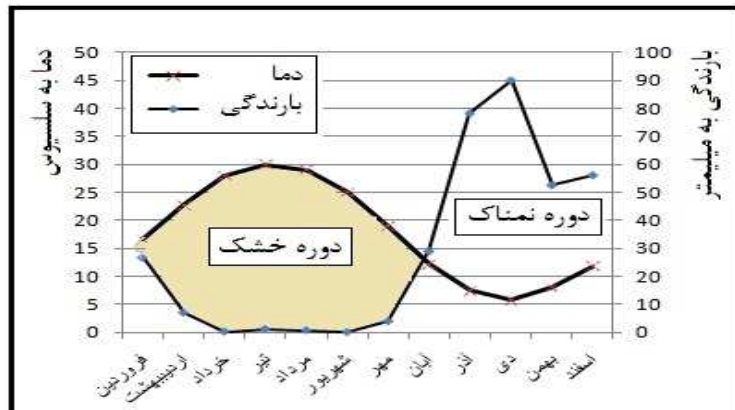
آمبروترمیک بر پایه روش کوپن (۱۹۱۸) استوار است (علیزاده، ۱۳۶۸:۸۰). این نمودار دارای دو ستون میانگین مجموع بارندگی و میانگین روزانه دمای هوا در بازه ماهانه است که روبروی یکدیگر ایستاده‌اند. رسم بر این است که ستون بارندگی در کناره راست و ستون دما در کناره چپ آورده شود. بر پایه رابطه گوسن، درجه‌بندی ستون‌ها به گونه‌ای است که شماره بارندگی بر حسب میلی‌متر دو برابر شماره دمای هوا به سلسیوس انتخاب می‌شود. محور افتاده نمودار نیز نشان دهنده برج‌های سال است.

بر پایه نمودار آمبروترمیک، آستانه خشکی که نشانه آغاز یا پایان دوره خشک است، از هنگامی رخ می‌دهد که مجموع بارش با دو برابر دما هم‌ارز باشد ($P = 2 \times T$). به سخن دیگر، نقاطی از آمبروترمیک که منحنی بارش و دما بر روی یکدیگر می‌افتد، آغاز یا پایان دوره خشک یا آستانه خشکی در چرخه سالانه محل را نشان می‌دهد. پس هر برجی (دوره‌ای) که در آن منحنی دمای هوا بالاتر از منحنی بارش باشد، پدیده خشکی رخ داده است.

مورد کاوی ۲-۱: برای نمونه داده‌های نرمال بارندگی و دمای هوای پایگاه هواشناسی شیراز (عرض شمالی ۲۹:۳۶ و طول خاوری ۵۲:۳۲، با بلندی ۱۴۸۸ متر از سطح دریا) از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۵ میلادی گزینش شد و نمودار آمبروترمیک آن ساخته شد. بر پایه روش کوپن، رژیم بارندگی شیراز زمستانی است و آب و هوایش در گروه آب و هوای مناطق نیمه خشک (BS) جای دارد. بر پایه روش گوسن و نمودار آمبروترمیک، در مجموع هفت برج سال از فروردین تا پایان مهر، دوره خشک سال شیراز را می‌سازند. پنج برج بجا مانده، از آبان تا پایان اسفند نیز دوره نمناک را در چرخه سالانه پدید می‌آورند. توجه شود که آستانه خشکی (نسبت بارندگی به دما) در آغاز دوره خشک (فروردین) بالاتر از پایان آن (آبان) است. چرا؟

جدول ۲-۶: میانگین بارندگی و دمای هوا در شهر شیراز (۱۹۵۱ - ۲۰۰۵)

برج	دما	بارش	خشکی	برج	دما	بارش	خشکی
فروردین	۱۶/۶	۲۶/۷	*	مهر	۱۸/۹	۳/۹	*
اردیبهشت	۲۲/۷	۷	*	آبان	۱۲/۱	۲۸/۹	*
خرداد	۲۷/۹	۰/۲	*	آذر	۷/۴	۷۸/۴	*
تیر	۳۰	۱/۲	*	دی	۵/۷	۹۰/۲	*
مرداد	۲۹	۰/۷	*	بهمن	۸	۵۲/۶	*
شهریور	۲۵	۰	*	اسفند	۱۱/۸	۵۶/۲	*
درصد بارش دوره گرم		۱۰/۴	درصد بارش دوره سرد		۸۹/۶		
میانگین دمای هوا در بازه سال به سلسیوس							
۱۷/۹							
میانگین مجموع بارش در بازه سال به میلی‌متر							
۳۴۶							



شکل ۲-۱: نمودار آمبروترمیک شهر شیراز (۱۹۵۱ - ۲۰۰۵)

۲-۱۱. محاسبه ضریب قاره‌ای

افت و خیز تند و سریع دمای هوا در بازه شبانه‌روزی و فصلی یکی از برجسته‌ترین ویژگی‌های آب و هوای سرزمین‌های خشک به شمار می‌رود. چرا که خشکی هوا یا کمبود بخار آب در اتمسفر است که اجازه می‌دهد تا دما در یک دامنه گسترده‌ای نوسان کند. بخار آب یک گاز گلخانه‌ای به شمار می‌رود که با پالایش پرتوهای کوتاه موج خورشیدی و به دام انداختن تابش فرا سرخ زمینی، گرمای روزانه (تابستانی) و سرمای شبانه (زمستانی) را لگام می‌کند. از آنجایی که دریاها سرچشمه بخار آب هوا محسوب می‌شوند، با دور شدن از دریا از درصد نمناکی هوا کاسته شده و به همان نسبت بر ضریب خشکی هوا افزوده می‌شود. پس می‌توان گفت که میان "دامنه نوسان فصلی و شبانه‌روزی دمای هوا" با "دوری و نزدیکی به دریا" پیوند تنگاتنگی وجود دارد. به دیگر سخن، میان خشکی هوا با دوری از دریا پیوند همسویی دیده می‌شود.

نوسان سالانه دما با عرض جغرافیایی نیز پیوند بسیار نزدیکی دارد. همان‌طوری که با دور شدن از استوا به سوی دو قطب زمین، تفاوت فصلی زاویه تابش و مدت تابش خورشید در طول سال افزایش می‌یابد به همان نسبت اختلاف فصلی دمای هوا نیز بیشتر می‌شود. از آنجایی که افزایش نوسان دما با خشکی هوا پیوندی نزدیک و همسو دارد، بنابراین برخی از پژوهشگران عرض جغرافیایی را برای تعیین خشکی هوا مورد توجه قرار داده‌اند.

بطور کلی میان "دامنه افت و خیز سالانه دمای هوا" از یک سو با "جایگاه هر سرزمین" و "دوری و نزدیکی محل به دریا" از سوی دیگر، پیوند تنگاتنگی وجود دارد. این پیوند به پژوهشگران کمک می‌کند تا نوسان سالانه دمای هوا را همچون ترازویی برای سنجش ضریب قاره‌ای بودن (Continentality) آب و هوای هر محل مشخص بکار برند.

نوسان‌های اندک دمایی نشانه آب و هوای نمناک و اقیانوسی و افت و خیزهای بالای دمای هوا بیانگر آب و هوای خشک و قاره‌ای می‌باشد. به سخن دیگر، درجه قاره‌ای بودن در دماهای بالاتر تابستانی و در دماهای پایین‌تر زمستانی بروز می‌نماید.

از ویژگی‌های آب و هوای قاره‌ای نسبت به آب و هوای اقیانوسی می‌توان به کمتر بودن نمناکی هوا، کمتر بودن ابرناکی آسمان، کمتر بودن بارندگی و به عوض افزایش شدت پرتوهای خورشیدی و افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل اشاره کرد. بطور کلی آب و هوای قاره‌ای در جایی دیده می‌شود که نقش دریا به کمترین آستانه خود رسیده باشد.

برای تشخیص درجه قاره‌ای بودن هر محل تلاش شده است تا به کمک یافتن رابطه ریاضی میان افت و خیز دمای هوا با عرض جغرافیایی بتوان درجه قاره‌ای آن محل را تعیین کرد. زنکر (Zenker, 1888) بر پایه درصد نسبت دامنه نوسان فصلی دمای هوا (A) به عرض جغرافیایی محل (Φ) رابطه خود را آزمون کرد و برای تعیین درجه قاره‌ای بودن آب و هوای هر محل (K) آن را پیشنهاد کرد (جعفرپور، ۱۳۶۷).

$$K = \frac{A}{\Phi} \times 100 \quad \text{رابطه ۲-۱۵:}$$

A = میانگین دامنه نوسان فصلی دمای هوا میان بیشینه دمای روزانه گرم‌ترین برج سال و کمینه دمای سردترین برج سال به سلسیوس،
 Φ = عرض جغرافیایی محل،
 K = ضریب قاره‌ای بودن آب و هوا.

شرپ فر (Schrepfer) رابطه خود را به گونه‌ای پیشنهاد کرد که کاربرد آن برای دریایی‌ترین پایگاه هواشناسی اروپا در تورزهافن (Thorshaven) برابر با صفر بود و برای قاره‌ای‌ترین پایگاه آسیایی در ورخویانسک (Verkhoyansk) به ۱۰۰ می‌رسید (علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۱: ۱۲۸).

$$K = 100 \times \frac{8}{7} \times \frac{A}{\Phi} - 14 \quad \text{رابطه ۲-۱۶:}$$

از آنجایی که فاکتور عرض جغرافیایی به تنهایی در مخرج کسر نوشته می‌شد و می‌توانست کاربرد رابطه ضریب قاره‌ای بودن را برای مناطق میان مداری و استوایی بی معنی سازد. بنابراین، گورژینسکی (Gorzynski, 1920) سینوس عرض جغرافیایی ($\sin\Phi$) را در رابطه خود جایگزین کرد. سپس دانشمندانی چون کنراد (Conrad, 1950) و پولاک (Pollak) این رابطه را بطور گسترده در پژوهش‌های خود بکار بردند (علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۱: ۱۲۸).

$$K = 1.7 \times \frac{A}{\sin(\Phi+10)} - 14 \quad \text{رابطه ۲-۱۷:}$$

جانسون (Janson, 1921) نیز رابطه خود را برای تعیین درجه قاره‌ای بودن هر آب و هوا با توجه به مشکل عرض جغرافیایی سرزمین‌های میان مداری و استوایی پیشنهاد کرده است. بر

پایه پژوهش‌های صورت گرفته، درجه قاره‌ای بودن (K) برای خشک‌ترین سرزمین جهان ۱۰۰ درصد و برای نمناک‌ترین جای زمین برابر صفر می‌باشد (طلاوسی، ۱۳۷۲: ۱۲۶).

$$K = 1.6 \times \frac{A}{\sin \Phi} - 14 \quad \text{رابطه ۲-۱۸:}$$

ایوانف (Iwanow, 1959) رابطه خود را با توجه به نوسان‌های فصلی (AY) و شبانه‌روزی دما (AD) و کسری اشباع (D) پیشنهاد نمود. این رابطه در جهان کاربرد گسترده‌ای یافت (علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۱: ۱۲۸). این رابطه ضریب قاره‌ای بودن (K) را از ۳۱ درصد در اقیانوسی‌ترین آب و هوا تا بیش از ۲۱۴ درصد در خشک‌ترین آب و هوا نشان می‌دهد (جعفرپور، ۱۳۶۷: ۵۱). در رابطه ایوانف، ضریب ۱۰۰ برای کرانه‌های دریایی بدست می‌آید. بر پایه این رابطه، ضریب قاره‌ای ۳۷ درصد برای جزیره بسیار نمناک ماکواری (Mac Quarie) در جنوب نیوفوندلند و درجه قاره‌ای ۲۵۰ تا ۲۶۰ درصد برای بیابان‌های خشک و کم باران درون قاره‌ای آسیای میانه و صحرای بزرگ آفریقا بدست آمده است (علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۱: ۱۲۸).

$$K = 100 \times \frac{AY+AD+0.25D}{0.36\Phi+14} \quad \text{رابطه ۲-۱۹:}$$

AY = دامنه نوسان فصلی دمای هوا در سال به سلسیوس،

AD = دامنه افت و خیز شبانه‌روزی دمای هوا به سلسیوس،

D = کمبود اشباع یا تفاوت میان فشار بخار آب موجود در هوا با فشار بخار آب در آستانه اشباع هوا در دمای مشخص.

جدول ۲-۷: آستانه‌های درجه قاره‌ای بودن هر آب و هوا در روش ایوانف

ضریب	آب و هوا	ضریب	آب و هوا
۱۴۷ - ۱۷۷	قاره‌ای	$0.00 < 1.00$	اقیانوسی و دریایی
۱۷۸ - ۲۱۴	قاره‌ای شدید	۱۰۱ - ۱۲۱	قاره‌ای ناچیز
$214 < 0.00$	قاره‌ای بسیار شدید	۱۲۲ - ۱۴۶	قاره‌ای ملایم