

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

آب و هوای کره زمین

تألیف:

دکتر حسن ذوالفقاری

(عضو هیأت علمی دانشگاه رازی)

انتشارات دانشگاه رازی

۱۳۹۳

Global Climate

سرشناسه	: ذوالفقاری، حسن، ۱۳۴۵
عنوان	: آب و هوای کره زمین/تألیف حسن ذوالفقاری.
مشخصات نشر	: کرمانشاه، دانشگاه رازی، ۱۳۹۳=۲۰۱۴ م.
مشخصات ظاهری	: غ+۲۸۲ ص، مصور، جدول، نمودار، نقشه.
فروست	: دانشگاه رازی؛ ۳۲۳.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۵۴۵۸-۸۷-۹
یادداشت	: پشت جلد به انگلیسی:
یادداشت	: کتاب نامه
یادداشت	: نمایه
موضوع	: هواشناسی- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	: اقلیم شناسی- راهنمای آموزشی (عالی)
شناسه افزوده	: دانشگاه رازی
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۳ ۹۴۲ / ذ / QCA۶۱/۲
رده بندی دیویی	: ۵۵۱/۵



دانشگاه رازی

۳۲۳

انتشارات دانشگاه رازی

عنوان کتاب: آب و هوای کره زمین

تألیف: دکتر حسن ذوالفقاری

ویراستار فنی و صفحه آرا: وحید دامن افشان

ناشر: دانشگاه رازی

تاریخ و نوبت چاپ: ۱۳۹۳-اول

شمارگان: ۱۰۰۰

قیمت: ۱۲۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۴۵۸-۸۷-۹

قطع: وزیری

مراکز پخش: تهران: مرکز نشر دانشگاهی ۸۸۵۵۶۱۶۸؛ کتابیران ۱۵-۶۶۵۶۶۵۱۰؛ دانشیران ۶۶۴۱۶۱۷۶

کرمانشاه: مرکز چاپ و نشر دانشگاه رازی، تلفکس ۰۸۳-۳۴۲۶۶۷۵۰-۳۴۲۸۰۸۰۲

آدرس رایانامه: publication@razi.ac.ir

مسئولیت درستی مطالب به عهده نویسنده است.

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

تقدیم به خانواده‌ام

که با تحمل انواع سختی‌ها،

همکار و همیار من در این اثر بوده‌اند.

پیش‌گفتار

از زمانی که آب‌وهوا را شرایط میانگین عناصر جوی و یا میانگین هوای یک مکان معین تعریف کرده‌اند، سال‌ها می‌گذرد. با تحولاتی که طی دهه‌های اخیر در علوم و فناوری‌ها از یک سو و تغییرات جوی از سوی دیگر رخ داده است، دانشمندان به رویکردهای علمی جدیدی در تمام حوزه‌ها از جمله آب‌وهواشناسی دست یافته‌اند؛ به طوری که امروزه بسیاری از آب‌وهواشناسان معتقدند میانگین درازمدت عناصر جوی یک مکان نمی‌تواند شاخص خوبی برای شناسایی و تعیین ویژگی‌های آب‌وهوایی آن باشد. شناسایی سامانه‌ها، فرایندهای جوی مختلف و برهم‌کنش‌های درازمدت آن‌ها در یک مکان، نه بر اساس میانگین عناصر جوی بلکه بر اساس درک سیستمی از رفتارهای کلیه عناصر و عوامل آب‌وهوایی آن امکان‌پذیر است؛ بنابراین یک آب‌وهواشناس نمی‌تواند صرفاً به کار جمع‌آوری یک سری داده‌ها و اطلاعات از عناصر جوی، تعیین میانگین‌های درازمدت، تفسیر، توصیف، مقایسه و پهنه‌بندی آن‌ها بپردازد؛ بلکه باید با یک نگرشی سیستمی به آب‌وهوا، برهم‌کنش‌های سامانه جو-اقیانوس و خشکی را در تمام مقیاس‌های زمانی و مکانی شناسایی و تحلیل نماید. طبق این دیدگاه، آب‌وهواشناسی دانشی است که وظیفه آن بررسی شارهای انرژی، ماده و تکانه در بین مؤلفه‌های سامانه بزرگ آب‌وهوایی یعنی جو، آب‌کره، یخ‌کره، سنگ‌کره و زیست‌کره است.

سال‌ها به عنوان دانشجوی آب‌وهواشناسی و سپس سال‌های بیشتری به عنوان معلم آب‌وهواشناسی در دانشگاه، همواره جای خالی اثری ساده‌تر برای درس آب‌وهوای کره زمین را احساس نموده‌ام. نیازی به توضیح نیست که به هیچ‌وجه قصد ندارم زحمات و آثار ارزشمند اساتید و اندیشمندان را زیر سؤال برده و یا کارهای علمی آن‌ها را کم‌ارزش جلوه دهم؛ بلکه ضمن قدردانی و ادای احترام به محضر تمامی عزیزان، بر وجود نارسایی در زمینه درس آب‌وهوای کره زمین تأکید می‌نمایم. اعتقاد دارم چیزی که یک دانشجو می‌فهمد و درک می‌کند، در مقابل چیزی که من به عنوان یک معلم طرح می‌نمایم، اهمیت بیشتری دارد؛ از این رو نظرم بر این است که منابع ارائه شده به عنوان درس آب‌وهوای کره زمین تا به حال نتوانسته‌اند حق مطلب را در این زمینه به طور کامل ادا نموده و رضایت مشترک دانشجویان و مدرسان را جلب نمایند. با توجه به این مهم بود که اینجانب به عنوان عضوی کوچک از خانواده بزرگ جغرافیا و آب‌وهواشناسی ایران، بر حسب وظیفه دست به تهیه این کتاب زده‌ام. نه تنها هیچ ادعایی در برتری و کمال این کار ندارم، بلکه بیش از هر کس دیگری به ضعف توانایی‌های علمی خود و اشکالات این اثر آگاهی دارم؛ ولی تأکید می‌نمایم که تمام توان خود را مصروف کاری مهم نموده‌ام و امیدوارم بتواند گامی ولو کوچک و رو به جلو در جهت اعتلای دانش ارزشمند آب‌وهواشناسی باشد.

با بهره‌گیری از رویکرد بزرگان و دیدگاه غالب در درس آب‌وهوای کره زمین، در این کتاب نیز کره زمین به دو منطقه وسیع آب‌وهوایی یعنی حاره و برون‌حاره تقسیم گردیده و ویژگی‌های هر منطقه به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. اگر چه بر اساس نگرش سیستمی به آب‌وهوا نمی‌توان جایی از کره زمین را دارای آب‌وهوای مستقلی تصور نمود، ولی به لحاظ ماهیت سامانه‌ها و زیرسامانه‌های آب‌وهوایی حاکم بر بخش‌های اصلی کره زمین، می‌توان سامانه‌های آب‌وهوایی گوناگونی را در بخش‌های مختلف جهان شناسایی نموده و فرایندهای خرد و کلان آن‌ها را به طور جداگانه مورد بررسی قرار داد. با این رویکرد، کتاب آب‌وهوای کره زمین بر اساس سرفصل‌های درس آب‌وهوای کره زمین برای دوره کارشناسی رشته آب‌وهواشناسی در سه بخش و دوازده فصل تهیه و تنظیم گردیده است.

در بخش اول با هدف آشنایی دانشجویان با مفاهیم و ماهیت سامانه آب‌وهوایی زمین و ویژگی‌های هر کدام از زیرسامانه‌های آن، سعی شده است جنبه‌های مهم و اساسی سامانه آب‌وهوایی کره زمین و گردش انرژی، ماده و تکانه در درون سامانه بزرگ آب‌وهوایی مطرح

پیش‌گفتار ج

شود تا از این طریق دانشجویان ضمن آشنایی با مفاهیم اصلی این بخش، در تحلیل ویژگی‌های آب‌وهوایی مناطق مختلف، دیدگاه سیستمی جامع‌تری کسب نمایند. در بخش دوم کتاب که خود مشتمل بر چندین فصل است، آب‌وهوای منطقه حاره همراه با تمام فرایندهای جوی حاکم بر سامانه آب‌وهوایی این منطقه آب‌وهوایی تشریح شده است. الگوهای گردشی بزرگ مقیاس، روابط دورپیوندی بین سامانه‌های آب‌وهوایی، سامانه‌های گردش موسمی و اغتشاشات کوچک مقیاس این منطقه آب‌وهوایی در حد امکان مورد بررسی قرار گرفته است.

در بخش سوم کتاب که به آب‌وهوای برون‌حاره اختصاص یافته است، سعی شده است فرایندهای جوی و سامانه‌های گردشی آب‌وهوای منطقه برون‌حاره اعم از عرض‌های میانی و عرض‌های بالا که از نظر ماهیت و ساختار، تفاوت‌های اساسی با سامانه‌های منطقه حاره را نشان می‌دهند، مورد بررسی قرار بگیرد. در این بخش نیز که خود در برگزیده چندین فصل جداگانه است، گردش عمومی جوی، روابط دورپیوندی جو-اقیانوس-خشکی، سامانه‌های هم‌دید و اغتشاشات برون‌حاره تشریح گردیده است. به لحاظ برخی تفاوت‌های مهم و اساسی در ساختار سامانه‌های آب‌وهوایی مناطق قطبی با دیگر نواحی منطقه برون‌حاره، آب‌وهوای قطب جنوب و قطب شمال به صورت فصل‌های جداگانه ارائه شده است.

لازم می‌دانم از مساعدت‌های همکاران محترم گروه جغرافیای دانشگاه رازی به ویژه همکار گرامی جناب آقای دکتر جعفر معصوم‌پور سماکوش به خاطر تهیه برخی از منابع این کتاب، صمیمانه قدردانی نمایم. همچنین از زحمات مسئولین تلاشگر حوزه چاپ و نشر دانشگاه رازی مخصوصاً خانم رنجبر که از هیچ نوع همکاری و مساعدتی دریغ نکردند، تشکر می‌کنم.

حسن ذوالفقاری

کرمانشاه، بهار ۱۳۹۳

فهرست مطالب

ت	پیش‌گفتار
ص	فهرست شکل‌ها
۱	بخش اول سامانه آب‌وهوایی
۵	۱ مؤلفه‌ها و بازخوردهای سامانه آب‌وهوایی
۵	مقدمه
۶	۱.۱ جو
۱۱	۱.۱.۱ گازهای گلخانه‌ای و اثر گلخانه‌ای
۱۳	۲.۱ آب‌کره
۱۷	۳.۱ یخ‌کره
۲۰	۱.۳.۱ ویژگی‌های یخ‌کره
۲۱	۴.۱ سنگ‌کره

۲۲	زیست‌کره	۵.۱
۲۴	بازخوردهای سامانه آب‌وهوایی	۶.۱
۲۷	بازخورد یخ-سپیدایی	۱.۶.۱
۲۷	بازخورد دی‌اکسید کربن	۲.۶.۱
۲۷	بازخورد بخار آب	۳.۶.۱
۲۸	بازخورد پوشش گیاهی-آب‌وهوا	۴.۶.۱
۳۰	بازخورد ابر	۵.۶.۱
۳۰	خلاصه اثرات مؤلفه‌های سامانه آب‌وهوایی	۷.۱
۳۱	پرسش‌های مروری	
۳۳	گردش انرژی، ماده و تکانه در سامانه آب‌وهوایی	۲
۳۳	مقدمه	
۳۴	گردش انرژی در سامانه آب‌وهوایی	۱.۲
۳۷	اهمیت تابش خورشیدی برای سامانه آب‌وهوایی	۱.۱.۲
۳۸	مدت تابش	۲.۱.۲
۳۹	شدت تابش	۳.۱.۲
۴۰	اثر مرکب مدت و شدت تابش	۴.۱.۲
۴۲	تابش زمینی	۵.۱.۲
۴۳	موازنه تابش	۶.۱.۲
۴۶	گردش ماده در سامانه آب‌وهوایی	۲.۲
۴۸	گردش کربن	۱.۲.۲
۴۹	گردش آب	۲.۲.۲
۵۱	نقش بخار آب و ابر در سامانه آب‌وهوایی	۱.۲.۲.۲
۵۳	گردش تکانه در سامانه آب‌وهوایی	۳.۲
۵۵	مدل سه سلولی هوا و گردش تکانه	۱.۳.۲
۶۲	پرسش‌های مروری	

۶۳	بخش دوم آب‌وهوای منطقه حاره
۶۵	۳ گردش عمومی هوا در منطقه حاره
۶۵	۱.۳ مرزهای منطقه حاره
۶۶	۲.۳ ویژگی‌های دمایی منطقه حاره
۶۷	۳.۳ تغییرات شبانه‌روزی دما در منطقه حاره
۶۹	۴.۳ اثر ارتفاع در منطقه حاره
۶۹	۵.۳ گردش عمومی هوا در منطقه حاره
۷۰	۱.۵.۳ مدل هدلی
۷۱	۲.۵.۳ کمربند همگرایی حاره‌ای
۷۴	۳.۵.۳ پرفشارهای جنب حاره‌ای
۷۷	۴.۵.۳ بادهای تجارتی
۸۱	۶.۳ گردش جو بالا در عرض‌های پایین
۸۱	۱.۶.۳ رودباد جنب حاره‌ای
۸۲	۲.۶.۳ رودباد شرقی منطقه حاره
۸۴	۳.۶.۳ رودباد میانه تروپوسفر در غرب آفریقا
۸۴	۴.۶.۳ رودباد سطح پایین شرق آفریقا
۸۵	پرسش‌های مروری
۸۷	۴ الگوهای دورپیوندی در منطقه حاره
۸۷	۱.۴ گردش اقیانوسی در منطقه حاره
۹۱	۲.۴ الگوهای دورپیوندی و تغییرات چرخه‌ای
۹۱	۱.۲.۴ نوسان شبه دوسالانه
۹۲	۲.۲.۴ نوسان ۴۰-۵۰ روزه
۹۴	۳.۲.۴ گردش واکر و نوسان انسو
۱۰۲	۴.۲.۴ نوسان دو قطبی اقیانوس هند

۱۰۴	تغییرات شبانه‌روزی گردش منطقه حاره	۳.۴
۱۰۵	نسیم‌های دریا و خشکی	۱.۳.۴
۱۰۷	بادهای کوه و دره	۲.۳.۴
۱۰۸	پرسش‌های مروری	
۵ گردش‌های جوی موسمی در منطقه حاره		
۱۱۱	مفهوم مونسون یا موسمی	۱.۵
۱۱۲	علل شکل‌گیری موسمی‌ها	۲.۵
۱۱۳	چرخه سالانه موسمی‌ها	۳.۵
۱۱۴	تغییرپذیری موسمی‌ها	۴.۵
۱۱۴	سامانه‌های موسمی ناحیه‌ای	۵.۵
۱۱۵	موسمی هند	۱.۵.۵
۱۱۷	موسمی‌های شرق آسیا	۲.۵.۵
۱۱۸	موسمی تابستانی شرق آسیا	۱.۲.۵.۵
۱۱۹	موسمی زمستانی شرق آسیا	۲.۲.۵.۵
۱۲۱	موسمی استرالیا	۳.۵.۵
۱۲۳	موسمی‌های آفریقا	۴.۵.۵
۱۲۷	پرسش‌های مروری	
۶ اغتشاشات جوی منطقه حاره		
۱۲۹	شرایط عمومی	۱.۶
۱۳۰	طوفان‌های تندری	۲.۶
۱۳۳	سامانه‌های خطی	۳.۶
۱۳۷	امواج شرقی	۴.۶
۱۴۰	چرخندهای حاره‌ای	۵.۶
۱۴۶	پرسش‌های مروری	

۱۴۷	بخش سوم آب‌وهوای منطقه برون‌حاره
۱۴۹	۷ گردش جوی برون‌حاره
۱۴۹	۱.۷ مروری بر گردش عمومی هوا
۱۵۱	۲.۷ نقش اقیانوس‌ها در گردش جوی برون‌حاره
۱۵۲	۳.۷ بادهای غربی
۱۵۴	۴.۷ امواج راسبی و اصل چرخندگی
۱۶۱	۵.۷ امواج کوتاه
۱۶۳	پرسش‌های مروری
۱۶۵	۸ توده‌های هوا و سامانه‌های جوی بزرگ
۱۶۵	مقدمه
۱۶۶	۱.۸ توده‌های هوا
۱۶۷	۱.۱.۸ نواحی منشأ و انواع توده‌های هوا
۱۶۹	۲.۱.۸ خصوصیات توده‌هواها
۱۶۹	۳.۱.۸ توده‌هواهای آمریکای شمالی
۱۷۴	۴.۱.۸ توده‌هواهای آسیا
۱۷۵	۵.۱.۸ توده‌هواهای اروپا
۱۷۷	۲.۸ جنبه‌زایی در عرض‌های میانی
۱۷۷	۱.۲.۸ مناطق اصلی جنبه‌زایی در عرض‌های میانی
۱۷۹	۳.۸ رودباد جنبه قطبی
۱۷۹	۱.۳.۸ خصوصیات رودباد جنبه قطبی
۱۸۰	۴.۸ چرخندهای جنبه‌ای
۱۸۳	۱.۴.۸ انواع جنبه‌ها
۱۸۶	۵.۸ چرخندزایی
۱۸۹	۱.۵.۸ مسیرهای چرخندی اروپا

۱۹۰	چرخندهای اقیانوس اطلس	۲.۵.۸
۱۹۱	چرخندهای حوضه دریای مدیترانه	۳.۵.۸
۱۹۱	مسیرهای چرخندی آمریکای شمالی	۴.۵.۸
۱۹۴	نیمکره جنوبی	۵.۵.۸
۱۹۶	تغییر در فعالیت‌های چرخندی و مسیرهای چرخندی	۶.۸
۱۹۶	واچرخندها	۷.۸
۱۹۷	نیمکره شمالی	۱.۷.۸
۱۹۹	اوراسیا	۲.۷.۸
۲۰۲	آمریکای شمالی	۳.۷.۸
۲۰۲	الگوهای مانع یا پدیده‌های بلوکینگ در نیمکره شمالی	۴.۷.۸
۲۰۴	واچرخندهای نیمکره جنوبی	۵.۷.۸
۲۰۶	پرسش‌های مروری	
۲۰۷	سامانه‌های فشار متوسط و اغتشاشات جوی کوچک	۹
۲۰۷	طوفان تندری	۱.۹
۲۰۹	آبرطوفان تندری	۲.۹
۲۱۰	خطوط طوفان	۳.۹
۲۱۲	ترنادو	۴.۹
۲۱۵	ساختار ترنادو	۱.۴.۹
۲۱۶	چرخه عمر ترنادو	۲.۴.۹
۲۱۶	توزیع جغرافیایی ترنادو	۳.۴.۹
۲۱۶	پرسش‌های مروری	
۲۱۹	الگوهای دورپیوندی و آب‌وهوای منطقه برون‌حاره	۱۰
۲۲۰	نوسان قطب شمال و قطب جنوب	۱.۱۰
۲۲۲	نوسان اطلس شمالی (NAO)	۲.۱۰
۲۲۵	نوسان اقیانوس آرام-آمریکای شمالی	۳.۱۰

فهرست مطالب س

۲۲۷	۴.۱۰ نوسان دهساله اقیانوس آرام
۲۲۹	۵.۱۰ نوسان دریای شمال- دریای خزر
۲۳۰	۶.۱۰ نوسان چند دهه‌ای اقیانوس اطلس
۲۳۲	پرسش‌های مروری
۲۳۵	۱۱ آب‌وهوای مناطق قطبی (جنوبگان)
۲۳۵	مقدمه
۲۳۶	۱.۱۱ مختصات جنوبگان
۲۳۷	۲.۱۱ آب‌وهواشناسی سطح زمین
۲۴۰	۱.۲.۱۱ بادهای کاتاباتیک
۲۴۱	۲.۲.۱۱ داده‌های جو بالا
۲۴۲	۳.۲.۱۱ یخ دریا
۲۴۳	۴.۲.۱۱ عناصر اقلیمی دیگر
۲۴۴	۳.۱۱ ویژگی‌های گردش جوی و بادهای سطح بالا
۲۴۵	۴.۱۱ تغییرات فشار سطحی
۲۴۶	۵.۱۱ چرخندزایی
۲۵۰	۶.۱۱ رودباد شبانه قطبی (PNJ) و تخریب ازن استراتوسفری
۲۵۰	۱.۶.۱۱ واکنش‌های شیمیایی تخریب لایه ازن
۲۵۱	پرسش‌های مروری
۲۵۳	۱۲ آب‌وهوای مناطق قطبی (شمالگان)
۲۵۳	۱.۱۲ مختصات قطب شمال
۲۵۵	۲.۱۲ درجه حرارت
۲۵۸	۳.۱۲ الگوهای دورپیوندی و نوسان‌های دمایی
۲۵۹	۱.۳.۱۲ بارندگی
۲۵۹	۲.۳.۱۲ عناصر اقلیمی دیگر

ش فهرست مطالب

۲۶۱	۴.۱۲ یخ دریا
۲۶۲	۵.۱۲ تغییر اقلیم در قطب شمال
۲۶۳	۶.۱۲ گردش عمومی هوا در شمالگان
۲۶۴	۷.۱۲ فشار سطحی و بادهای
۲۶۴	۸.۱۲ چرخندزایی
۲۶۶	۹.۱۲ واچرخندها
۲۶۷	۱۰.۱۲ رودباد شبانه قطب شمال (PNJ) و تخریب ازن استراتوسفری
۲۶۸	۱۱.۱۲ مقایسه ویژگی‌های اقلیمی قطب شمال و قطب جنوب
۲۶۹	پرسش‌های مروری

۲۷۱

منابع

۲۷۵

نمایه

فهرست شکل‌ها

- ۱.۱ نمایش ساده‌ای از سامانه آب‌وهوایی کره زمین، فرایندها و برهم‌کنش‌ها . . . ۶
- ۲.۱ لایه‌های جو زمین همراه با ویژگی‌های دمایی آن‌ها ۷
- ۳.۱ نقشه فشار سطح دریا برای ایالات متحده آمریکا در روز چهارم ماه می . . . ۹
- ۴.۱ نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی آمریکای شمالی برای روز ۲۷ ژوئن ۲۰۱۲ . . . ۱۰
- ۵.۱ چرخه آب در سامانه آب‌وهوایی ۱۵
- ۶.۱ توپوگرافی پهنه‌های یخی جنوبگان و گرینلند ۱۹
- ۷.۱ اثر توپوگرافی بر روی خصوصیات توده‌های هوای در حال صعود و فرود . . . ۲۱
- ۸.۱ اثر توپوگرافی بر میانگین بارش سالانه ۲۲
- ۹.۱ تولید دی‌متیل سولفید (DMS) توسط فیتوپلانکتون‌ها در اقیانوس ۲۴
- ۱۰.۱ انواع بازخوردها در یک سامانه ۲۶
- ۱۱.۱ بازخورد گاز دی‌اکسید کربن و گرمایش جهانی ۲۸
- ۱۲.۱ بازخورد تبخیر و ابرناکی در سامانه آب‌وهوایی ۲۸
- ۱۳.۱ بازخوردهای پوشش گیاهی و سامانه آب‌وهوایی ۳۰

۱۴.۱	بازخوردهای دوگانه ابر در سامانه آب‌وهوایی زمین	۳۱
۱.۲	طیف الکترومغناطیسی تابش خورشید	۳۵
۲.۲	توزیع انرژی تابشی خورشید و زمین	۳۷
۳.۲	طول روز و تابش خورشیدی دریافتی در عرض‌های جغرافیایی مختلف	۳۸
۴.۲	ارتفاع خورشید در ظهر محلی در عرض‌های جغرافیایی مختلف	۴۰
۵.۲	توزیع فصلی تابش خورشید در رأس جو برحسب مگاژول در متر مربع	۴۱
۶.۲	میانگین سالانه تابش خورشیدی رسیده در یک متر مربع	۴۲
۷.۲	موازنه انرژی خورشیدی در جو	۴۵
۸.۲	میانگین سالانه تابش خورشیدی رسیده و گسیل شده	۴۶
۹.۲	مقادیر تابش خالص در رأس جو بر حسب وات بر متر مربع	۴۷
۱۰.۲	گردش کرین در سامانه اقلیمی زمین	۵۰
۱۱.۲	متوسط جهانی رطوبت ویژه	۵۲
۱۲.۲	حجم در گردش آب بین حوزه‌های مختلف چرخه آب جهانی	۵۴
۱۳.۲	طرحی شماتیک از انتقال تکانه زاویه‌ای از زمین به جو و از جو به زمین	۵۷
۱۴.۲	طرح سه سلولی گردش عمومی هوا	۵۹
۱۵.۲	متوسط فشار جوی سطح دریا در گستره جهان برای ماه ژانویه	۶۰
۱۶.۲	متوسط فشار جوی سطح دریا در گستره جهانی برای ماه ژوئیه	۶۱
۱.۳	مرزهای جغرافیایی منطقه حاره	۶۶
۲.۳	میانگین دامنه تغییرات دما در عرض‌های جغرافیایی پایین	۶۷
۳.۳	متوسط دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما در منطقه حاره	۶۸
۴.۳	الگوی جریان هوای کره زمین در مدل تک سلولی هدلی	۷۱
۵.۳	موقعیت مراکز پرفشار جنب حاره‌ای	۷۲
۶.۳	گسترش جغرافیایی بادهای تجارتی در ژانویه و ژوئیه	۷۸
۷.۳	یک مقطع ساده نصف‌النهاری از ساختار سه لایه بادهای تجارتی	۷۹
۸.۳	خصوصیات انتقال توده‌هواها در جریان بادهای تجارتی	۸۰

ط فهرست شکل‌ها

۸۲	موقعیت متوسط رودبادهای جنب حاره‌ای و جبهه قطبی در هر دو نیمکره	۹.۳
۸۳	رودباد شرقی حاره‌ای	۱۰.۳
۸۵	پیشرفت ماهانه هسته رودباد سطح پایین در شرق آفریقا	۱۱.۳
۸۸	جریان‌های سطحی و عمقی اقیانوسی	۱.۴
۸۹	حلقه‌های جنب حاره‌ای در نیمکره شمالی	۲.۴
۹۴	موقعیت نوسان مادر-جولیان و تغییرات جوی وابسته به آن	۳.۴
۹۵	الگوهای گردش واکر	۴.۴
۹۷	شاخص نوسان جنوبی	۵.۴
۹۹	ساختار اقیانوس آرام	۶.۴
۱۰۰	ناهنجاری‌های اساسی در سطح کره زمین در جریان رخداد پدیده انسوی گرم	۷.۴
۱۰۱	همبستگی فشار متوسط سالانه سطح دریا با دو سلول اصلی نوسان جنوبی	۸.۴
۱۰۲	ناهنجاری‌های اقلیمی سطح زمین طی پدیده انسوی سرد	۹.۴
۱۰۳	النیوی مودوکی در اقیانوس آرام مرکزی	۱۰.۴
۱۰۴	نوسان دو قطبی اقیانوس هند	۱۱.۴
۱۰۵	ساختار نسیم‌های دریا و خشکی	۱۲.۴
۱۰۸	ساختار بادهای کاتاباتیک و آناباتیک	۱۳.۴
۱۱۲	نواحی متأثر از بادهای موسمی در سطح زمین	۱.۵
۱۱۶	موسمی تابستانی	۲.۵
۱۲۰	موسمی زمستانی شرق آسیا	۳.۵
۱۲۲	موسمی فعال استرالیا	۴.۵
۱۲۴	گردش جوی بر روی آفریقا	۵.۵
۱۳۲	میانگین فراوانی روزهای همراه با طوفان‌های تندری در طول سال	۱.۶
۱۳۳	ساختار و مراحل تشکیل یک طوفان تندری	۲.۶
۱۳۶	ساختار الگوی خط طوفان	۳.۶

۱۳۶	موقعیت تنگهٔ مالاکا در آسیای جنوب شرقی	۴.۶
۱۳۹	الگوی یک موج شرقی در ناحیهٔ دریای کارائیب	۵.۶
۱۴۲	ساختار یک چرخند حاره‌ای	۶.۶
۱۴۲	موقعیت جغرافیایی و اسامی چرخندهای حاره‌ای در مناطق مختلف جهان	۷.۶
۱۴۴	مسیرهای چرخندی غالب در منطقهٔ حاره و درصد سالانهٔ هر کدام	۸.۶
۱۴۵	موقعیت و ساختار برج داغ در یک چرخند حاره‌ای	۹.۶
۱۴۶	تصویر ماهواره‌ای و مراحل شکل‌گیری ابر طوفان هایان	۱۰.۶
۱۵۵	ساختار یک موج راسبی	۱.۷
۱۵۵	تعداد و موقعیت امواج سیاره‌ای (راسبی) در نیمکرهٔ شمالی	۲.۷
۱۵۸	مسیر موجی هوا در سطوح بالای جو و پایداری چرخندگی مطلق	۳.۷
۱۵۹	چگونگی تشکیل موج در بادهای غربی	۴.۷
۱۶۲	تغییر جریان بادهای غربی فوقانی و فرایند تشکیل یک چرخهٔ شاخص	۵.۷
۱۶۳	امواج کوتاه در بستر امواج بلند شکل می‌گیرند.	۶.۷
۱۶۸	نواحی منشأ توده‌های هوایی اصلی کرهٔ زمین	۱.۸
۱۷۱	توده‌هواهای مؤثر بر آمریکای شمالی	۲.۸
۱۷۱	بارش برف بر اثر برخورد توده‌هواهای قاره‌ای قطبی با هوای گرم...	۳.۸
۱۸۰	موقعیت رودباد جبههٔ قطبی بر روی آمریکای شمالی	۴.۸
۱۸۱	موقعیت رودباد جبههٔ قطبی در زمستان و تابستان بر روی آمریکای شمالی	۵.۸
۱۸۲	چرخهٔ حیات یک چرخند عرض میانی در نیمکرهٔ شمالی	۶.۸
۱۸۴	نمایش جبهه‌های مختلف بر روی نقشه‌های هوا	۷.۸
۱۸۴	شرایط و حرکات هوا در یک جبههٔ گرم	۸.۸
۱۸۵	شرایط و حرکات هوا در جبههٔ سرد	۹.۸
۱۸۶	حرکات هوا در جبهه‌های انسدادی سرد و گرم و شیوهٔ نمایش این نوع جبهه	۱۰.۸
۱۸۸	ساختار عمودی یک چرخند جبهه‌ای در عرض‌های میانی	۱۱.۸
۱۸۹	مسیرهای چرخندی خاورمیانه و ایران در دورهٔ سرد سال	۱۲.۸

ع فهرست شکل‌ها

- ۱۳.۸ مسیرهای چرخندی شمال غرب اروپا ۱۹۰
- ۱۴.۸ متوسط تعداد چرخندهای هر سال و مسیرهای چرخندی ۱۹۲
- ۱۵.۸ مسیرهای عمومی چرخندهای برون‌حاره‌ای ایالات متحده در زمستان ۱۹۳
- ۱۶.۸ الگوی کلی مسیرهای چرخندی در ناحیه دریای زرد، چین شرقی و ژاپن ۱۹۴
- ۱۷.۸ توزیع فشار سطح دریا ۱۹۸
- ۱۸.۸ نمونه‌ای از یک مرکز و چرخندی قوی بر روی نقشه هوای آمریکای شمالی ۱۹۹
- ۱۹.۸ موقعیت متوسط فشار سطح دریا ۲۰۱
- ۲۰.۸ یک الگوی مانع امگایی بر روی آمریکای شمالی ۲۰۳
- ۲۱.۸ موقعیت جبهه‌های روزانه ۲۰۴
- ۱.۹ طرحی شماتیک از سه نوع طوفان ۲۰۸
- ۲.۹ ساختار یک ابر طوفان تندی با بارش سنگین و بارش سبک ۲۱۰
- ۳.۹ ساختار یک طوفان تندی وابسته به خط طوفان ۲۱۲
- ۴.۹ تصاویری از ترنادو و گردباد دریایی ۲۱۳
- ۵.۹ موقعیت گذرگاه ترنادو در ایالات متحده آمریکا ۲۱۴
- ۶.۹ ساختار یک ترنادوی بزرگ چندحلقه‌ای با حلقه‌های مکندۀ متعدد ۲۱۵
- ۷.۹ چرخه عمر یک ترنادو ۲۱۷
- ۸.۹ توزیع جغرافیایی ترنادو در جهان و مطابقت آن با نواحی کشاورزی ۲۱۷
- ۱.۱۰ شرایط جوی وابسته به فازهای مثبت و منفی نوسان اطلس شمالی ۲۲۱
- ۲.۱۰ شاخص‌های نوسان شمالگان و جنوبگان در فازهای مثبت و منفی ۲۲۲
- ۳.۱۰ فازهای مثبت و منفی نوسان اطلس شمالی و شرایط جوی وابسته ۲۲۴
- ۴.۱۰ مقادیر NAO برای سال‌های بین ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۰ ۲۲۴
- ۵.۱۰ فاز مثبت و منفی PNA بر روی ایالات متحده آمریکا ۲۲۶
- ۶.۱۰ نمودار مقادیر شاخص اقیانوس آرام-آمریکای شمالی (PNA) ۲۲۶
- ۷.۱۰ تغییرات جوی وابسته به نوسان ده‌ساله اقیانوس آرام در سطح جهان ۲۲۸
- ۸.۱۰ فازهای مثبت و منفی شاخص PDO از سال ۱۹۰۰ و پیش‌بینی آن تا... ۲۲۹

۲۳۱	۹.۱۰ الگوی نوسان دریای شمال-خزر در حالت‌های منفی و مثبت
۲۳۲	۱۰.۱۰ تغییرات شاخص AMO از سال ۱۸۵۸ تا ۲۰۰۶
۲۳۷	۱.۱۱ برش نصف‌النهاری موازنه تابش و انتقال انرژی
۲۳۸	۲.۱۱ نقشه قاره جنوبگان
۲۴۱	۳.۱۱ مسیرهای جریان بادهای کاتاباتیک در قاره جنوبگان
۲۴۷	۴.۱۱ متوسط فشار سطح دریا در ناحیه قطب جنوب
۲۴۹	۵.۱۱ تراکم سامانه‌های چرخندی در اطراف قطب جنوب
۲۵۴	۱.۱۲ نقشه قطب شمال
۲۵۶	۲.۱۲ تغییرات متوسط دمای سالانه در ایستگاه‌های مورمانسک، بارو و...
۲۶۵	۳.۱۲ توزیع فشار سطحی و جریان بادهای در حوضه قطب شمال

بخش اول
سامانه آب و هوایی

تحلیل مؤلفه‌های اصلی اهمیت زیادی دارند. با استفاده از مقادیر فشار نقاط شبکه به عنوان ماتریس داده‌ها و انجام عملیات آماری، مؤلفه‌های اصلی، بارگویه‌ها و بارهای عاملی به دست می‌آید. روش دیگر برای مطالعه الگوهای دورپیوندی، محاسبه مقادیر همبستگی است. در این رابطه به طور مثال همبستگی بین فشارهای سطح دریای یک مکان در مقایسه با تمام نقاط شبکه در بالاتر از عرض ۲۰ درجه شمالی، محاسبه و ارائه می‌شود. شاخص‌های دورپیوندی زیادی توسط دانشمندان مورد شناسایی قرار گرفته است؛ ولی مهم‌ترین آن‌ها را می‌توان شاخص نوسان انسو، شاخص نوسان اقیانوس اطلس شمالی، شاخص نوسان قطب جنوب و نوسان ده‌ساله اقیانوس آرام نامید. شاخص‌هایی که با سامانه‌های گردش هوای عرض‌های حاره و جنب حاره پیوند خورده‌اند مثل شاخص نوسان انسو، شاخص نوسان مادن-جولیان و شاخص نوسان دو قطبی اقیانوس هند، به طور مفصل در بخش ۲ مورد بررسی قرار گرفتند. در این فصل، برخی از مهم‌ترین شاخص‌های مرتبط با الگوهای گردش جوی در عرض‌های میانی و بالا را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

۱.۱۰ نوسان قطب شمال و قطب جنوب

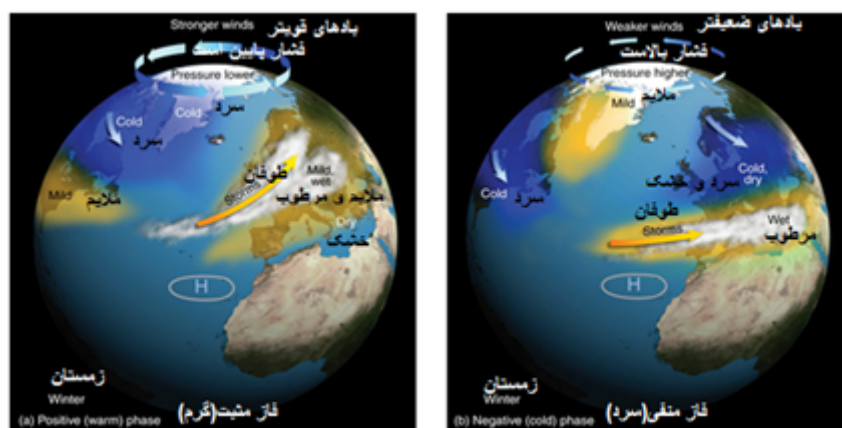
نوسان قطب شمال^۱ که به شاخص تغییرات قطب شمال^۲ نیز معروف است، برای اولین بار در سال ۲۰۰۰ میلادی توسط دو دانشمند به نام‌های تامسون و والاس^۳ تعریف شد. شاخص نوسان قطب شمال، یک الگوی غالب غیر خطی از تغییرات فشار سطح دریا در شمال عرض‌های ۲۰ درجه جغرافیایی است و بر اساس ناهنجاری‌های فشار نقطه‌ای در قطب شمال و ناهنجاری‌های فشار عرض‌های ۳۷ تا ۴۵ درجه شمالی تعیین می‌شود. آب‌وهواشناسان معتقدند که AO با پدیده‌های قابل پیش‌بینی الگوهای هوای مناطق دورتر مثل اروپا و آمریکای شمالی مرتبط است. میزان نفوذ هوای قطبی به عرض‌های میانی، وابسته به شاخص AO است. موقعی که شاخص نوسان قطب شمال مثبت است، فشار سطحی در نواحی قطبی پایین است. این شرایط باعث می‌شود که رودباد جبهه قطبی تقویت شده و با سرعت زیاد از غرب به شرق بوزد. بدین ترتیب در فاز مثبت نوسان قطب شمال، هوای سرد قطبی امکان کمتری برای نفوذ به عرض‌های میانی را می‌یابد. در عوض، زمانی که شاخص AO منفی است، پرفشار نواحی قطبی قوی‌تر بوده و وزش

^۱ Arctic Oscillation (AO)

^۲ North Annual Mode (NAM)

^۳ Thompson & Wallace

مداری بادهای غربی تضعیف شده و امکان نفوذ قدرتمندانه هوای سرد به عرض‌های متوسط را فراهم می‌آورند. شاخص قطب شمال از سال ۱۹۹۲ در فاز مثبت به سر می‌برد و این روند ممکن است در آینده نیز تداوم داشته باشد (شکل ۱.۱۰).



شکل ۱.۱۰ شرایط جوی وابسته به فازهای مثبت و منفی نوسان اطلس شمالی

نوسان قطب جنوب^۱ یا جنوبگان که به شاخص تغییرات سالانه جنوبگان^۲ نیز معروف است، یکی از مهم‌ترین نوسان‌های اقیانوس-جو در عرض‌های بالای نیمکره جنوبی به حساب می‌آید که بسیاری از الگوهای هواشناسی در عرض‌های میانی و بالای این نیمکره را به شدت کنترل می‌کند. این شاخص بر اساس اختلاف بین مقادیر متوسط استاندارد شده فشار سطح دریا در بین عرض‌های ۴۰ درجه و ۷۰ درجه جنوبی محاسبه می‌شود. در فاز مثبت AAO، فشار سطح دریا در اطراف قاره جنوبگان پایین‌تر از شمال و در عرض‌های میانی این نیمکره نسبتاً بالاتر است. این شرایط باعث تشدید قدرت بادهای غربی شده و با تقویت حلقه کم فشارهای دور قطبی جنوب، موجب ریزش شدید هوای سرد قاره یخ‌زده جنوبگان به عرض‌های پایین‌تر می‌شود. در فاز منفی AAO، فشار سطح دریا در عرض‌های بالا به طور ناهنجاری بالاتر است و در عرض‌های پایین‌تر نیز به طور ناهنجاری پایین‌تر است. این شرایط باعث تضعیف کم فشارهای دور قطبی شده و ریزش هوای سرد قطبی بر روی آب‌های عرض‌های میانی را کاهش می‌دهد.

^۱ Antarctic Oscillation (AAO)

^۲ South Annual Mode (SAM)

نمایه

استرالیا، ۸	آ
اصل چرخندگی، ۱۵۴	آب کره، ۱۳
اقیانوس	آرامگان، ۷۳
آرام، ۵۳	آلاسکا، ۱۶۹، ۱۹۳
اطلس، ۵۳	آیسبرگ، ۱۹
هند، ۵۳	
النینو، ۷۷، ۹۳، ۹۶، ۲۲۸	ا
النینوی مودوکی، ۱۰۱	آبرطوفان
امواج	تندری، ۲۰۹
راسبی، ۱۵۰، ۱۵۴، ۱۵۶	هایان، ۱۴۶
سیاره‌ای، ۲۱، ۱۵۰	اثر
کلوین، ۹۸	اکمن، ۸۸
اوراسیا، ۱۱۶	گلخانه‌ای، ۱۱
ایران، ۸	اجبار اوروگرافیکی، ۱۳۰

۲۷۶ نمایه

ب

باد

زمینگرد، ۱۵۰

ژئوستروفیک، ۱۵۰

گرادیان، ۱۱

مداری، ۱۱

نصف‌النهار، ۱۱

هارماتان، ۷۷، ۱۲۴

بادهای

آلیزس، ۷۷

آناباتیک، ۱۰۷

تجارتی، ۷۰، ۷۲

ضدتجارتی، ۷۵

غربی، ۵۵، ۱۵۲

کاتاباتیک، ۱۰۷

بازخورد

ابر، ۳۰

دی‌اکسید کربن، ۲۷

مثبت، ۲۶، ۲۷، ۲۹، ۵۲

منفی، ۲۵

بالآبی، ۹۷

برج داغ، ۱۳۱

بلوکینگ، ۱۹۷

بیابان عربستان، ۸

پ

پرفشار آزر، ۱۲۶

پرمافروست، ۱۸، ۲۶، ۲۵۴، ۲۶۳

پشته، ۹

پنجره جوی، ۴۴

پولی‌نیاس، ۱۷، ۲۰، ۲۵۵، ۲۶۱

پیچند، ۲۱۲

ت

تابش

آسمانی، ۴۳

موج بلند، ۴۲، ۴۳

تخریب لایه ازن، ۲۲۲

ترموکلاين، ۹۸

ترنادو، ۲۱۲

تراورتا، ۱۶۷

تکانه، ۱۴

زاویه‌ای مطلق، ۵۶

تنگه

برینگ، ۲۶۴

مالاکا، ۱۳۵، ۱۳۷

تنوره دیو، ۲۱۳

توده‌هوا، ۱۶۶

توندر، ۲۵۴

تیفون، ۱۴۰

- ج
- جبهه‌زایی، ۱۷۷
- جبهه
- انسدادی، ۱۸۵
- حاره‌ای، ۷۱
- سرد، ۱۸۴
- قطبی، ۱۵۳، ۱۵۰
- گرم، ۱۸۴، ۱۸۳
- می-یو، ۱۱۸
- نسیم، ۱۳۵
- جریان
- آب سرد بنگوئلا، ۱۲۴
- آب سرد هامبولت، ۱۵۱
- جسم سیاه، ۳۴، ۳۶
- جنوبگان، ۱۶۸، ۲۲۱
- جو، ۶
- ح
- حلقه
- چرخندی، ۱۱۶
- دور قطبی، ۱۵۰
- خ
- خط طوفان، ۱۲۳
- خطوط
- اغتشاش، ۱۳۳
- طوفان، ۱۳۳
- خلیج
- بافن، ۲۶۱
- مکزیک، ۱۷۳
- د
- دایره قطبی، ۲۳۵، ۲۵۳
- دریاچه‌های پنج‌گانه، ۱۹۳
- دریای
- بارنتز، ۲۶۱
- خزر، ۲۰۰
- زرد، ۱۹۴
- ژاپن، ۱۹۴
- گرینلند، ۲۶۱
- ج
- چرخند حاره‌ای، ۱۴۰
- چرخندزایی، ۱۸۸، ۱۸۶
- چرخندگی
- مطلق، ۱۵۷
- نسبی، ۱۵۷
- چرخه
- آب، ۱۷
- شاخص مداری، ۱۶۰

آب و هوایی، ۱۴	مدیترانه، ۱۵۳
خطی، ۱۳۳	نروژ، ۲۶۱
سوماترا، ۱۳۵	دود دریای شمال، ۲۶۱
سلول هدلی، ۶۱	
سنگ‌کره، ۲۱	ر
سوماترا، ۱۳۶	رابطهٔ نسبت معکوس، ۵۶
سیبری، ۸	رطوبت
	مطلق، ۵۱
ش	ویژه، ۵۱
شاخص مداری، ۱۶۰	رودباد
شمالگان، ۱۶۸	جنب حاره‌ای، ۵۶، ۸۱
شیلی، ۸	سومالی، ۸۴
	شبانه قطبی، ۲۵۱
ص	رأس سندان، ۱۳۳
صحرای آفریقا، ۸	
صفحات یخی، ۱۷، ۱۹، ۲۳۵	ز
	زمان
ض	پاسخ، ۲۵
ضریب سپیدایی، ۲۰، ۲۲، ۴۴، ۲۳۸	تاخیر، ۲۵
	تبادل یابی، ۲۵
ط	لختی، ۲۵
طوفان تندری، ۱۳۰، ۱۷۴	واکنش، ۲۵
	زیست‌کره، ۲۲
ع	
عصر یخبندان کوچک، ۲۶۲	س
	سازوکارهای بازخوردی، ۲۵
غ	سامانه
غبار الماس، ۲۶۱	

- ف
- گرمبادها، ۲۰۹
- گشتاور، ۱۴۳
- گلف استریم، ۱۵۱
- ل
- لانینا، ۹۵، ۲۲۸
- لیتوسفر، ۲۱
- لید، ۱۷
- م
- مانع امگایی، ۲۰۳
- مدار
- راس الجدی، ۶۵
- راس السرطان، ۵۶، ۶۵
- مراکز عمل، ۱۵۴، ۱۵۶
- معادله وبر، ۳۵
- مکتب برگن، ۱۷۷
- منطقه
- برون حاره، ۵۸
- حاره، ۵۷
- موازنه تابش، ۴۳، ۵۰
- موج
- بلند، ۳۰
- کوتاه، ۳۰
- موسمی
- آسیایی، ۱۱۴، ۱۱۷
- استرالیایی، ۱۲۱، ۱۲۳
- ق
- قطاع گرم، ۱۸۲
- ک
- کمر بند همگرایی حاره‌ای، ۵۸، ۶۱
- کنراد، ۲۵۶
- کوه‌های راکی، ۱۷۰
- گ
- گازهای گلخانه‌ای، ۱۱
- گذرگاه ترنادو، ۲۱۴
- گرداب غبار، ۲۱۶
- گردباد دریایی، ۲۱۳
- گردش واکر، ۹۴
- گرمای
- تراکم، ۵۴
- نهان تبخیری، ۴۴
- گرمایش جهانی، ۱۳

۲۸۰ نمایه

همرفت، ۱۲۹

آزاد، ۱۳۰

واداشته، ۱۳۰

هندوچین، ۱۱۸

هواويزه‌ها، ۲۲، ۴۷

ی

یخ‌پهنه‌ها، ۱۷

یخ‌کره، ۱۷، ۲۰

هند، ۱۱۶-۱۱۸

مونسون، ۱۱۱

ن

ناپایداری

کژفشاری، ۱۶۰

هم‌فشاری، ۱۶۰

ناوه، ۹، ۷۱

نسیم

خشکی، ۱۰۵

دریا، ۱۰۵، ۱۰۶

نوسان

اطلس شمالی، ۲۲۱-۲۲۳

انسو، ۹۱، ۹۴

جنوبی، ۹۳، ۹۵، ۱۲۲

دوقطبی اقیانوس هند، ۱۰۲

قطب جنوب، ۲۲۱

قطب شمال، ۲۲۰

مادن-جولیان، ۹۲

نیروی کوریولیس، ۱۰، ۵۵، ۵۷-۵۹، ۷۰

۷۵

و

واتراسیات، ۲۱۳

وایکینگ‌ها، ۲۶۲

ه

هاریکان، ۱۳۹، ۱۴۰

Global Climate

By:

Hassan Zolfaghari, Ph.D.

(Faculty Member Of Razi University)

Razi University Press

2014