

مقدمه‌ای بر بارورسازی ابرها

تألیف دکتر کمال امیدوار
عضو هیأت علمی دانشگاه یزد

۱۳۹۵

سرشناسه : امیدوار، کمال، ۱۳۳۶ -

عنوان و نام پدیدآور : مقدمه‌ای بر بارورسازی ابرها/ تالیف کمال امیدوار.

مشخصات نشر : یزد: دانشگاه یزد، ۱۳۹۴.

مشخصات ظاهری : ۱۷۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.

فروست : انتشارات دانشگاه یزد؛ ۱۶۱.

شابک : 978-600-6309-69-9

وضعیت فهرست نویسی : فیپا

یادداشت : واژه‌نامه .

موضوع : بارورسازی ابرها

شناسه افزوده : دانشگاه یزد

شماره کتابشناسی ملی : ۴۱۵۱۸

کد پیگیری : ۴۰۵۱۰۱۵

وزارت انتشارات دانشگاه یزد

یزد، صفائیه، بلوار دانشگاه، صندوق پستی ۷۴۱-۸۹۱۹۵ تلفن: ۰۳۵-۳۸۲۱۱۶۷۰

دوره ۱۴، ۱۳۶، ۰۳۵-۳۸۲۰۰۱۲۶

عنوان کتاب: مقدمه‌ای بر بارورسازی ابرها

مؤلف: دکتر کمال امیدوار

ویراستار: زهرا آقاییگی

ناشر: انتشارات دانشگاه یزد

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: قم، چاپ هم میهن

نوبت چاپ: اول

سال چاپ: ۱۳۹۵

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت پشت جلد: ۱۰۵۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۳۰۹-۶۹-۹

مرکز پخش: موسسه کتابیران

تهران، میدان انقلاب، کارگر شمالی، خیابان نصرت، خیابان دکتر قریب، نرسیده به فرصت، پلاک ۷.

تلفن: ۰۲۱-۶۶۵۶۶۵۱۰-۱۵

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه.....
۵	فصل اول: اصول و مبانی فیزیکی بارورسازی ابرها.....
۵	۱-۱- مقدمه.....
۷	۲-۱- تعدیل وضع هوا.....
۷	۳-۱- افزایش بارش.....
۷	۴-۱- بارورسازی ابرها و بارش.....
۸	۵-۱- تعریف ابر.....
۹	۶-۱- انواع ابرها.....
۱۲	۷-۱- ساز و کار بارورسازی ابرها.....
۱۲	۱-۷-۱- منشأ هسته‌های تراکم ابر.....
۱۲	۲-۷-۱- منشأ هسته‌های طبیعی یخی.....
۱۳	۸-۱- انواع بارورسازی ابرها.....
۱۴	۱-۸-۱- بارورسازی ایستا (میکروفیزیکی).....
۱۷	۲-۸-۱- بارورسازی حرکتی یا پویا.....
۱۷	۹-۱- تشکیل بارش و تفاوت ابر و بارش.....
۱۹	۱۰-۱- فرآیند ایجاد بارش.....
۱۹	۱-۱۰-۱- تراکم بخار آب.....
۱۹	۲-۱۰-۱- رشد قطرات در داخل ابر.....
۲۰	۱-۱۰-۲- روش پخش بخار آب.....
۲۱	۱-۱۰-۳- رشد از طریق فرآیند هم‌امیزی و تصادم (برخورد و اختلاط).....
۲۲	۱-۱۰-۴- رشد از طریق فرآیند برزرون.....
۲۵	۱۱-۱- انواع روند بارش از ابرها.....

۱۲-۱	مبانی فیزیکی بارورسازی ابرها به منظور فرونشانی تگرگ.....	۲۶
۱۳-۱	مبانی فیزیکی بارورسازی به منظور پراکندگی مه.....	۲۹
۱۴-۱	تأثیر بارورسازی ابرها در ابرهای مختلف.....	۳۱
۱۵-۱	قابلیت‌های بارورسازی ابرها.....	۳۵
۱۶-۱	مواد یا عناصر بارورسازی ابرها.....	۳۵
فصل دوم بارورسازی ابرها در جهان و ایران.....		
۱-۲	بارورسازی ابرها در جهان.....	۴۱
۱-۱-۲	معرفی برخی تحقیقات انجام شده در باره بارورسازی ابرها در جهان.....	۵۰
۲-۲	بارورسازی ابرها در ایران.....	۵۲
۱-۲-۲	معرفی برخی تحقیقات انجام شده درباره بارورسازی ابرها در ایران.....	۵۶
۲-۲-۲	نحوه اجرای عملیات بارورسازی ابرها در ایران.....	۶۲
۳-۲-۲	نقش رادارهای هواشناسی در پروژه‌های بارورسازی ابرها در ایران.....	۶۴
۴-۲-۲	ارزیابی پروژه‌های بارورسازی ابرها در کشور.....	۶۴
۵-۲-۲	لزوم اجرا و علل استفاده از فناوری بارورسازی ابرها در ایران.....	۶۸
فصل سوم: معرفی برخی روش‌های اجرایی و تجهیزات بارورسازی ابرها.....		
۱-۳	معرفی برخی روش‌های اجرایی بارورسازی ابرها.....	۷۳
۲-۳	معرفی برخی تجهیزات بارورسازی ابرها.....	۸۱
فصل چهارم: مطالعات امکان‌سنجی بارورسازی ابرها.....		
۱-۴	مقدمه.....	۸۷
۲-۴	معیارهای کلی روش‌های امکان‌سنجی بارورسازی ابرها.....	۸۸
۱-۲-۴	ویژگی‌های فیزیکی مکان بارورسازی.....	۸۸
۲-۲-۴	شناخت شرایط آب و هوایی منطقه بارورسازی.....	۸۹
۳-۲-۴	موجودیت داده‌های هواشناسی.....	۹۱
۴-۲-۴	وسایل و امکانات پشتیبانی.....	۹۱
۳-۴	شناخت ویژگی‌های آب و هوایی مکان بارورسازی.....	۹۳

۹۳	۴-۳-۱- آب و هواشناسی نوع و مقدار ابر
۹۴	۴-۳-۱-۱- فراوانی رخداد ابرهای پایین و متوسط
۹۵	۴-۳-۱-۲- فراوانی ابرهای با توسعه قائم
۹۶	۴-۳-۱-۳- توزیع فراوانی روزهای با آسمان کمی ابری، نیمه ابری و تمام ابری
۹۶	۴-۳-۱-۴- ارتفاع پایه ابر و تراز یخبندان
۹۷	۴-۳-۱-۵- ویژگی‌های ابرهای قابل بارورسازی
۹۹	۴-۳-۲- مطالعه و تحلیل وضعیت بارش در منطقه
۱۰۰	۴-۳-۱- بررسی توزیع مکانی بارش در منطقه
۱۰۰	۴-۳-۲- توزیع زمانی بارش در منطقه
۱۰۰	۴-۳-۳- فراوانی دوره‌های بارانی و طبقه‌بندی آن توسط گروه‌های بارشی
۱۰۱	۴-۳-۴- طبقه‌بندی بارش در ماه‌های بارشی
۱۰۱	۴-۳-۵- ماه‌های دوره‌های مرطوب و خشک در منطقه
۱۰۲	۴-۳-۶- فراوانی انواع مختلف بارش
۱۰۲	۴-۳-۳- بررسی و تحلیل باد و دما در ایستگاه‌های جوی در منطقه
۱۰۴	۴-۳-۴- مطالعه وضعیت‌های همبستگی دما در ایستگاه‌های بارشی نمونه در منطقه
۱۰۷	فصل پنجم: معرفی نمونه‌ای از امکان‌سنجی بارورسازی ابرها در ایران
۱۰۷	۵-۱- بررسی وضعیت ابرها در منطقه
۱۰۹	۵-۲- بررسی گروه‌های ارتفاعی تراز یخبندان در ماه‌های بارشی
۱۱۱	۵-۳- مطالعه کارایی بارش در منطقه مورد مطالعه
۱۱۴	۵-۴- بررسی ویژگی‌های بارش در منطقه
۱۲۰	۵-۵- بررسی وضعیت باد و شارش‌های جوی در منطقه
۱۲۲	۵-۶- مطالعه سامانه‌های باران‌زای منطقه
۱۲۴	۵-۷- نقشه ناحیه‌بندی قابلیت‌های بارورسازی ابرها در منطقه
۱۲۹	فصل ششم: طرح مباحث عمومی در زمینه بارورسازی ابرها
	(اجتماعی، زیست - محیطی، حقوقی و اقتصادی)
۱۴۱	پیوست - دانشواژه‌ها
۱۴۵	کتابنامه

مقدمه

یکی از مشکلات قرن بیستم، مشکل آب است. با افزایش جمعیت جهان و در نتیجه نیاز بیش از انسان به مواد غذایی و انواع انرژی ارزش آب زیاده‌تر شده است و این خود، عاملی برای کاهش و نابودی روش‌های بهتر جهت استفاده بهینه و حفاظت از منابع آب گردیده است. عاملی که سبب بالا رفتن ارزش واقعی آب شده، بحران انرژی است؛ زیرا آب می‌تواند مولد انرژی الکتریسته باشد. کمبود منابع آب حتی در بعضی کشورهای جهان و خاورمیانه باعث ایجاد تنش‌هایی بین دولت‌ها نیز شده است.

به لحاظ موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های خاص آب و هوایی، ایران از سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود. یکی از موانع عمده پیشرفت و توسعه کشور از گذشته، محدودیت‌های کمی و کیفی منابع آب بود. استوار بودن مردم این سرزمین در طول تاریخ برای کاهش این معضل مهم، اقدامات بزرگی از جمله ایجاد هزاران رشته قنات، سد و بندهای بزرگ و کوچک، احداث آب‌انبارها و حفر کشتی‌ها انجام داده‌اند، ولی با افزایش جمعیت و تحولات سریع اقتصادی و اجتماعی در سال‌های اخیر، نیاز به تأمین و استحصال منابع جدید آب به‌طور جدی‌تری مطرح شده است. در دهه‌های اخیر پیشرفت‌های علمی و فنی بشر سبب شده تا روش‌ها و فناوری‌های جدیدتری جهت تأمین منابع آب به‌وجود آید که یکی از این راهکارهای جدید بارورسازی ابرها یا ابرآمایی است.^۱

در نیم قرن گذشته آزمایش‌های باروری ابرها با روش‌های مختلف از جمله استفاده از مولدهای (ژنراتورهای) زمینی، پرواز هواپیما و پاشیدن مواد تلقیح‌کننده در ابر و پرتاب

موشک در نقاط گوناگون جهان به مرحله اجرا درآمده است و مورد توجه بسیاری از دانشمندان به خصوص از نظر مدیریت منابع آب قرار گرفته و در بیش‌تر کشورها موجب افزایش بارش و برف نیز شده است. حتی اکنون پروژه‌های افزایش بارش و مطالعات مکان‌گزینی مربوط به آن‌ها، جنبه بین‌المللی به خود گرفته و در محافل تحقیقاتی و علمی دنیا موضوع بحث‌انگیزی شده و جنبه‌های حقوقی و سیاسی نیز پیدا کرده است.

با توجه به این که کشور ایران از جمله مناطقی است که در کمربند پرفشار جنب حاره واقع شده و نزول و نشست هوا در اغلب ایام سال موجب آن شده که هوای خشک و کم‌رطوبتی بر کشور حاکم باشد و کمبود بارش یکی از موانع عمده پیشرفت کشور محسوب می‌شود. هم‌اکنون طرح‌های بارورسازی ابرها به منظور افزایش بارش، یکی از راه‌های مناسب برای مقابله با مشکل کم‌آبی در کشور ماست.

با توجه به مشکلاتی که در زمینه آب در ایران وجود دارد، اقدامات آب‌رسانی فعلی و طرح‌هایی که جهت استفاده از آب‌های سطحی و جمع‌آوری سیلاب‌ها در دست مطالعه و اقدام است، باز هم کمبود آب در این کشور وجود دارد و چشم کشاورزان به آسمان دوخته شده است. با توجه به کسری بی‌لایزال آب در ایران منابع آب که در اکثر نقاط کشور وجود دارد، زمان آن رسیده است تا موضوع مطالعات و تحقیقات پیرامون بارورسازی ابرها و امکان سنجی آن‌ها در مناطق مختلف کشور، مورد جدی‌ترین توجه قرار گیرد و با استفاده از تجربه‌های موجود جهانی نسبت به غنی‌کردن دانش و فناوری بارورسازی ابرها و مطالعات مکان‌گزینی و اجرای عملیات بارورسازی در سطح کشور اقدام لازم صورت گیرد و امید است تا پس از مطالعات و تحقیقات لازم در ردیف کشورهای پیشرفته در این زمینه قرار گرفته و با اجرای عملیات بارورسازی ابرها در کشور، سبب افزایش بارش و استحصال حجم وسیعی از منابع آب فراهم آید.

در دهه‌های اخیر بیش از یک صد پروژه باروری ابرها و تعدیل وضعیت هوا (WMP)^۱ در تعداد زیادی از کشورهای جهان به‌صورت آزمایشی یا اجرایی در دست بررسی و اجرا است (سازمان جهانی هواشناسی، ۱۹۹۲).

کاربردهای مختلف بارورسازی ابرها در زمینه افزایش بارش، پراکنده ساختن تگرگ، از بین بردن مه و تعدیل توفندها (هاریکن‌ها) می‌باشد (سازمان جهانی هواشناسی، ۱۹۸۷).

در واقع ایجاد انگیزش در ابر، برای از دست دادن بخار آب موجود در آن و یا تسریع در فرآیند بارش است؛ چون ابرها دارای انرژی ذخیره شده هستند، از این رو این انرژی‌ها مکان مناسبی را برای تعدیل هوا به خود اختصاص می‌دهند (امیدوار، ۱۳۸۰).

این کتاب که بارورسازی ابرها در جهان و ایران را بررسی می‌کند و براساس سرفصل‌های دروس آب و هواشناسی فیزیکی، آب و هواشناسی دینامیک، مخاطرات آب و هوایی، منابع آب و مدیریت منابع آب در مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری نوشته شده، شامل شش فصل است. در فصل اول، اصول و مبانی فیزیکی بارورسازی ابرها را توضیح می‌دهد. فصل دوم، بارورسازی ابرها در جهان و ایران را بررسی می‌کند. فصل سوم، برخی روش‌های اجرایی و تجهیزات بارورسازی ابرها را شرح می‌دهد. فصل چهارم، مطالعات امکان‌سنجی بارورسازی ابرها را توضیح می‌دهد. فصل پنجم، نمونه‌ای از مطالعات امکان‌سنجی بارورسازی ابرها در ایران را معرفی می‌کند. فصل ششم، مباحث عمومی در زمینه بارورسازی ابرها را طرح و پاسخ می‌دهد. در پایان پیوست کتاب که در مورد دانش‌آموزان است به دنبال خواهد آمد.

کتاب حاضر مهم‌ترین یافته‌ها، علمی اثبات شده در مورد بارورسازی ابرها در جهان و ایران را ارائه می‌کند. با توجه به عنوان کتاب، شرح شده در آن و با وجود اشکالات زیادی که دارد، امید است که بتواند برای محققان، استادان، دانشجویان علوم طبیعی، جوی، زمین‌شناسی، بوم‌شناسی، آب‌خیزداری، محاسبات، کشاورزی و منابع طبیعی، جغرافیا و هوا و آب و هواشناسی در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد و حتی دکتری در دروسی مانند آب و هواشناسی کاربردی، آب و هواشناسی دینامیک هواشناسی عمومی، هواشناسی فیزیکی و مبانی هوا و آب و هواشناسی مفید واقع شود. لیست منابع جامع کتاب می‌تواند راهنمای خوبی برای تحقیقات بیشتر در این زمینه باشد. امیدوارم خوانندگان محترم، بنده را از کاستی‌های کتاب آگاه کنند و از نظرات و پیشنهادات ارزشمند خود بی‌بهره نگذارند.

در پایان از همکاری و زحمات همه مسئولین محترم دانشگاه یزد به‌ویژه ریاست محترم، آقای دکتر محمد صالح اولیاء، معاون محترم پژوهشی، آقای دکتر سید محمد تقی

المدرسی، مدیرکل محترم پژوهشی، آقای دکتر عبدالحمید انصاری و ویراستار ادبی کتاب، سرکار خانم زهرا آقابیگی تشکر و قدردانی می‌شود.

ومن الله التوفیق

کمال امیدوار

www.ketab.ir