



مرواری بر فرآیند باروری ابرها

■ مرتضی اکبری، عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد،
■ محمد رضا جرجه، کارشناس مهندسی آب

چکیده

بیش از یک سوم کره زمین و دو سوم کشور ایران را مناطق خشک و نیمه خشک در بر گرفته است که با موقعیت کمربند بیابانی و خشک جهان انتساب دارد. علاوه بر خشک بودن شرایط آب و هوایی، خشکسالی نیز به عنوان یکی از بلایای طبیعی و پدیده اجتناب ناپذیر، از دیر باز در پنهان وسیع دنیا و همچنین کشور ما، به کرات به وقوع پیوسته است. به دلیل عدم قطبیت میزان ریزش های جوی، در مناطق خشک و نیمه خشک، مدیریت منابع آب (استعمال آب، افزایش میزان بارش، تامین کمبود آب و ...) از اهمیت خاصی برخوردار است. بدین منظور جهت ایجاد شرایط مناسب محیطی، فعالیتهای مختلف صورت گرفته که بدلیل عدم شناخت و ارزیابی کافی از ماهیت متغیرهای جوی و بیزگی های دینامیکی آن، موقوفیت های چندانی بوجود نیامده است. برای مقابله با کم آبی و بکار بستن راه حل های جدید برای استعمال آب در مناطق خشک و نیمه خشک، روش های جدیدی با الگو برداری از طبیعت از جمله باروری ابرها، توسط دانشمندان ارایه شده است. مهم ترین هدف باروری ابرها، افزایش میزان بارش، جلوگیری از بروز بلایای طبیعی از قبیل سیل، تگرگ، رعد و برق، انفال زمانی و مکانی بارش، زودون مه، تعدیل آب و هوای تولید برف در اتفاقات و... است. در حال حاضر بیش از ۴۰ کشور جهان از جمله کشور ایران برنامه های باروری ابرها را انجام می دهند. در حال حاضر در ایران عملیات باروری ابرها در اکثر استان های کشور، مانند یزد، اصفهان، مرکزی، کرمان، فارس، قم، سمنان، خراسان رضوی و جنوبی که اکثراً با کمبود آب روبرو هستند، جهت مدیریت درست منابع آبی، در حال انجام شدن است. جهت طراحی مناسب و همسو با اقلیم مناطق مورد مطالعه، استفاده از تصاویر ماهواره ای به عنوان یک فناوری پیشرفته و داشتن مزایایی چون، برداشت پوشش تکراری، یکباره بودن اطلاعات، قسمتهای مختلف طیف الکترومغناطیس و امکان بکارگیری ساخت افزارها و نرم افزارها، در دنیا با استقبال خاصی روبرو شده است. آزمایش های علمی گستره ای برای فناوری بارورسازی ابرها در جهت تعدیل آب و هوا به اجرا درآمده است. به طوری که اگر این فناوری بدرستی مورد استفاده قرار گیرد و با ابزار های توبن امروزی همراه باشد، به نتایج شگفت آوری می توان دست یافت. تاکنون هدف از بارورسازی ابرها و اقداماتی که در این زمینه صورت گرفته تعدل مه، تگرگ، باد و رعد و برق بود؛ اما هدف عده از اجرای طرح ها در اینخصوص افزایش بارش باران و برف است.

واژه های کلیدی: باروری ابرها، مناطق خشک و نیمه خشک، ایران، متغیرهای جوی، تصاویر ماهواره ای

مقدمه

فلات ایران از جمله مناطقی است که با کمبود بارندگی رویرو می باشد. این مساله مشکلاتی را در نقاط مختلف کشور



سابقه علم باروری ایرها در جهان و ایران:

باروری ایرا یا تهیه باران مصنوعی فناوری جدیدی است که از عمر آن بیش از چند دهه نمی‌گذرد. مطالعات مربوط به تعریف ایرها و ایجاد باران مصنوعی در دهه اول قرن حاضر شروع و کم کم مورد توجه سایر کشورها قرار گرفت. تور برزوزن (۱۹۳۳ میلادی) با مطالعات خود نشان داد که وجود بارورهای بیخ و قدرات کوچک پسیار سر آب، یکی از عوامل اصلی تشکیل باران است. در ادامه این مطالعات والتر فندرسون (۱۹۴۲ میلادی) در آلمان در ابرهای پسیار سرده، با پاشیدن پودر بین ملاحله کرد ایرها به باران و برق مصنوعی تبدیل شدند. وین سنت جی شیفر (۱۹۴۶) از میاش هایی را بروی هاوی فوق العاده سر انجام داد. برای تسریع در سرمایش و ایجاد دماهای باریان پائین، فرصی از بیخ خشک را در درون جعبه ای رها نمود و با این عمل، مشاهده کرد پلاکالسه بارورهای بیز، در امتداد مسیر قرض ها تشکیل شدند. در ادامه، جهت اعتماد این عمل در شرایط طبیعی، حدود ۱۰۵ کیلوگرم، قرص های بیخ خشک را ازیک هوایپمای سیک به درون ابر استراتوکمپوس عدسی شکل (ابر سرد) رها و ملاحظه نمود ایر به برقهای ریزی تبدیل گردید (۱۱). از سال ۱۹۴۷ تا کنون عملیات باروری ایرها به منظور تامین نیاز آبی اراضی کشاورزی در مناطق شرقی و جنوب غربی استرالیا تیز انجام می شود. در آمریکا در سال های ۱۹۶۰ و ۷۰ میلادی در ایالت کلرادو با انجام عملیات باروری ایرها میزان بارندگی از ۵۰۰ میلی متر به ۷۰۰ میلی متر رسید (۱۴)، در بیخی از کشورهای امریکای مرکزی مانند هندuras، که به وسائل هیدرولکتریک برای تولید الکتریستیه وابسته اند، با انجام عملیات باروری ایرها در سال ۱۹۹۲ میلادی میزان بارندگی تا ۱۷ درصد افزایش یافت که این امر سبب رشد تولیدات هیدرولکتریک در آن سال گشت (۱۱). انجام این فناوری درجهان نشان داده است که باروری ایرها می تواند مقدار بارش را بین ۱۰ تا ۲۵ درصد افزایش و خسارت ناشی از تگرگ را بین ۳۰ تا ۷۰ درصد کاهش دهد. طبق گزارشات سازمان جهانی هواشناسی، امروزه در کشور آمریکا حداقل ۱۶ پیروزه بارورسازی ایرها و همزمان با آن در بیش از ۴۰ کشور جهان عملیات تلخی مصنوعی در حال انجام است.

در کشور ایران، فعالیت ایجاد باران مصنوعی، برای اولین بار در سال های ۱۲۵۴ تا ۱۲۵۸ میلادی مدت چهار سال توسط وزارت نیرو و به منظور افزایش ذخیره آبی سدها، تعدیل آب و هوا و افزایش میزان بارندگی در قسمتی از حوضه آبی رودخانه کرج-چاجرود انجام شد. در استان بیز سال ۱۳۶۷ همزمان با پیروزه خشکسالی های شدید، طرح باروری ایرها بطور جدی توسط سازمان پژوهشی های علمی و صنعتی انجام گردید. در این پیروزه

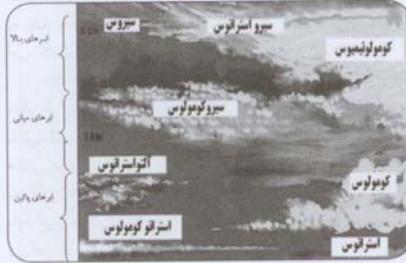
از منابع آب های تجدید شونده سالانه را در هر کشور بیان می نماید، کشور ایران دارای سرانه سالانه ۱۷۰۰ میلیون متر مکعب بر نفر بوده که بر اساس طبقه بندي های موجود در جهان در مز شرابط تنش و کم آبی قرار دارد (۲). علاوه بر آن میانگین بارندگی کشور در حدود ۲۴۰ میلی متر یعنی کمتر از یک سوم میانگین بارندگی سالانه جهان است و همین میزان بارندگی نیز در پهنه کشور به طور یکنواخت برآورده ندارد. توزیع نا مناسب زمانی و مکانی بارندگی در سطح کشور همواره مشکل اقرین بوده و مدیریت مناسبی را در خصوص بهره برداری از منابع محدود آب می طلبد. در گذشته به علت محدودیت جمعیت و به تبع آن نیاز های آبی کمتر، مشکلات چندان محسوس نبود ولی در چند دهه اخیر به علت شرابط اقلیمی حاکم، خشکسالی های متوالی، روند رو به رشد جمعیت، افزایش سطح زیر کشت و بالا رفتن نیاز های آبی، کمود آب و اهمیت آن ملموس شد.

خشکی و وجود پدیده ای به نام مناطق خشک که اصولاً متأثر از ویزگی های اقلیمی است به دلیل کمیود رطوبت و بارش کم باران بوجود می آید. از سوی دیگر در مناطق خشک، میزان ریش ها از عدم قطعیت پیشتری برخوردار بوده و نسبت به زمان، دارای نوسانات پیشتری است. این نوسانات در میزان بارندگی، سبب ایجاد ترسالی و خشکسالی های مکرر شده که این امر در نبود یک نظام قوام یافته، مبتنی بر مدیریت بهینه استفاده از منابع آب، خاک و بوش گیاهی مناطق خشک، منجر به تخریب پیشتر و شدیدتر سرمیم می گردد. میزان بارندگی در نواحی خشک کمتر از ۳۰۰ میلی متر در سال بوده و در مقایسه با مقادیر تیغی و تعرق که گاه به چندین متر می رسد، پسیار اندک است (۱۱).

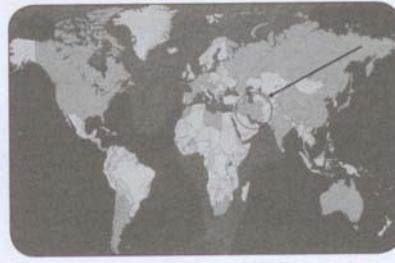
توانمندی انسان برای مقابله با کم آبی و بکار بستن راه حل های جدید برای استعمال آب، باعث استفاده از روش های جدید با الگو برداری از طبیعت شده است. بطوریکه تولید باران مصنوعی برای رفع کمیود آب، در پیماری خشک و نیمه خشک امروزه مطرح است. کشور ایران نیز به دلیل داشتن اقلیم خشک و نیمه خشک و همچنین سرانه آب سالانه پائین، از این موضوع مستثنی نیست (۲). با نگاهی به تاریخ کهن این سرزمین دیده می شود که استفاده از باران مصنوعی، از زمان های پسیار دور در ادبیات این کشور اشاره شده است. بطوریکه فردوسی در کتاب شاهنامه خود به این مطلب اشاره دارد که ایرانیان در چنگ با تورانیان ابر ساختند، باری تولید کردند و بارش های تند، لشگر خصم را به زانو در آورد.



جهت افزایش میزان پارندگی، تعدادی زناتور در دامنه های شیر کوه نصب و با استفاده از پدبور نقره عملیات پاروسازی آغاز شد. اما بدليل نداشتن اطلاعات و امکاناتی عدم تعزیز و تحلیل درست، تأثیر مشتبه در منطقه نداشت. پس از آن در سال ۱۳۷۷ با همکاری مشترک وزارت نیروی استان بزد و آب و هوای شناسی روسیه پروزه باروزی ابرها مجددآغاز گردید. در حال حاضر در استان های اصفهان، مرکزی، کرمان، فاس، چهارمحال و بختیاری، کهکیلویه و بویر احمد و بخش هایی از استان های قم، سمنان، خراسان رضوی و جنوبی نیز در حال فعالیت است. (۵ و ۶). در شکل شماره ۱ کشور های دارای فعالیت فناوری باروزی ابرها، به صورت رنگی مشخص شده که کشور ایران نیز جزء کشور های فعال در این زمینه می باشد.



شکل شماره ۲- طبقه بندی ابرها از نظر نوع و ارتفاع در جو زمین
(برگرفته از سایت دانشنامه رشد)



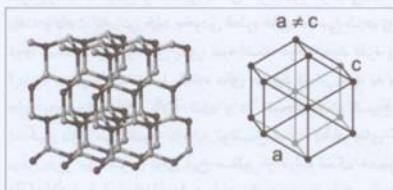
شکل شماره ۱- کشور های دارای فعالیت فناوری باروزی ابرها (برگرفته از Matthew Beard)

اصول علمی باروزی (تلقیح مصنوعی) ابرها:

تویید باران با استفاده از هر عمل مصنوعی که با تعقیب در فرایند های درونی ابر همراه باشد، باروزی ابر نامیده می شود. معمولاً باروزی ابرها با اضافه کردن موادی خاص به نام عامل های باروزی انجام خواهد شد. تاریخ اصلاح آب و هوای کشتفیت شیفر (۱۹۴۶ میلادی) و ونکوت (۱۹۴۷ میلادی) آغاز گردید. آنان نشان دادند که آب بسیار سرد با استفاده از بخ خشک و پدبور نقره می تواند به گریستال های بخ تبدیل شود. پس از آن بیش از ۶۰ سال است که از مواد بخ ساز مانند پدبور نقره و بخ خشک، در باروز سازی ابرها در اکثر نقاط جهان استفاده می شود. این دو ماده باعث تشکیل گریستال های بخی متراکم و یا قطرک های بخ زده می شوند. این تحقیقات باعث یافتن موضوعات پیشایی گردید که بینش های بخصوصی را در ارتباط با اریش پیچیده خواص انسانیکی و دینامیکی در مفهوم باروز سازی ابرها بوجود آورد (۸). در انجام مکانیزم بارش مصنوعی،

ابرها و عوامل موثر در ایجاد بارش:

اوین فرانسیس تراکم بخار آب، ایجاد ابر است. ابر از اجتماع قدرات آب تشکیل می شود. آنچه که مابه عنوان ابر می شناسیم در واقع تجمع ذرات بخار آب موجود در جو به دوره شده های تراکم و سرد شدن آنهاست. از آنجا که با مشاهده نوع و نحوه تغییرات ابرها می توان اطلاعات قابل ملاحظه ای درباره وضعیت جو بدست آورد، مطالعه و بررسی ابرها دارای اهمیت ویژه ای است. عامل اصلی تشکیل ابر صعود موای گرم و مرتبط به سطح فوقانی جو و سرد شدن آن است. بطوطیکه در هنگام صعود، تحت تأثیر فشار کم مطبقات فوقانی قرار گرفته و همگام با انبساط سرد می شود. بارش زمانی شکل می گیرد که قدرات کوچک ابر باهم ترکیب شده، رشد گردد و به حدی برسند که دیگر ابر قادر به حفظ آن ها نباشد. در آن هنگام به سمت زمین فروز آمده و بارش صورت می گیرد. بارش اسمی است که ما به هر رطوبتی که از هوا به زمین می رسد، اطلاق می کنیم و



شکل شماره ۳- کریستال شش وجهی پدبور نقره (سمت چپ) و کریستال بیخ (سمت راست) (برگرفته از Wikipedia)

در شکل شماره ۵ مراحل فرآیند باران مصنوعی با استفاده از هسته های تراکم، طی مراحلی نشان داده شده است.



شکل شماره ۵- مراحل تشکیل باران مصنوعی بوسیله هسته های تراکم (Matthew Beard)

اهداف و کاربردهای باروری ابراها:

فناوری بارورسازی و تلقیح مصنوعی ابراها بینابر اهدافی طراحی و توسعه یافت. بدین جهت بر اساس اهمیت و هدف طرح به موارد ذیل اشاره می شود(۲۶-۲۷):

- ۱- افزایش بارندگی: در اغلب موارد، هدف اصلی تلقیح مصنوعی ابراها، افزایش ریزش های جوی جهت مبارزه با کم آبی و مدیریت منابع آب است. برای انجام این مهم، راههای مختلفی بکار گرفته می شود. اول اینکه بلورهای دی اکسید کربن جامد یا همان بخ خشک را که در دمای بالاتر از -۸۰- درجه سانتیگراد تبخیر می شوند، توسط هوایپما و یا بوسیله زیراتورها، به ابر

ابعاد نسبی ذرات و قطرات ابر حائز اهمیت است. به این معنی که باستی در حدود یک میلیون قطره ابر جمع شده تا یک قطره باران تشکیل شود. قطره های کوچک ابر توسط هسته های جاذب الرطوبه جمع، متراکم شده و به کریستال های بیخ تبدیل می شوند. تنوع در هسته ها، ابعاد، غلظت و ترکیبات شیمیایی بر روی توانایی طبیعت چهت تشکیل ابر و در نتیجه بارش تاثیر می گذارد. علاوه بر ابعاد فیزیکی ابر (عومده و یا افقی بودن آن)، حجم آب مایع، حرکت افقی و مداوم ابر در میزان و حجم بارش تاثیرگذار خواهد بود (۲۷).

جهت تشکیل پدیده بارش مصنوعی باستی توجه داشت که دمای بخار آب موجود در ابر باید از -۱۶- تا -۱۶- درجه سانتیگراد کمتر شود. بدین منظور باید از ذراتی که درجه حرارت ابر را از -۲۵- درجه پایین تر می اورند مانند گاز کربنیک جامد که دارای دمای -۷۸- درجه سانتیگراد است و یا موادی که بتوانند در درجه حرارت پایین تر از -۱۶- درجه سانتیگراد تشکیل هسته نمایند، استفاده نمود. در بین مواد مورد استفاده مؤثرترین آنها پدبور نقره است (به علت شباهت کریستال آن به کریستال بیخ) که یکی از انواع آن به شکل بیخ می باشد و از دمای -۴- درجه سانتیگراد تشکیل هسته می نماید. برای باروری ابر از دو روش هوایی و زمینی استفاده می شود. در روش هوایی، مواد لازم برای تولید هسته های میعنی را با استفاده از هوایپما به ابر تزریق می کنند. بعد از شلیک گلوله حامل پدبور نقره توسط هوایپما با راکت به داخل ابر، حدود ۴۵ تا ۵۰ دقیقه بعد، ابر شروع به باریدن می کند. این مدت، زمانی است که ابر از مکانی که برای باریدن در نظر گرفته شده، فاصله می گیرد. لذا باستی مکان تزریق به دقت انتخاب شود تا با محل مورد نیاز باران، درلحظه بارش تطبیق پیدا کند. ابر بارانی که از این روش بددست می اید، مقداری نیترات به همراه دارد که اضافه شدن آن به خاک، باعث حاصلخیزتر شدن خاک می شود. روش هوایی، پیشتر مناسب فصل تابستان است که به سه طریق باروری در پایه ابر، درون ابر و تاج ابر صورت می گیرد. در ایران از دو روش برای بارورکردن ابراها استفاده می شود. یکی روش باروری قله ابر و دیگری باروری درون ابر است. برای باروری قله ابر از گلوله های پرتانی پدبور نقره استفاده می شود. این روش بر روش های دیگر رجحان دارد. چون هنگام اجرای عملیات، می توان ابر و محل مناسب آن را مشاهده نمود و عامل باروری، سریع تر و با دقت بیشتر به ابر تزریق می شود. روش دیگر، تزریق افقی نیتروزن مایع است. شکل شماره ۳ شباهت کریستال شش وجهی پدبور نقره و کریستال بیخ را نشان می دهد.



۵- تاخیر زمانی و مکانی بارش: یکی دیگر از کاربردهای باروری ابرها، جلوگیری از سیل است. به این منظور قبل از رسیدن سیستم جوی سیل را به منطقه، باروری ابر صورت گرفته تا بارش در مکانی غیر از اماکن و تاسیسات و مناطق شهری صورت بگیرد. قابل توجه است که پس از عملیات باروری ابر، در حدود ۲۰ الی ۴۰ دقیقه زمان لازم است تا ابر، بارور شده و بارش رخ دهد. بطوریکه دامنه تأثیرگذاری آن با توجه به سرعت حرکت ابر در فاصله حدود ۴۰ تا ۵۰ کیلومتر از محل تزریق اثرات بارورسازی، نمایان می شود.

در ارتباط با فرآیند باروری ابرها، همواره ستوالاتی وجود داشته است که داشتمدن سعی نموده اند در این ارتباط، باسخ های منطقی و علمی ازبی نمایند. لذا تعدادی از مهمترین پرسش ها در ذیل ارائه شده است (۵ و ۱۵).

- آیا تمام قطربهای آب به باران تبدیل می شود؟

خیر، زیرا باران هنگامی می بارد که قطربهای آب به قدر کافی سنگین و حجمی شده و سقوط کنند. اما بیشتر قطربهای آب خیلی کوچکند و با ضمن سقوط در طول مسیر دوباره تبخیر می شوند.

- چرا از بدور نقره برای باروری ابرها استفاده می شود؟ زیرا

ساختمن کریستالی بدور نقره به ساختمن کریستالی بخ

بسیار شباهت داشته و این مسئله می تواند نقش مهمی به عنوان یک مسئله تراکم ایفا کند.

- آیا باروری ابرها نتایج مطلوبی در بی داره؟ بلی، بیش از

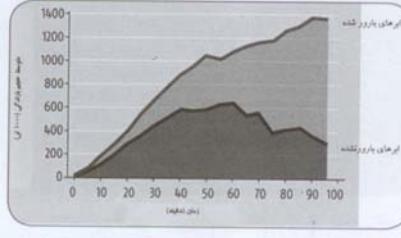
۵۰ سال تجربه در بیش از ۴۰ کشور دنیا نشان داده است که یک برنامه درست طراحی شده بر اساس آمار درست هواشناسی،

مقدار بارش را بین ۱۰ تا ۲۵ درصد افزایش می دهد و خسارت

ناشی از تگرگ را بین ۳۰ تا ۷۰ درصد کاهش می دهد.

در برخی ازمواره، داشتمدن و محققمنی نظر Johnny Micou در مورد استفاده از بدور نقره نظرات متفاوتی دارند و معتقدند استفاده از این ماده می تواند بر سلامتی انسان و محیط زیست تأثیر منفی داشته باشد. ایشان در تحقیق خود اشاره دارد که بدور نقره، به عنوان یک ماده کلاس C، غیرقابل حل، غیرارگانیک، از لحاظ شیمیایی خطربناک و آلووده کننده آب و خاک و برای ماهی ها، دام و انسان بسیار سمی است. سمتی آن در حد ضعیف می تواند باعث ناراحتی های تنفسی، کلیوی و پیسی های خفیف در روی پوست شود. که خودن طولانی مدت بدور نقره ممکن است باعث بیماری "Iodism" شده که به صورت تحریکات پوستی، آبریزش پینی، سرد و ناراحتی های غشاء مخاطی بروز می کند. همچنین ممکن است باعث کاهش وزن، ضعف، کم خونی و افسردگی عمومی نیز گردد. تماس طولانی پوست با این ماده ممکن است باعث

سرد پرتاب که پس از تبخیر، دمای هوا بطور موضعی کاهش یافته و باعث بخ زدن خود بخودی قطره های آب می شود. روش دوم، استفاده از بلور های بدور نقره است. ذرات ییدید نقره پس از ورود به ابر، باعث تبدیل قطره های موجود در ابر سرد به بلور های بخ در هما های بالاتر شده و در نتیجه باعث تسريع در تشکیل باران می شود. برای این منظور از ذرات نمک معمولی نیز بارور می شوند. برای این منظور از ذرات نمک NaCl) و قطره های درشت آب برای بخورد و هم آمیزی قطربهای از بارور می شوند. با انجام عملیات بارورسازی ابرها، استان بزد به لحاظ بارندگی بالاترین میزان بارندگی را در کشور داشته است. براساس مطالعات انجام شده در افریقای جنوبی (شکل شماره ۶) بوسیله داده های راداری در مدت پنج سال میزان بارندگی در ابرهای بارور شده ۶۰ درصد نسبت به ابرهای بارور نشده افزایش شان داده است.



شکل شماره ۶- افزایش میزان بارندگی ابرهای بارور شده به ابرهای بارور نشده در افریقای جنوبی (برگرفته از Matthew Beard)

۲- از بین بردن مه: زدودن مه برای کاهش هوایی در بسیاری از فردوگاه های دنیا، نزدگاه ها و میادین ورزشی کاربرد دارد. به علت اینکه مه از نظر مشخصات فیزیکی شبیه ابر سرد بوده و روش تعديل آن نیز مشابه باروری ابرها با تولید بارش است، لذا در این روش از هوایی های کوچک برای پاشیدن بخ خشک بر روی مه استفاده می شود. از بین بردن مه گرم دارای اهمیت بیشتری نسبت به مه سرد است. زیرا در اغلب فرودگاههای دنیا در حرارت های بالای بخندان، مه مانع دید می گردد.

۳- سینک کردن تگرگ: برای جلوگیری از پیدایش تگرگ، از پذر پاشی بخ خشک و بدور نقره به درون ابر، و یا به صدا درآوردن ظروف مسمی و یا ناقوس کلیسا استفاده می شود.

۴- استفاده در مقاصد نظامی: در طول جنگ جهانی دوم، نیز جند مورد عملیات بارن زایی مصنوعی با اهداف نظامی و غافلگیری دشمن صورت گرفته است.



و کمود آب، تصمیمات مناسبی اتخاذ نمایند. استفاده از علم و تجربه سایر کشورهایی که از علم باروری ابرها استفاده می‌نمایند به همراه استفاده درست و به هنگام سایر علوم می‌تواند جدا از تامین نیاز آبی مناطق بحرانی، باعث جلوگیری از وقوع سیلاب‌های تاخواسته که نوعی دیگر از بلایای طبیعی است، گردد. در حال حاضر در ایران عملیات باروری ابرها در اکثر استان‌های کشور، مانند بیز، اصفهان، مرکزی، کرمان، فارس، قم، سمنان، خراسان رضوی و چونوی که اکثراً با کمود آب روبرو هستند، جهت مدیریت درست تامین آبی، در حال انجام شدن بوده و در سایر استان‌ها مانند خراسان شمالی و... در دست مطالعه می‌باشد. انجام اینکار که در چند دهه اخیر در ایران نیز صورت گرفته است (باروری ابرها) نیاز به مطالعه و تحقیق بیشتری دارد.

تغییر رنگ ثابت پوست شود. براساس نمونه‌های گرفته شده از بارانی که به روش باروری ابرها بوجود آمده، مشخص گردیده در آن آب باران به میزان $10\text{--}450 \text{ ng/L}$ نقره وجود دارد که این مقدار در باران معمولی $0\text{--}20 \text{ ng/L}$ می‌باشد. یعنی غلظت نقره در صورت باروری ابر بین ۱۰ تا ۲۲۵ برابر غلظت نقره در باران معمولی است.

- ایا عملیات بارور سازی ابرها برخلاف قانون طبیعت است؟
باروری ابرها مانند هر فناوری دیگر ابزاری است که انسان از آن استفاده می‌نماید. مطلب مهم، استفاده اصولی و درست از این وسیله است. بطوریکه اگر این فناوری برای تولید بارش و مدیریت بهینه منابع آب بکار گرفته شود و بر اساس آمار هواشناسی کافی و یا محاسبات درست طراحی شده باشد، بسیار سودمند خواهد بود.

- ایا عملیات باروری ابرها توجیه اقتصادی دارد؟ در هر پروژه ای نسبت سود به هزینه (توجیه اقتصادی) به عنوان بخشی از برنامه، مطرح است. گاه ضرورت ایجاد می‌کند با هزینه‌های گراف، آب جدیدی برای یک بخش بدبست آید. بطوریکه گاهی این پروژه در مقایسه با سایر منابع تأمین کننده آب، به دلیل ضرورت و حیاتی بودن قابل اجرا می‌باشد. درکشور سوریه با استفاده از اصول باروری ابرها، میزان آب استحصالی به میزان ۱۶ درصد در هر متر مکعب افزایش داشته و در ایران در استان بزد، افزایش ۲۲۰ درصدی میزان بارندگی را در سال ۱۳۸۶ نسبت به مدت مشابه سال قبل داشته است.

نتیجه گیری:

در ایران که دو سوم کشور در مناطق خشک و نیمه خشک واقع شده و یا کمود آب مواجه است، فناوری باروری ابرها و اجرای آن در برخی از مناطق کشور که از شرایط بحرانی برخوردارند، می‌تواند گره گشای کمود آب (بدست اوردن آب مورد نیاز) باشد. اما پایستی مطالعات بیشتری بر روی فیزیک و مکانیک ابرها و همچنین مطالعات هواشناسی، تهیه امکانات و ایجاد عملیات و مطالعات سنجش از دور صورت نگیرد. علاوه بر آن بدبده خشکسالی در میان بلایای طبیعی و به نمون یکی از خطernak ترین آنها، همواره کشور ما را متاثر ساخته و مشکلات عدیده ای را بوجود آورده است. مهم‌ترین هدف باروری ابرها، افزایش میزان بارش، جلوگیری از بروز بلایای طبیعی از قبیل سیل، تگرگ، رعد و برق، انتقال زمانی و مکانی بارش، زدودن مه مزاحم، تعديل آب و هوای تولید برف در ارتفاعات و... است. مطالعه ابرها و مطالعات سنجش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند اطلاعات درست و به روز را در اختیار مدیران و کارشناسان قرار داده تا در برای پذیده هایی چون خشکسالی

- منابع:
- ۱- برشل، محمد، ۱۳۸۶، خشکسالی در گسترش دانش و اندیشه، ماهنامه مهندسی، شماره ۴۴، ص ۱۰-۱۱.
 - ۲- فلاح، رضا، ۱۳۸۵، چگونگی بارورسازی ابرها، دانشگاه بزد.
 - ۳- تزل، سفقلو، عباسعلی، ۱۳۸۶، بحث آب و اهکارهای بروز رفت از این ماهنامه مهندسی، شماره ۴۴، ص ۶-۱۰.
 - ۴- کاوپانی، پر، پهلوان علیجانی، ۱۳۷۷، مبانی آب و هوای شناسی، سازمان تقویت و مطالعه کتاب علوم انسانی و دانشگاهی (سمت).
 - ۵- طرح بارور سازی ابرها و بررسی وضعيت بارش در استان بزد، استانداری بزد، تواریخ ویندو.
 - ۶- طرح باروری ابرها در استان بزد.

- http://www.SRANsda.IR/webaccess/?r=202266
7- Beard, Matthew. Climate Change Wreaking Havoc with Seasoner.
8- Braintjet, R.T, R.T. A Review of Cloud Seeding Experiments to Enhance Precipitation and some new prospect, National center for Atmospheric Research, Boulders, Colorado, Bulletin of the American Meteorological Society, vol.80, No.5, may1999.Pp.805-820.
9- Cotton, William R.1997 "Weather Modification by Cloud Seeding : A Status Report 1989 - 1997." Department of Atmospheric Sciences, Colorado State University. http://rams.atmos.colostate.edu/gkss.html
10- Don, A.G., Mark, E.S., 1997. A Cloud Seeding Program to Enhance Hydroelectric Power Production from the El Cajon Drainage. Honduras TEC North American Weather Consultant, Salt Lake City, Utah, www.NAWCINC.com/CSeeng.pdf.
11- Eckhardt, Gregg, "Cloud Seeding." The Edwards Aquifer Website. (Nov. 6, 2008)
http://www.edwardsaquifer.net/cloudseeding.html
12- Malkus, J.S, Simpson, R.H.1964.modification Experiments on Tropical Cumulus Clouds. Science, No.145, Pp.541-548.
13- Middleton, H., Christoval HS, McManus. G. 2009. Introduction of cloud seeding, http://www.netxv.eso/technology/InstructionalTechnology/webquest%20examples/Cloud%20Seeding.htm. The Science of Cloud Seeding.
14- Ryan, B.F. and W.D. King 1997. A critical review of the Australian experience in cloud seeding. Bull. Amer. Meteor. Soc. 78, 239-53
15- Weather Modifications: Some Facts about Seeding Clouds.1996. Weather Modifications Association, photographs Furnished by Atmospheric INC. unless otherwise indicated. Freno, California.