



برنامه‌های تابستانی باروری ابرها در امریکای مرکزی

به منظور افزایش تولید برق آبی

نویسندگان:

Don A. Griffith, John Girdzus, Alan D. Lisonbee

برگردان:

دکتر کمال امیدوار

عضو هیأت علمی دانشگاه بزد

چکیده

مشاورین هواشناسی امریکای شمالی برنامه‌های تابستانی باروری ابرها را در کشورهای گواتمالا و هندوراس به مرحله اجرا درآوردند. این دو کشور همراه با کشورهای مجاورشان در امریکای مرکزی، بخش عمده انرژی الکتریکی خود را از تسهیلات نیروی برق آبی فراهم می‌کنند. سدهای چیکسوی (Chixoy) در گواتمالا و ال کازن (El Cajon) در هندوراس بیش از ۵۰ درصد از انرژی الکتریکی مصرفی را در این دو کشور تأمین می‌کنند. معمولاً سدچیکسوی در فصل تابستان از آب پرمی‌شود ولی این سد در سال ۱۹۹۱ احتمالاً به علت پدیده ال نینوی (El Nino) قوی‌تر نشد و منجر به بی‌نظمی‌هایی در تولید نیروی برق آبی گردید. به همین دلیل برنامه باروری ابرها در بخشی از ماه‌های اکتبر (October) و نوامبر (November) که پایان فصل بارانی بود به اجرا درآمد. فرصتها و موقیتهای باروری با محدودیت روبرو بود. برنامه جامعتر در این مورد در اواخر می (May) تا جولای (July) و اواخر سپتامبر (September) تا اواخر اکتبر ۱۹۹۲ به اجرا درآمد.

هدف این برنامه، افزایش بارندگی روی حوضه رودخانه چیکسوی بود. ارزیابی مقدماتی، اثرات باروری ممکن را در خلال ماه ژون (June) ۱۹۹۲، متوسط ۱۷ درصد بارندگی بیشتر را در چند ایستگاه کنترل بارشی که رو به باد بود نشان می‌داد.

طبق محاسبات اولیه، پتانسیل هزینه رواناب ناشی از این برنامه باروری ابرها در حدود چند دلار امریکایی در هر آکر پا (Acer Foot) بود. برنامه مشابهی از اواخر اگست (August) تا اواخر نوامبر ۱۹۹۳ بر روی حوضه رودخانه ال کازن هندوراس به اجرا درآمد. تحلیل مقدماتی اثرات

ممکن این برنامه باروری اکتون در جریان است.

مقدمه

کشورهای امریکای مرکزی برای تولید الکتریسیته به طور کامل به تسهیلات نیروی برق آبی وابسته‌اند. در اکثر این کشورها تولید برق آبی بخش عمده و در بعضی موارد بیشترین نیروی مصرفی را فراهم می‌کنند. در طول فصل بارانی سال ۱۹۹۱ و در سراسر فصول بارانی سالهای ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ در بیشتر کشورهای امریکای مرکزی شرایط خشکسالی به وجود آمد احتمالاً این خشکسالی به وقوع پدیده ال نینوسانات جنوبی (El Nino Southern Oscillation) مربوط می‌شد. خشکسالی به طور عمده به ذخیره سازی سد و با پیامد تولید نیروی برق آبی ارتباط داشت. در نتیجه مشاورین هواشناسی امریکای شمالی (NAWC) در پاییز ۱۹۹۱ با مقامات رسمی انستیتو ملی مخالف برقی کردن (INDE) در این کشورها تماس گرفتند و برای جبران بعضی از اثرات خشکسالی در گواتمالا، پتانسیل کاربری تکنولوژی برنامه باروری ابرها را تعیین کردند. سدچیکسوی به عنوان ناحیه هدف انتخاب شد. برنامه مختصر باروری ابرها در پاییز ۱۹۹۱ و به صورت وسیع‌تری در تابستان ۱۹۹۲ اجرا شد. در تابستان ۱۹۹۳ به علت بارندگی کافی در گواتمالا، این برنامه با اجرا در نیامد. مقامات ملی مخالف انرژی الکتریکی در هندوراس، علاقه‌مند به اجرای این برنامه باروری در گواتمالا شدند. در نتیجه یک برنامه باروری در هندوراس برای مدت سه ماه تابستان ۱۹۹۳ در ناحیه سدال کازن طراحی و اجرا شد.

طراحی و برنامه

روش باروری مقدماتی در هر دو برنامه از یک سکوی (Platform)

مورد استفاده قرار گرفت و بر اساس تجربه ابرهای کومولوس (Cumulus) در ناحیه فلوریدا (FACE) جهت انجام باروری دینامیک (Dynamic Seeding) از این ژنراتورها استفاده کردند (Simpson, 1980). مشاورین هواشناسی امریکای شمالی (NAWC) این طرح را جهت اجراد بر نامه های دیگر باروری در تابستان بکار گرفتند. (Griffith and Brown, 1976)

جهت رسیدن به باروری استاتیکی (Static Seeding) در بیشتر موقعیتهای ابرهای استراتی فورم (Stratiform) از ژنراتورهای استن - دیدنقره استفاده شد. برای هر برنامه در چند ناحیه از این ژنراتورهای دیدنقره مورد استفاده قرار گرفت. عملیات باروری هوایی تنها در ساعات روز اجرا شد. از ژنراتورهای زمینی در فرصتهای باروری هم در شب و هم در روز مورد استفاده قرار گرفت. برای اجرای هر برنامه در مرکز عملیات از رادار (Radar) هواشناسی استفاده شد. جهت اجرای برنامه سدچیکسوی از رادار و هواپیمای شهر گواتمالا بکارگرفته شد و برای سد ال کاژن از شهر سن پدروسولا (San Pedro Sula) حمایت شد. کامپیوتر مدرن ویژه مربوط به فرارگاههای (NAWC) در شهر سالت لیک (Salt Lake) و یوتاه (Utah) امریکا داده های ماهواره هواشناسی گوس (GOES) را برای حمایت هر برنامه فراهم کردند.

داده های بارور شده بیشتری برای برقراری هر اطمینان آماری در چنین ارزیابی مورد نیاز بود. تحلیل فرضی از نسبت پتانسیل سود و هزینه این برنامه می تواند بعضی از اطلاعات جالبی را فراهم آورد. ۱۷ درصد افزایش در بارش ماه ژون بر روی حوضه رودخانه چیکسوی که معادل ۱/۱۸ اینچ بود محاسبه شد. حوضه چیکسوی تقریباً ۲۱۴ مایل مربع یا ۱۳۶۹۸۳۷ آکر مساحت دارد. مقامات رسمی انستیتوی ملی مخالف برقی کردن (INDE) نشان دادند که حوضه چیکسوی می تواند بارش را به رواناب (Runoff) یا کارایی تقریباً ۳۰ درصد تغییر می دهد. جریان اضافی ماه ژون در حوضه چیکسوی بعنوان نتیجه برنامه باروری ابرها به شرح زیر تخمین زده می شود. ۱۳۶۹۸۳۷ آکر در ۱/۱۸ اینچ ضرب می شود و حاصل بر ۱۲ اینچ بر پا (Inches/foot) تقسیم می گردد و نتیجه ۲۰۶۶۱۷ آکر پا می شود یا فاکتور ۳۰ درصد کسار آبی، این مساوی ۶۱۹۸۵ آکر پا می شود. (۷۶۴۲۷۵۰۵ مترمکعب) هزینه این برنامه می تواند با هزینه برنامه برای ماه ژون تخمین زده شود. این هزینه معادل ۷۹۹۰۰ دلار امریکا می شود. در نتیجه هزینه رواناب اضافی ۱/۲۹ دلار امریکا در هر اکرا یا مسا معادل ۰/۰۰۱ دلار امریکا در هر مترمکعب تخمین زده می شود.

بحث

در بکار بردن باروری ابرها چندین مزایای بالقوه جهت افزایش تولید برق آبی وجود دارد که شامل موارد زیر می باشد هزینه تولید عموماً کمتر از ۱۰ دلار در هر آکر پاست. پیشرفتهای فوق العاده ای مورد انتظار نیست. برنامه باروری می تواند بدون هر نوع تعهد دراز مدت شروع شده و متوقف گردد. فواید اضافی دیگر این است که در دوره های آب افزایش یافته، می تواند آب را برای مصرف کنندگان در پایین دست سد فراهم نماید. آب استفاده شده برای تولید نیروی برق آبی دوباره قابل استفاده است و همچنین هزینه آن کمتر از نیروی گرمایی (Thermal) است.

عملیات

برنامه یک ماهه از ۱۱ اکتبر تا ۹ نوامبر ۱۹۹۱ برای سد چیکسوی که منطقه هدف بود اجرا شد. در طول این دوره، محدودیتهایی برای فرصتهای باروری وجود داشت. برنامه دوم از ۲۶ می تا ۸ ژوئیه (July)، و ۲۱ سپتامبر تا ۱۳ اکتبر ۱۹۹۲ به اجرا درآمد. اولین دوره باروری ۳۷ روز و دومین دوره آن ۲۷ روز به طول انجامید. زمانهای عملیات باروری با افزایش آب در مخزن سد همزمان شد. برنامه هندوراس از ۲۴ آگوست تا ۲۳ نوامبر ۱۹۹۳ اجرا شد و باروری ابرها طی ۳ روز در طول این دوره به مرحله اجرا درآمد.

نتایج

نواحی کنترل و هدف که بعنوان بخشی از برنامه ۱۹۹۲ گواتمالا بود، مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی برنامه هندوراس مانند برنامه گواتمالا بود. ارزیابی گواتمالا بر اساس داده های بارش ماهانه از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۹ بود. یک دوره تاریخی طولانی تری مطلوب خواهد بود، اما چنین داده هایی در گواتمالا در دسترس نبود. برای تجزیه و تحلیل، ماه ژون ۱۹۹۲ انتخاب شد. از آنجایی که تنها ماه با فعالیتهای باروری بود که به مرحله اجرا درآمد. ۹ ایستگاه کنترل بارش رو به باد (Upwind) در ناحیه هدف انتخاب شد. ۸ ایستگاه بارانسنجی در ناحیه هدف وجود داشت. در هر ناحیه، ارزش متوسط برای سالهای باروری محاسبه شد و یک معادله همبستگی خطی از این مجموعه داده ها بوجود آمد و یک ضریب همبستگی بالا (۰/۹۵۹/ r =) بدست آمد. این معادله همبستگی خطی مورد استفاده قرار گرفت تا بارش ناحیه هدف را برای ماه ژون ۱۹۹۲ پیش بینی نماید. ۱۷ درصد افزایش در بارش متوسط در ناحیه هدف پیش بینی می شد را نشان می داد. ظاهراً

منابع

- 1 - Griffith, D.A., 1987, Three Rainfall Augmentation Programs in Texas. Wea. Mod. Association, Journal of Weather Modification, vol. 1, pp. 25-29.
- 2 - Griffith, D.A., 1982, Emergency cloud Seeding program in Georgia, summer, 1977. Wea. Mod. Association, Journal of Weather Modification, vol. 14, No. 1, pp. 43-46.
- 3 - Griffith, D.A., and K.J. Brown, 1976, An Operation Drought Relief Program Conducted in Jamaica. Wea. Mod. Association, Journal of Weather Modification, vol. 8, No. 1, pp. 115-125.
- 4 - Simpson, I., 1980, Downdrafts as Linkages in Dynamic Cumulus Seeding Effects, Journal of Applied Meteorology, vol. 19, pp. 477-487.