تحلیل تطبیقی حجم آب‌های اتمسفری در برابر اقیانوس‌ها

نویسنده: دکتر عبدالرضا عشقی‌پور

تاریخ انتشار: 29 Tir 2585 باستانی برابر با July 20, 2026 میلادی



Photo by: Inge Maria on Unsplash

یکی از ادعاهای مطرح شده در بررسی یک سوءبرداشت علمی و شناخت ساختار رودخانه‌های اتمسفری در فضاهای غیرآکادمیک و رسانه‌های اجتماعی، برتری حجم آب‌های موجود در جو زمین (اتمسفر) نسبت به آب‌های موجود در اقیانوس‌هاست. این مقاله با بررسی دقیق بیلان آب در کره‌ی زمین و توزیع هیدرولوژیک، به رد این ادعا می‌پردازد و نشان می‌دهد که اتمسفر تنها کسر بسیار ناچیزی از مجموع آب‌های سیاره را در خود جای داده است. در ادامه، ریشه شکل‌گیری این سوءتفاهم بررسی شده و پدیده هواشناسی «رودخانه‌های اتمسفری» یا به زبان انگلیسی «Atmospheric Rivers» به عنوان عامل اصلی این خطای شناختی معرفی می‌گردد. همچنین نقش حیاتی جو زمین نه به عنوان یک مخزن ایستا، بلکه به عنوان یک سیستم انتقال سریع در چرخه آب تبیین می‌شود.

در مقدمه باید بگوییم سیاره زمین در سامانه‌ی خورشیدی به عنوان «سیاره آبی» شناخته می‌شود؛ عنوانی که به واسطه پوشش گسترده آب در سطح آن به دست آمده است. آب در زمین در سه حالت فیزیکی جامد (یخچال‌ها)، مایع (اقیانوس‌ها، دریاچه‌ها و رودها) و گاز (بخار آب در جو) وجود دارد. در سال‌های اخیر، با گسترش گردش اطلاعات علمی در شبکه‌های اجتماعی، ادعاهایی مبنی بر عظمت مبالغه‌آمیز میزان آب موجود در ابرهای باران‌زا و جو زمین مطرح شده است که ادعا می‌کنند آسمان بیش از اقیانوس‌ها آب در خود جای داده است.

درک صحیح از توزیع آب در کره‌ی زمین نه تنها برای اصلاح این باورهای نادرست ضروری است، بلکه مبنای درک ما

از چرخه آب، اقلیم‌شناسی و تغییرات آب‌وهوایی را تشکیل می‌دهد. هدف این مقاله، ارائه یک تصویر کمی و کیفی از توزیع آب‌های زمین و کالبدشکافی علمی پدیده‌ای است که به اشتباه زمینه‌ساز چنین ادعاهایی شده است.

بیایید با هم توزیع منابع آب در سیاره زمین و اقیانوس‌ها در برابر اتمسفر را بررسی کنیم. برای رد یا تایید هر فرضیه‌ای در علوم زمین، باید به داده‌های کمّی و اندازه‌گیری‌های هیدرولوژیک رجوع کرد. کل حجم آب موجود در کره زمین (تمام آب‌های شور و شیرین) تقریباً برابر با ۱.۳۸۶ میلیارد کیلومتر مکعب برآورد می‌شود. توزیع این حجم عظیم به شرح زیر است:

سهم اقیانوس‌ها

اقیانوس‌ها بزرگترین مخزن آب در سیاره ما هستند. حدود ۹۷.۵ درصد از کل آب‌های کره زمین در اقیانوس‌ها قرار دارد. حجم آب اقیانوس‌ها چیزی در حدود ۱.۳۳ میلیارد کیلومتر مکعب است. این پهنه‌های آبی عظیم با میانگین عمق ۳.۶ کیلومتر، بیش از ۷۰ درصد از سطح زمین را پوشانده‌اند. این حجم به قدری عظیم است که تصور آن برای ذهن انسان دشوار است و به عنوان تنظیم‌کننده اصلی دمای کره زمین عمل می‌کند.

سهم اتمسفر (جو زمین)

در مقابل، آبی که در هر لحظه در جو زمین وجود دارد (شامل بخار آب نامرئی، قطرات ریز آب در ابرها و کریستال‌های یخ) حجم بسیار محدودی دارد. محاسبات سازمان جهانی هواشناسی (WMO) نشان می‌دهد که حجم کل آب موجود در اتمسفر در هر زمان مشخص، در حدود ۱۲,۹۰۰ کیلومتر مکعب است.

با مقایسه این دو عدد، متوجه می‌شویم که آب موجود در اتمسفر زمین تنها حدود **۰.۰۰۱ درصد** (یک هزارمِ یک درصد) از کل آب‌های سیاره را تشکیل می‌دهد.

برای درک بهتر این اختلافِ مقیاس، دانشمندان هیدرولوژی از یک مدل فرضی استفاده می‌کنند:
اگر تمام بخار آب و ابرهای موجود در جو زمین در یک لحظه متراکم شده و به صورت باران بر تمام سطح کره زمین (هم خشکی‌ها و هم دریاها) ببارد، لایه‌ای از آب به ضخامت تقریبی ۵/۲ الی ۸/۳ سانتی‌متر در سراسر زمین تشکیل خواهد شد. وقتی این عدد (چند سانتی‌متر) را در کنار میانگین عمق اقیانوس‌ها (بیش از ۳۶۰۰ متر) قرار می‌دهیم، بطلان ادعای بزرگتر بودن حجم آب آسمان نسبت به اقیانوس‌ها کاملاً بدیهی و از نظر فیزیکی غیرممکن می‌شود.

حال بپردازیم به فیزیک نگهداری آب در اتمسفر کهچرا آسمان نمی‌تواند آب بیشتری در خود نگه دارد؟ پاسخ این پرسش در قوانین ترمودینامیک و فیزیک اتمسفر نهفته است. آب در جو زمین عمدتاً به صورت گاز (بخار آب) حضور دارد. ابرها که شکل مرئی و متراکم رطوبت هستند، تنها کسر کوچکی از کل آب جو را شامل می‌شوند.

ظرفیت اتمسفر برای نگهداری بخار آب ارتباط مستقیمی با دمای هوا دارد. بر اساس رابطه فیزیکی کلاوزیوس-کلاپیرون «Clausius-Clapeyron»، به ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دمای هوا، ظرفیت نگهداری رطوبت در آن حدود ۷ درصد افزایش می‌یابد. با این حال، حتی در گرم‌ترین و مرطوب‌ترین شرایط استوایی، هوا تنها می‌تواند مقدار محدودی رطوبت را پیش از رسیدن به نقطه شبنم و اشباع شدن در خود نگه دارد. پس از رسیدن به حد اشباع، رطوبت اضافی بلافاصله به شکل باران یا برف به سطح زمین (و عمدتاً به خود اقیانوس‌ها) بازمی‌گردد.

بنابراین، اتمسفر از نظر ساختاری یک مخزن ایستا برای انباشت آب نیست؛ بلکه یک سیستم پویاست که ظرفیت

محدودی داشته و پیوسته در حال تخلیه و بارگیری مجدد است.

بیایید ببینیم ریشه شکل‌گیری یک سوءبرداشت، یعنی رودخانه‌های اتمسفری در چیست.

با توجه به تفاوت فاحش میان حجم آب اقیانوس‌ها و اتمسفر، این پرسش مطرح می‌شود که شایعه و باور رایج مبنی بر «بیشتر بودن آب آسمان از اقیانوس» دقیقاً از کجا نشأت گرفته است؟ ریشه این خطای علمی به ترجمه و برداشت نادرست از اخبار مرتبط با یک پدیده شگفت‌انگیز هواشناسی به نام **رودخانه‌های اتمسفری** «**Atmospheric Rivers**» برمی‌گردد.

اصولاً تعریف رودخانه اتمسفری چیست؟ در پاسخ باید بگویم، رودخانه‌های اتمسفری، مناطق باریک و طویلی در جو زمین هستند که وظیفه انتقال بیشترین میزان بخار آب را در خارج از مناطق استوایی بر عهده دارند. این جریانات هوایی مانند رودخانه‌هایی نامرئی در آسمان عمل می‌کنند و رطوبت تبخیر شده از سطح اقیانوس‌های گرم را صدها یا هزاران کیلومتر جابه‌جا کرده و در هنگام برخورد با خشکی‌ها یا رشته‌کوه‌ها، آن را به شکل بارش‌های سنگین تخلیه می‌کنند. طول این «رودخانه‌ها» می‌تواند به هزاران کیلومتر و عرض آن‌ها به صدها کیلومتر برسد.

مقایسه دبی[1] جریان؛ نقطه انحراف افکار عمومی

هنگامی که دانشمندان هواشناسی قصد داشتند عظمت حجم آبی را که توسط این رودخانه‌های اتمسفری جابه‌جا می‌شود برای عموم مردم توصیف کنند، از یک تشبیه ملموس استفاده کردند. آن‌ها میزان انتقال رطوبت (شار بخار آب) را با دبی آبِ رودخانه‌های بزرگ روی زمین مقایسه کردند.

اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که یک رودخانه اتمسفری قدرتمند می‌تواند جریانی از بخار آب را با خود حمل کند که **دبی (نرخ جریان) آن معادل ۷ تا ۱۵ برابر جریان آب رودخانه بزرگ می‌سی‌سی‌پی** است. در برخی شرایط حاد، این جریان‌های هوایی رطوبتی معادل یا حتی بیشتر از دبی رودخانه عظیم آمازون (پرآب‌ترین رودخانه زمین) را جابه‌جا می‌کنند.

اکنون بپردازیم به تحریف رسانه‌ای در شبکه‌های اجتماعی.این گزاره علمی که «جریان آب در یک رودخانه اتمسفری از بزرگترین رودخانه‌های زمین بیشتر است»، در فرآیند بازنشر در شبکه‌های اجتماعی و رسانه‌های زرد دستخوش تغییرات اساسی شد. واژه «رودخانه» حذف شد و به تدریج جای خود را به «اقیانوس» داد. در نتیجه، این جمله نادرست متولد شد که «ابرهای آسمان از اقیانوس‌ها آب بیشتری دارند».

در واقع، این مقایسه هرگز درباره حجم ایستا «Volume» در برابر اقیانوس‌ها نبوده است؛ بلکه منحصراً در مورد نرخ جریان متحرک «Flow Rate» در مقایسه با رودخانه‌های زمینی بوده است.

برای درک بهتر «دینامیک اتمسفر» یعنی بزرگراهی در آسمان برای آب و نه یک مخزن، باید بدانیم،جایگاه آسمان در بیلان آب سیاره‌ی ما، اتمسفر را باید به عنوان یک بزرگراه پرسرعت در نظر گرفت، نه یک پارکینگ! زمان اقامت «Residence Time» آب در اتمسفر یکی از کوتاه‌ترین‌ها در میان مخازن طبیعی است.

یک مولکول آب به طور میانگین بین ۸ تا ۱۰ روز در اتمسفر باقی می‌ماند. این بدان معناست که آب تبخیر شده از

اقیانوس‌ها به سرعت توسط بادها جابه‌جا شده، به ابر تبدیل می‌شود و به سرعت از طریق بارش به زمین برمی‌گردد. در چرخه هیدرولوژیک، اقیانوس‌ها نقش «بانک مرکزی» آب را ایفا می‌کنند که سرمایه عظیمی را به صورت ثابت در خود نگه می‌دارند، در حالی که اتمسفر نقش «سیستم انتقال ارز» را دارد که مقادیر کمی از آب را با سرعت بسیار بالا در سراسر جهان پخش می‌کند.

همین چرخش سریع است که باعث می‌شود اتمسفر با وجود حجم کم آب، نقشی به شدت حیاتی ایفا کند. اگر سرعت این چرخه کاهش یابد، خشکی‌های زمین به سرعت تبدیل به بیابان‌های خشک و غیرقابل سکونت خواهند شد. حجم آبی که در طول یک سال به صورت بارش روی خشکی‌ها می‌ریزد بسیار زیاد است (حدود ۱۱۰,۰۰۰ کیلومتر مکعب در سال)، اما این حجم به صورت پیوسته و خردخرد تامین می‌شود، نه اینکه به صورت یک‌جا در آسمان ذخیره شده باشد. اگرچه حجم آب اتمسفر نسبت به اقیانوس‌ها ناچیز است، اما تغییرات همین مقدار ناچیز در حال حاضر یکی از بزرگترین چالش‌های اقلیمی بشر است. با گرمایش جهانی و افزایش دمای میانگین اقیانوس‌ها، میزان تبخیر افزایش یافته است. همان‌طور که پیش‌تر در رابطه کلاوزیوس–کلاپیرون اشاره شد، اتمسفر گرم‌تر ظرفیت نگهداری بخار آب بیشتری دارد.

این پدیده باعث می‌شود که رودخانه‌های اتمسفری در دهه‌های اخیر پرآب‌تر و قدرتمندتر شوند. نتیجه مستقیم این فرآیند، تغییر الگوی بارش‌هاست. مناطقی که در مسیر این رودخانه‌های اتمسفری تقویت‌شده قرار دارند (مانند سواحل غربی آمریکای شمالی، بخش‌هایی از اروپا و حتی برخی مناطق آسیا) با طوفان‌های سهمگین‌تر و سیلاب‌های ویرانگرتری مواجه می‌شوند. بخار آب خود یک گاز گلخانه‌ای بسیار قوی است؛ بنابراین، افزایش بخار آب در جو به صورت یک چرخه بازخورد مثبت عمل کرده و گرمایش زمین را تشدید می‌کند.

پایان سخن آن‌که، بررسی علمی و مستندات هیدرولوژیک نشان می‌دهد که ادعای «بیشتر بودن حجم آب آسمان نسبت به اقیانوس‌ها» کاملاً بی‌اساس و فاقد اعتبار علمی و فیزیکی است. اقیانوس‌ها با در اختیار داشتن حدود ۹۷ درصد از آب‌های سیاره «معادل ۱.۳۳ میلیارد کیلومتر مکعب»، مخازن بلامنازع آب در زمین هستند، در حالی که اتمسفر تنها حدود ۰.۰۰۱ درصد از کل آب سیاره را در قالب بخار و ابر در خود نگه می‌دارد.

ریشه این باور نادرست، عدم تمایز قائل شدن میان مفاهیمی چون «حجم ثابت» و «دِبی جریان» در اخبار علمی است. تشبیه علمی و صحیحِ قدرت جابه‌جاییِ رودخانه‌های اتمسفری با بزرگترین رودخانه‌های زمین، به اشتباه به اقیانوس‌ها تعمیم داده شده است.

در نهایت، زیبایی و اهمیت اتمسفر در چرخه آب، نه در حجم ذخیره آن، بلکه در پویایی، سرعت عمل و قابلیت فوق‌العاده آن در توزیع مجدد منابع آب شیرین در سراسر کره خاکی نهفته است. سیستمی که با وجود سهم بسیار ناچیزش از کل آب زمین، بقای اکوسیستم‌ها و حیات بشر در قاره‌ها را تضمین می‌کند.

منابع:

محتوای این مقاله بر پایه داده‌های هیدرولوژی جهانی، هواشناسی فیزیکی و مقالات پژوهشی منتشرشده در ژورنال‌های معتبر علمی تدوین شده است. در ادامه، فهرست دقیق مآخذ دانشگاهی و سازمانیِ این اطلاعات را به تفکیک مشاهده می‌کنید:

۱. توزیع حجم آب‌ها (اقیانوس در برابر اتمسفر)

- **Shiklomanov, I. A. (1993).** *World fresh water resources*. In Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources (P. H. Gleick, ed.), Oxford University Press.
  - مورد *استفاده در مقاله:* این کتاب منبع اصلی و کلاسیک آمارهای مربوط به حجم کل آب‌های زمین، سهم ۹۷ درصدی اقیانوس‌ها و سهم ۰.۰۰۱ درصدی اتمسفر است. سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) نیز داده‌های خود را بر پایه همین مرجع منتشر می‌کند.
- **Trenberth, K. E., Smith, L., Qian, T., Dai, A., & Fasullo, J. (2007).** *Estimates of the global water budget and its annual cycle using observational and model data*. Journal of Hydrometeorology.
  - مورد *استفاده در مقاله:* محاسبه میزان اقامت متوسط ۸ تا ۱۰ روزه آب در اتمسفر و همچنین این گزاره که «اگر تمام رطوبت جو ببارد، لایه‌ای حدوداً ۲.۵ سانتی‌متری دور زمین تشکیل می‌شود» برآمدِ مستقیم تحقیقات این تیم پژوهشی در مرکز ملی تحقیقات جوی آمریکا (NCAR) است.

۲. پدیده رودخانه‌های اتمسفری (Atmospheric Rivers)

- **Zhu, Y., & Newell, R. E. (1998).** *A proposed algorithm for moisture fluxes from atmospheric rivers*. Monthly Weather Review.
  - مورد *استفاده در مقاله:* پروفسور نیوول و تیمش از دانشگاه MIT جزو اولین کسانی بودند که مفهوم «رودخانه‌های اتمسفری» را مطرح کردند و در این مقاله، جریان رطوبت آن‌ها را با جریان آب در رودخانه آمازون مقایسه کردند (که بعدها در رسانه‌ها به اشتباه به اقیانوس تعمیم داده شد).
- **Ralph, F. M., Dettinger, M. D., et al. (NOAA/Scripps Institution of Oceanography).**
  - مورد *استفاده در مقاله:* مقالات متعدد دکتر مارتی رالف و همکارانش در اداره ملی اقیانوسی و جوی آمریکا (NOAA)، منبع اصلیِ این حقیقت علمی است که دبی این رودخانه‌های هوایی بین ۷ تا ۱۵ برابر رودخانه می‌سی‌سی‌پی است.

۳. فیزیک جو و تغییرات اقلیمی

- **IPCC (2021).** *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of

Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Chapter 8: Water Cycle Changes).

- مورد *استفاده در مقاله:* داده‌های مربوط به تاثیر گرمایش زمین بر افزایش میزان تبخیر، قدرتمندتر شدن رودخانه‌های اتمسفری و تغییر الگوی بارش‌ها از گزارش‌های این هیئت بین‌دولتی استخراج شده است.

- **Wallace, J. M., & Hobbs, P. V. (2006)**. *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. Elsevier.

- مورد *استفاده در مقاله:* مباحث ترمودینامیکی از جمله «رابطه کلاوزیوس–کلاپیرون» (Clausius–Clapeyron) که ثابت می‌کند به ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما، ظرفیت نگهداری رطوبت در هوا حدود ۷ درصد افزایش می‌یابد، در این کتاب مرجع دانشگاهی تشریح شده است.

---

[1] واژه‌ی «دِبی» در فیزیک و هیدرولوژی به معنای میزان جریان آب«Flow rate»، و با این اعراب خوانده می‌شود:

دِبی(Débi)