ترجمه: علی خورشید دوست
دانشگاه تبریز، گروه جغرافیا

آسیبهای جوّی
مقدمه‌ای برآب و هواشناسی کاربردی

هماهنگی آب و هواشناسی و جغرافیا را می توان از ترکیب دو واژهٔ دریونان باستان پی گیری کرد؛ واژهٔ آب و هوا[1] ابتدا مترادف شیب[2] بود و به وسیلهٔ دانشمندانی که از سواحل مدیترانه به طرف نواحی شمالی با شرایط اقلیمی سردتر و مرطوبتر یا به سوی محیط گرم و خشک جنوب در نیل و مصر مسافرت می‌کردند، قبل از میلاد مسیح برای توصیف اختلافات ناحیه‌ای به کار می رفت (تورنث وایت ۱۹۶۲). یونانیان نتیجه‌گرفته بودند که کرهٔ‌زمین بایستی در قسمت جنوب به سمت خورشید متمایل شود و به سوی بخشهای شمالی پیوسته از منبع گرما دور شود؛ این نظریه سرانجام به تقسیم عرضهای جغرافیایی زمین به مناطق حارّه، معتدله و منجمده منتهی شد و این گونه تفسیر آب وهوا درحدود دوهزار سال ادامه یافت و تا قبل از مسافرتهای بزرگ اکتشافی درقرنهای پانزدهم و شانزدهم میلادی، پیچیدگیهای واقعی توزیع ناحیه‌ای اقالیم دربوتهٔ ابهام باقی مانده‌بود. این مرحلهٔ مهم اکتشافات جغرافیایی همزمان با بیداری مجدد اندیشهٔ علمی بود که به رنسانس منجر شد، و تاکید و تداوم تجربیات و مشاهدات با توسعهٔ بعدی اسباب هواشناسی چون دماسنج که درسال ۱۵۹۳ توسط گالیله ساخته شد و فشارسنج جیوه‌ای به وسیلهٔ شاگرد او توریچلی[3] در سال ۱۶۴۳، همراه شد و موجبات سهولت پیشرفت این علم را فراهم کرد. اسباب مذکور درهمان ابتدای کار امکان مقایسهٔ کمّی مستدل و قابل اعتماد عناصر اقلیمی در زمانها و مکانهای

فصل اول کتاب Principles of Applied Climatology **به قلم** Keith Smith **از صفحهٔ** ۱ تا ۱۰ - چاپ Mc Graw Hill 1975

1 - Climate 2- Slope 3- Torricelli

مختلف را فراهم کرد. در بریتانیا از سال ۱۶۶۶ به بعد مشاهدات هواشناسی از سوی انجمن سلطنتی مورد تشویق قرار گرفت؛ و این درحالی بود که اولین گامها درجهت تأسیس شبکهٔ هواشناسی ملّی درفرانسه در خلال سال ۱۷۷۰ و در روسیه از سال ۱۸۱۷ برداشته شد (لمب[4] ۱۹۵۹). این مشاهدات به زودی اختلافات مکانی شدیدی را در عناصر جوی نشان داد. هنگام تلاش برای به حداقل رساندن اینگونه اختلافات با تأکید فراوان به استاندارد کردن اسباب هواشناسی و عرضهٔ آنها، بخشی از این تفاوتها آشکار شد. در طی قرن نوزدهم همگام با گردآوری و تحلیل داده‌های هواشناسی که در مکانهای استاندارد و در اثنای دوره‌های زمانی طولانی ثبت می شد، بتدریج علم آب و هواشناسی به وجود آمد.

همان طور که لیلی[5] (۱۹۴۹) بیان کرده، از سال ۱۸۰۰ تا نیمه قرن بیستم قسمت اعظم پژوهشهای انجام شده در زمینهٔ آب و هواشناسی در حیطهٔ توصیف و طبقه‌بندی ناحیه‌ای آب وهوا براساس میانگین حسابی بوده و توجه بسیار کمی به تفسیر فیزیکی داده‌های ثبت شده انجام گرفته است. در وهلهٔ اول، دیدگاه[6] توصیفی بزرگ مقیاس نه تنها از لحاظ دربرداشتن قالب فراگیر جهانی ارزشمند است، بلکه به جهت کمکی که از نظر درک مفهوم ناحیهٔ طبیعی درپایان قرن پیش به جغرافیدانان کرد و برای بار نخست توسط هربرتسون[7] پیشنهاد شد، ارج دارد. متأسفانه شناسایی رو به رشد مفهوم جهان طبیعی، بسیاری از جغرافیدانان آن زمان را بر آن داشت که کوشش کنند فعالیت انسان را براساس عوامل محیطی تحلیل و تفسیر نمایند.

نمونهٔ خاصی از جبرگرایی آب و هوایی در سالهای ۱۹۴۰ و ۱۹۴۵ با تأکید از سوی هانتینگتون[8] پیشنهاد شد که براساس نظریهٔ او، سهم فراوانی از تاریخ بشری، همچون دگرگونی جوامع معاصر، عکس‌العمل کمابیش مستقیمی از نوسانات آب و هوایی در مقیاسهای متفاوت زمانی می باشد. این گونه نظریات خلاصه شده و کلّی از اواخر سال ۱۹۲۰ برای بسیاری از جغرافیدانان قابل قبول نبود و چرخش اجباری رو به عقب عقربهٔ فلسفه درطی سالهای بعد، به زیان هرنوع پیشرفت در حل روابط انسان و محیط اقلیمی انجامید. در واقع در نیمهٔ اول قرن کنونی آب و هواشناسی به طور کلی دچار دگرگونی شدیدی شده‌است. بخشی از این بحران به واسطهٔ جدایی نسبی گرایشات مرسوم جغرافیایی

4- Lamb (1959) 5- Leighly (1949) 6- Approach
7- Herbertson (1905) 8- Huntington

بوده؛ امّا نکتهٔ بسیار مؤثرتر در رکود سیر تحول آب‌وهواشناسی به این دلیل است که پیشقدمی در شناخت فرآیندهای جوّی به طور جدّی فقط به وسیلهٔ علم رو به گسترش هواشناسی دنبال شد. هراندازه که هواشناسی به سمت شاخه‌ای خاص از ریاضیات کاربردی و فیزیک توسعه یافت، آب و هواشناسی فاقد وظیفهٔ مشخصی شد و مسؤولیت آن در نقش منشی گری علم هواشناسی خلاصه شد. جغرافیدانان نیز به نوبهٔ خود قادر نبودند پیشرفتهای هواشناسی درمورد خصوصیات فیزیکی طبقات بالای جو را با نیاز به شناخت بهتر شرایط جوی نزدیک سطح زمین مرتبط سازند. بنابراین تعجبی نداشت که کاهش معینی در میزان گرایش به سمت آب و هواشناسی به وجود آید. سیوول[9] و دیگران متذکر شده‌اند که نسبت مقاله‌های آب و هواشناسی به هواشناسی درمورد تأثیر اتمسفر براعمال بشر که در نشریات معتبر جغرافیایی آمریکا منتشر شده‌اند، از $\frac{1}{3}$ درسال ۱۹۱۶ به کمتر از $\frac{1}{20}$ درسال ۱۹۶۶ کاهش یافته است.

آب و هواشناسی هنوز تا حدودی با جغرافیا و هواشناسی ارتباط دارد؛ اما در سالهای اخیر نشانه‌هایی از توسعهٔ نسبی علم آب و هواشناسی به عنوان یک علم کامل دیده شده است. با این وصف درجهت مقاصد ما، دو موضوع بسیار مهم در محدودهٔ طبقات پایین زمین پیشرفت کرده‌اند؛ معلوم شده که در این محدوده خصوصیات هوابستگی فراوانی به ویژگیهای سطح زمین دارد و این که آگاهیها درقبال روابط پیچیدهٔ بین اتمسفر و چهارچوب اقتصادی- اجتماعی جهان امروز افزایش یافته است. این پیشرفتها به واسطهٔ تلاشهای دسته‌جمعی افراد بسیاری حاصل شده، ولی با نگاهی به گذشته، شاید بتوان اغلب دگرگونیها را در واژهٔ **آب و هواشناسی محیطی**[10] و با استناد به **منابع اتمسفری**[11] خلاصه کرد. این دو مفهوم، اساس و مبنای دامنهٔ کنونی فعالیتهای علم آب و هواشناسی کاربردی را نشان می دهند.

فلسفهٔ وجودی آب و هواشناسی کاربردی

بسیاری از اهداف آب و هواشناسی هنگامی مشخص شده که تورنث‌وایت (۱۹۵۳) واژهٔ **آب و هواشناسی ناحیه‌ای** را به منظور جلب توجه همه‌جانبه به کیفیت سطح زمین که بر

9- Sewell (1968) 10 - Environmental climatology 11- Atmospheric resources

تبادلات حرارتی، رطوبت و حرکات آنی اتمسفر تحتانی تأثیر می گذارد، پیشنهاد کرد. از نظر تورنث وایت، علم **خرده هواشناسی** در زمینهٔ توزیع عمودی دما، رطوبت و باد در لایه های هوای نزدیک سطح زمین تاکنون مطالعات قابل اعتمادی انجام داده و اینک باید به تحلیل اختلاف افقی این نیمرخهای عمودی که در اثر ترکیب آب و هواهای بی شمار محلّی واقع در دره ها، جنگلها، قله ها، دامنه های رو به جنوب، مزارع غلات یا مرغزارها پدید آمده، پرداخت، این اظهارات بعدها به وسیلهٔ تورنث وایت (۱۹۶۱) منتشر شد و توسط سایر جغرافیدانان از قبیل میلر و توئیدای[12] مشتاقانه دنبال شد. این جغرافیدانان زمینهٔ گسترش نظریه ای تازه برای کل جغرافیای طبیعی را به وجود آوردند و بدین ترتیب آب و هواشناسی توانست در هستهٔ مرکزی تمام علوم محیطی قرار گیرد. چنین توجهی در سال ۱۹۶۶ به وسیلهٔ هیر[13] صورت گرفت. وی اشکال اکولوژیکی، فیزیولوژیکی و هیدرولوژیکی آب وهواشناسی محیطی را مورد بررسی قرار داده و یادآور شد که تأسیس ادارهٔ خدمات علوم محیطی در آمریکا در سال ۱۹۶۶ و شورای تحقیقات محیط طبیعی در بریتانیا، دلیلی براین واقعیت است که دیدگاه کاملی در قبال محیط طبیعی در پذیرش آن همانند سایر مراکز آکادمیک از طرف حکومت به وجود آمده است.

تحلیل محیطی آب و هواشناسی که به وسیلهٔ گیگر[14] ومیلر(۱۹۶۵) به طور جامع انجام گرفت، اهمیت دوگانه ای برای فلسفهٔ وجودی آب و هواشناسی کاربردی دارد. شناخت آب و هواشناسی ناحیه ای در وهلهٔ اوّل در ارتباط مستقیم با کارکشاورزان، جنگلبانان، مهندسین آب، مهندسین حمل ونقل، معماران، یا هرحرفه ای که تا اندازه ای به شرایط اقلیمی وابسته است، می باشد. دوم این که، بدیهی است که به علّت اعمال بشر در طی قرون، قسمت اعظم سطح زمین دچار تغییراتی شده و به همین دلیل بسیاری از آب و هواهای مورد مطالعه محیطهای دگرگون شده ای را نشان می دهند. این مفهوم در سال ۱۹۵۶ توسط تورنث وایت بویژه با در نظر گرفتن آبیاری که یکی از راههای اصلی سازگاری کشاورز با اقلیم مکانش می باشد و همچنین یکی از روشهای مهم **تغییر عمدی** بیلان رطوبت سطحی به شمار می رود، ارائه شد. تورنث وایت رابطهٔ تغییرات **عمدی و غیرعمدی** اقالیم ناحیه ای در روستاها را با بررسی نقشه های پیشین مارش[15]، مبنی بر تغییرات گستردهٔ جوی با دخالت

12- Miller and tweedie (1967) 13- Hare (1966) 14- Geiger (1965)

15- Marsh (1864- 1874)

پوشش گیاهی اراضی، و به‌ویژه وجود جنگل یا تغییر رژیم هیدرولوژیکی ناشی از دریاچه‌های زهکشی یا شناخت روشهای آبیاری نشان داد. اصولاً شواهد اتفاقی مارش نتایج بسیار بزرگی را در پی داشت و امروز مشخص‌شده که دگرگونی در خصوصیات سطحی زمین در نواحی روستایی اغلب اهمیتی کمتر از نتایج اقلیمی جوامع شهرنشین دارد. از این رو اهمیت شهرها نه تنها در اختلافات شدید اقلیمی در نواحی داخل شهرها، همچنین از این جهت می باشد که نواحی دارای ساختمانهای بلند و متراکم، موجد منبع اصلی آلودگی جو هستند. انتشار مواد منتقل شونده از سوی نواحی مسکونی و صنعتی به وسیلهٔ جریان هوا موجب تغییر آب و هوای شهرها، توسط مواد آلوده کننده، در مقیاس منطقه‌ای شده و تأثیر آن در مقیاس جهانی نیز احساس می شود.

در دوسه دههٔ اخیر همواره مشخص شده که درنتیجهٔ گسترش سریع آلودگی و اثرات اختراعات و نوآوریهای تکنولوژیکی، انسان محدودیتی در عملکرد کاملاً منفی خود در برابر اتمسفر که زندگی نیاکان او را نمایان می‌کند، احساس نکرده‌است. به موازات آن روشن شده که رابطهٔ انسان و آب و هوا ناگزیر به طریقی کاملاً پیچیده توسعه یافته است. به عنوان مثال، آلودگی جو تصویر بسیار برجسته‌ای از توانایی انسان در تغییر ناخواسته و زیانبار اتمسفر به شمار می رود و نشان می دهد که جوّ نیروی بالقوهٔ نامحدودی برای پذیرش مواد زاید ندارد. درتلاش برای حفظ کیفیت محیط، اجتماع وادار شده تصمیمات اقتصادی، تکنیکی و قانونی خاصی درجهت اصلاح معیار پراکندگی و انتشار مواد آلوده کننده اتخاذ کند.

از سوی دیگر، انسان هنوز بستر اصلی تغییرات دیرینهٔ طبیعی جوّ محسوب می شود. بسیاری از قسمتهای جهان برای سکونت بشر یا فوق‌العاده سردند یا بیش از اندازه گرم؛ و بلیّهٔ بزرگ جوی همانند **هاریکان‌ها**[16]، به زیانها و خسارات وارده تداوم می بخشد. پیشرفت پیش‌بینی های هواشناسی تاحدّ زیادی موجبات پیشگویی طوفان‌های شدید را فراهم کرده؛ امّا علی رغم سرمایه گذاریها و کوششهای تحقیقاتی فراوان، اثرات خسارتهای جوی نشان می دهند که بنیادهای پیچیدهٔ اقتصادی و اجتماعی دنیای جدید بستگی فراوانی به شرایط و اوضاع آب و هوایی دارد.

16- Hurricanes

دراوایل سال ۱۹۵۰ در عصری که اطمینان و اعتقاد اشتباه حاکم بود، رفته رفته این طور به نظر رسید که انسان برای اولین بار در تاریخ توانسته هوا را دریک مقیاس کوچک کنترل کند. امّا یک بار دیگر سرمایه گذاری و تکنولوژی علمی نتوانست این رؤیا را به واقعیت تبدیل کند. برعکس، مسأله تحقیقات درزمینهٔ تغییرات اقلیمی به یکی ازمعضلات تکنیکی و بویژه در ارتباط با روش و خط ومشی اجتماعی همچون توسعهٔ تجربهٔ دگرگونیهای آب و هوایی تبدیل شده که می تواند یا باید بتواند با شناخت ناقص کنونی نتایج احتمالی تطابق پیدا کند. مجموع این روشها و ارزیابیها بتدریج منجربه شناخت اتمسفر به عنوان یک منبع طبیعی اساسی شده است که درمعرض تغییرات مکانی و زمانی بوده و دچار آلودگی گشته و درنهایت محتاج حفظ و به کارگیری آن در کارهای مختلف از جمله، منابع آب می باشیم. میلر (۱۹۵۶) یادآوری می‌کند که منابع جوّی برخلاف سایر موهبتهای طبیعی نامحدود نمی باشند و با وجودی که عناصری چون بارندگی و تابش آفتاب قابل تجدید هستند، میزان دسترسی به این منابع در هرمکانی دارای محدودیت مشخّصی می باشد. ممکن است به طرق مختلف از منابع آب و هوایی استفاده شود، که برخی از این روشها نسبت به طرق دیگر شناخته شده‌تر می باشند. بنابراین آلودگی هوا نشانه ای از استفادهٔ مداوم انسان از اتمسفر برای دفع مواد زاید، علی رغم اثرات تأسف آورآن برروی مقدار ۱۷ کیلوگرم هوایی که هریک از ما در روز تنفس می‌کنیم، می باشد (چاندلر)[17]. کشاورز از عوامل اقلیمی برای محافظت از تولیدات کشاورزی خود سود می جوید. درواقع اقلیم شناسی کشاورزی یکی از مهمترین شاخه های توسعه یافتهٔ آب و هواشناسی کاربردی به شمار می رود و چنگ[18] گزارش داده که تعداد مقاله های منتشره در مجلات کشاورزی در مورد رابطهٔ آب و هوا با رشد محصولات از حدود دو مقاله در سال تا قبل از سال ۱۹۲۰ به بیش از ۱۵ مقاله در سال درخلال دههٔ ۱۹۶۰ افزایش یافته است.

مفهوم منبع متضمّن به کارگیری روشهای تحلیل اقتصادی و نظریات اقتصادی برتر دربارهٔ اتمسفر می باشد که توسط کاری[19] و پری[20] و در کتابی ارزشمند از ماوندر[21] دربارهٔ آن بحث شده است. طبق نظر کراچفیلد[22] و سیوول (۱۹۶۸) شناخت هوا و اقلیم از نظر اقتصادی مستلزم درک و شناخت نحوهٔ به کارگیری اتمسفر برای مقاصد تولیدی، خسارات

17- Chandler (1970) 18- Chang (1968) 19- Curry (1952) 20- Perry (1971) 21- Maunder (1970)
22- Crutchfield (1968)

وارده براموال و سرمایه ها براثر حوادث جوی شدید و همچنین فقدان تصمیم گیریهای قاطع به علت عدم توانایی پیش بینی تغییرات جوی می باشد. به منظور شناخت جزییات روابط، در وهلهٔ اول شناسایی فعالیتهای اقتصادی حساس در برابر شرایط جوی به طورمستقیم و غیرمستقیم لازم است؛ تاجایی که پیشرفتهای بسیاری در زمینهٔ کشاورزی، حمل و نقل و احداث صنایع حاصل شود. زمانی که مکانیسمهای حساس در مقابل هوا به دقت شناخته شوند، تقریباً درنتیجهٔ اصلاح و ابداع روشهای ممکن در اتمسفری مسأله ساز برآورد سود و زیان میسّر خواهد شد. برنامه ریزی مؤثر بستگی زیادی به نوع فعالیت درنظر گرفته شده دارد، امّا کراچفیلدوسیوول سه برنامهٔ اساسی را ارائه کرده اند:

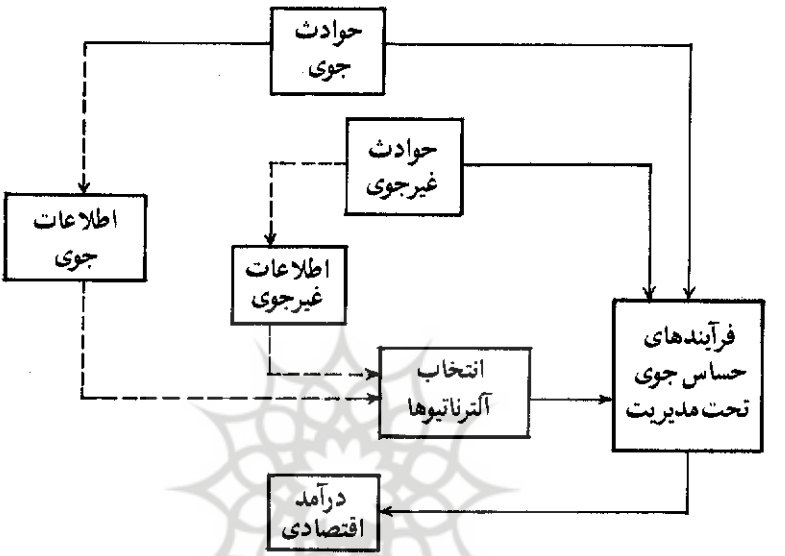
نخست، توسعهٔ طرحهای تکنیکی درجهت کاهش اثر مستقیم عوارض جوّی، و این روش می تواند چگونگی تهویهٔ هوا، تولید محصولات مقاوم به خشکسالی، بیمه کردن یا تخلیهٔ منطقه از مسیر حرکت هاریکان را در برگیرد (سیوول ۱۹٦۸). دومین مورد از بین بردن اوهام موجود در مورد اتمسفر از طریق بالا بردن اطلاعات و دانش اقلیمی است. روشهای متعددی را دراین زمینه ها می توان به کاربست، لیکن هرنوع برنامه ریزی بستگی فراوانی به پیشرفت پیش بینیهای هواشناسی دارد. به عنوان مثال لمب (۱۹٦۹) ارزش بالقوهٔ پیش بینیهای احتمالی آب و هوا را در چند سال آینده و یا حتی دهه های بعدی می داند. برنامه ریزی نهایی، سرانجام این امکان را به وجود می آورد که بتوان به طور عمدی وضعیت هوا را تغییرداد.

در حال حاضر تخمین و برآورد اقتصادی منابع جوی به مقدار زیادی محدود است زیرا حساسیت اغلب فعالیتها در مقابل هوا به ویژه از لحاظ کمی به طور کامل شناخته نشده و این عمل خود باعث ایجاد محدودیت استفادهٔ ضروری اقتصاد دانان از تکنیکها و مدلهای خاص گشته است. اخیراً پیش بینی واکنش اقتصادی دربرابر جوّ با توسعهٔ مدل سادهٔ مفهوم پیش بینی به پیشرفتی نسبی دست یافته است که درنمودار شمارهٔ ۱ آورده شده است (مک کویگ و تامپسون)[۲۳].

مثال فوق سیر حوادث طبیعی را با خطوط پیوسته وسیر اطلاعات مربوط به جریان هوا را با خطوط مقطع نشان داده و بایستی براین نکته تأکید کرد که اطلاعات

23- Mequigg. Thompson (1966)

فقط زمانی دارای ارزشند که در مراحل تصمیم گیری به کار گرفته شوند. به عبارت دیگر بیشتر تصمیمها به وسیلهٔ کسانی که از بکارگیری داده‌ها پرهیز می‌کنند یا هیچ گونه دسترسی به



نمودار شمارهٔ ۱ ـ طرح شماتیک رابطهٔ موجود بین حوادث جوی، حوادث غیرجوی، انتخاب راه حل به وسیلهٔ مدیران و برآورد اقتصادی اقدامات انجام گرفته به نقل از مک کوییگ و تامپسون (۱۹۶۶).

اطلاعات ندارند، گرفته می شود. سیوول و همکاران (۱۹۶۸) حوزه‌ای را برای تکنیکهای آماری پیچیده، همانند تحلیل فرآورده‌ها و مصارف و برنامه ریزی خطی پیشنهاد کرده‌اند که در رابطه با برآورد اقتصادی آب و هوا می باشد و اخیراً مک کوییگ کاربرد مدلهای تصویری را برای مطالعهٔ نحوهٔ عکس العمل اقتصادی در برابر حوادث جوی تشریح کرده‌است (۱۹۷۱).

در بسیاری از میادین عمل، از سوی اقتصاددانان پیشرفت قابل ملاحظه‌ای کسب شده‌است. سوای فقدان کلی اطلاعات اقتصادی قابل مقایسه با مشاهدات هواشناسی از نظر کمی و کیفی، به نظر می رسد که یکی از مهمترین کمبودها فقدان یک مدل با ظرفیت

اندازه گیری اثرات ناحیه ای آب و هوا برفعالیتهای گوناگون اقتصادی می باشد. این مسأله توسط آکرمن[۲٤] مطرح شده که مفهوم مدل ایده‌آل الگوهای هواشناسی را درجهت تعیین اثر عناصر جوی بر سیستم تولید و مصرف اقتصادی در هر ناحیه ای پیشنهاد کرده است؛ امّا همان گونه که در مورد برخی از تکنیکهای دیگرصدق می‌کند، قبل از این که چنین مدلی کاربرد داشته باشد، تحقیقات بیشتری مورد نیاز است.

البته تأکید فعلی بر برآورد اقتصادی جوّباعث نفی این حقیقت است که حتی اگر اتمسفر را به عنوان یک منبع بشناسیم، کارآیی کامل هوا و اقلیم به سطح درآمد خالص بستگی پیدا می‌کند. از اینرو نیاز مداومی برای تحقیقات بعدی درجنبه های فیزیکی (طبیعی) جوّ احساس می شود، به ویژه تاآن جا که این تحقیقات بتواند آگاهی ما را در زمینهٔ اقالیم ناحیه ای، اقلیم شناسی آلودگیها (آلودگی هوا)، پیش بینی هوا یا تغییرات هوا بالا ببرد. علاوه براین، توجه به منابع جوّی در مباحث اکولوژیکی، اجتماعی، قانونی و سیاسی نتیّجه گیریهای گسترده ای را به همراه دارد؛ زیرا استفادهٔ بشر از جوّ الزاماً فردی یا مکانی نیست. همان طور که استرام[۲۵] بیان کرده، اتمسفر مانند یک حوضچهٔ مشترک و یک منبع جاری است اما برخلاف سیستمهای منابع آبی که درخطوط تقسیم آب طبیعی شناخته شده برای سازماندهی طرحهای مدیریت منابع آب درمحدوده های معین قراردارند، اتمسفر دارای محدوده های مشخصی برای تعیین و تفکیک سیستمهای فرعی نظیر اقالیم ناحیه ای یا **هواپخشان ها**[۲٦] نیست. لذا ردیابی نتایج زیانبار به خوبی نتایج سودمند انجام نمی گیرد. امکان دارد نتایج سودمند حتی برای تصمیمات اقتصادی معقول درجهت سازگاری با طرز عمل مشخصی به کارگرفته شود. در این صورت نوع اثرات کار تقریباً مشابه نتیجه گیریهای اصلاح و سازگاری انسانها دربرابر جوّ می باشد که هم آلودگی و هم تغییرات هوا را در برمی گیرد.

تغییر غیرعمدی اتمسفر به وسیلهٔ یک گروه مطالعاتی ویژه (انستیتوتکنولوژی ماساچوست ۱۹۷۱) بررسی شده است. نیاز به اطلاعات بیشتر وجود دارد، با این وصف به عنوان مثال اسکورر[۲۷] یادآوری کرده که مدت دوام آلودگی در اتمسفر در مقایسه با آب، کوتاهتر و از چند روز در مناطق معتدله تا چند هفته درنواحی مداری متفاوت است. ولی تا

24- Ackrman (1966) 25- Ostrom (1968) 26- Airsheds 27- Scorer(1971)

شناخت آلودگی در استراتوسفر و فعل و انفعال بین استراتوسفر و تروپوسفر کاملتر شود، تصور آب و هوا به عنوان یک منبع جاری و قابل تجدید نامعقول خواهد بود. به همین ترتیب کوپر[۲۸] امکان تأثیر آلودگی و تغییر (آب و هوا) را برروی گیاهان و حیوانات مورد بررسی قرار داده است. در بعضی موارد احساس می شد که هماهنگی از بین می رود؛ هرچند به سبب عدم وجود تحقیقات بیشتر، تعیین اثرات، خواه قابل نقض باشد و خواه درقبال نتایج به دست آمده، ارزش پولی ویژه‌ای داشته باشد دچار اشکال خواهد بود.

هواشناسانی چون استاگ[۲۹]، میسون[۳۰]، وایت[۳۱] وسعت دامنهٔ مصارف اتمسفر را پذیرفته‌اند و به نظر می رسد این امر حتمی باشد که در درازمدت، اتمسفر به گونه‌ای فراگیر درجهت ارادهٔ کلی انسان قرار خواهد گرفت. موانع دشواری در سر راه وجود دارند، امّا با به کارگیری و مدیریت اتمسفر، این موانع به طور امیدوار کننده‌ای توسط سیوول (۱۹۶۸) معرفی شده‌اند. وی براین باور بود که تلاش درجهت تحقیقات بیشتر، بستگی به ابعاد انسانی هوا و اقلیم دارد. سیوول اشاره می‌کند که در آخرین مرحله، پیشرفت با میزان حمایت مالی درنظر گرفته شده برای تحقیق مرتبط است و براین عقیده بود که در شرایطی که حکومت فدرال ایالات متحده سالیانه بیش از ۲۰۰میلیون دلار هزینه برای تحقیق و گسترش علوم طبیعی اختصاص می دهد، احتمالاً کل هزینهٔ تحقیقاتی در علوم اجتماعی کمتر از ۱۰۰هزار دلار درسال بوده‌است. به همین ترتیب با وجودی که ادارهٔ خدمات علم محیط در حدود ۱۰هزار نفر پرسنل دارد، فقط ۱۰ نفر از آنان اقتصاددان حرفه‌ای تلقی شده‌اند. مسأله تعیین اولویت برای هزینه‌های تحقیقاتی در کلّ علوم جوّی از سوی شورای تحقیقات ملّی ایالات متحده (۱۹۷۱) مشخص شده‌است؛ براساس این اظهارنظر از سال ۱۹۶۰ تا ۱۹٦٤ هزینهٔ سالیانهٔ تحقیقاتی در آمریکا از ۳۷ میلیون دلار به ۲۲۲ میلیون دلار افزایش یافته است. شورای تحقیقات برآورد کرده‌است که در خلال سالهای ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۹ سرمایه گذاری کلّی مورد نیاز سالیانه به ارزش ٤۵۳ میلیون دلار بوده که ۱۹ میلیون دلار از آن به منظور تحقیق درزمینهٔ پیش‌بینی وضع هوا، ۹۱ میلیون دلار برای تحقیق دربارهٔ کیفیت هوا، ٦۰ میلیون دلار برای تحقیق در مورد تغییرات هوا و آبهوا، به همراه بیش از ۱۸۳ میلیون دلار به منظور دسترسی به پشتوانهٔ اساسی که ۱٤۰ میلیون دلار از آن برای توسعهٔ کامپیوتر وقف می شود، درنظر گرفته

28 - Cooper (1968) 29 - Stagg (1961) 30 - Mason (1961) 31 - White (1967)

شده‌است. تصور می شود سقف سرمایه گذاری برای تحقیقات جوّی الزاماً باید این مسأله را تضمین کند که مردم از منابع آب و هوایی سود کافی بدست آورند.

اثر خسارتهای جوّی

شالودهٔ اساسی آب وهواشناسی‌کاربردی، برقراری ارتباط اکولوژیکی بین انسان و اتمسفر است؛ هرچند انسان توانایی محدودی در ادارهٔ فرآیندهای جوی دارد ولی مشخصترین واکنش در برابرهوا و اقلیم از طریق سازگاری با چهارچوب اجتماعی- اقتصادی شکل می‌گیرد. با این حال، حتی در این حالت اغلب به علّت شناخت ناقص دگرگونیهای اقلیمی و به وجودآمدن فشارهایی گاه کشمکش‌آمیز در داخل خود جامعه، دامنهٔ سازگاری محدود می شود. این اصول کلّی به وسیلهٔ بلیّهٔ جوّی که از هوای آشفته ناشی می شود و به مقدار معتنابهی درنتیجه افزایش وسعت مناطق کنونی مستعد خسارت مانند جلگهٔ سیلابی و ساحل دریا تجربه شده‌اند، توجیه‌پذیر است (برتون وکیتس)[۳۲]. به عنوان مثال، افزایش ناگهانی فعالیتهای تفریحی در آمریکا در چند دههٔ اخیر، به تقاضا برای منازل ثانوی که حتی الامکان درکنار ساحل و در امتداد کرانه‌های شرقی دریا واقع شده‌اند، منجر گشته و تخمین زده شده که ما بین مین[۳۳] وکالیفرنیای شمالی تقریباً ۱۲۵ هزارساختمان در ارتفاعی کمتر از ۳متر از سطح دریا ساخته شده‌است. استقرار این ساختمانهای کم‌مقاومت بدون ملاحظهٔ این واقعیت بوده که تمام سواحل در معرض هاریکانها و سیکلونهای فوق‌مداری قرار دارد. مترودیگران[۳۴] یادآوری کرده‌اند که وقوع طوفانهایی با شدّت متوسط تا زیاد به طور میانگین در هر ۱/٤ سال یک‌بار در سواحل نیویورک و نیوجرسی انتظار می رود. از سال ۱۹۳۵ به بعد به ویژه در بخشهای نیوانگلند و نیویورک افزایش معینی در خسارتهای ناشی ازطوفانهای ساحلی به‌وجودآمده است و با این که ممکن است بخشی از این رویداد به ایجادفشارهای کم مرکزی در مراکز فشار کم بسته مرتبط باشد؛ علّت اصلی آن بدون تردید تصرف گستردهٔ حواشی ساحلی توسط انسان می باشد (مترو دیگران ۱۹٦۷).

بنابراین شاید به دلیل - بهتر است بگوییم علی رغم- ترکیب انسان اجتماعی فعلی و قدرت تکنولوژیکی او، وی به طرق مختلف در معرض خسارات و آسیبهای جوی قرار دارد.

32- Burton, Kates (1964) 33- Maine 34- Matheretal(1965)

جدول شمارهٔ ۱ بیانگر افزایش بهای اقتصادی آسیبهای ژئوفیزیکی انتخابی در ایالات متحده می باشد و می توان ملاحظه کرد که حتی بدون در نظر گرفتن خسارتهای خشکسالی، حوادث جوّی موجب به وجود آمدن قسمت اعظم تلفات و خسارتهای مالی می باشند.

جدول شمارهٔ ۱ - برآورد سالیانهٔ متوسط خسارات وارده از جانب حوادث و بلیهٔ طبیعی در ایالات متحده (به طور انتخابی)، تخمینهای سطح متوسط زیانهای وارده در یک سال را نشان می دهند. اعداد مربوط به خسارات مالی به میلیون دلار می باشند مگر این که طور دیگری بیان شده باشند.

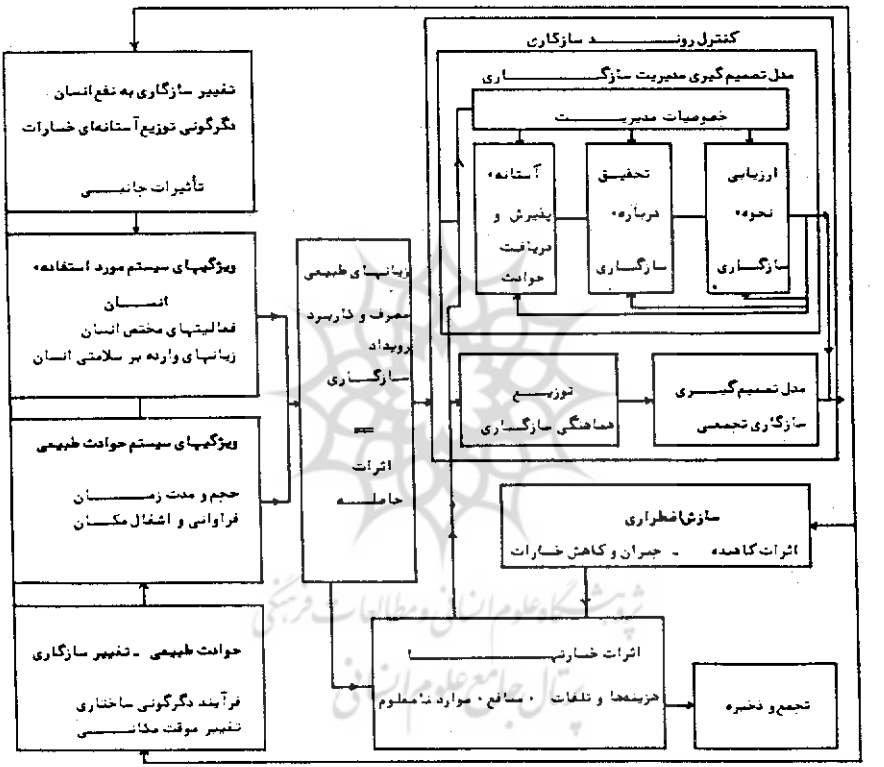
حوادث طبیعی	تلفات انسانی		خسارتهای مالی سالانه یا متوسط سالانه	
	تعداد	دورهٔ زمانی	میزان خسارت-میلیون دلار	دورهٔ زمانی
سیل	۷۰	۱۹۵۵-۶۴	۱۰۰۰	۱۹۶۶
			۳۵۰-۱۰۰۰	۱۹۶۴
			۲۹۰	۱۹۵۵-۶۴
هاریکان (توفند)	۱۱۰	۱۹۱۵-۶۴	۲۵۰-۵۰۰*	۱۹۶۶
			۱۰۰	۱۹۶۴
			۸۹	۱۹۱۵-۶۴
تورنادو (توفان پیچنده)	۱۹۴	۱۹۱۶-۶۴	۱۰۰-۲۰۰*	۱۹۶۶
			۴۰	۱۹۴۴-۶۴
			۳۰۰	۱۹۶۷
			۱۲۵-۲۵۰*	۱۹۶۶
تگرگ، باد و توفان تندری[35]			۵۳	۱۹۴۴-۵۳
رعد و برق، صاعقه و آتش سوزی	۱۶۰	۱۹۵۳-۶۳	۱۰۰	۱۹۶۵
زمین لرزه	۳	۱۹۴۵-۶۴	۹۵	۱۹۴۵-۶۴
تسونامی (زلزلهٔ دریایی)	۱۸	۱۹۴۵-۶۴		
گرما و تابش آفتاب	۲۳۸	۱۹۵۵-۶۴		
سرما	۳۱۳	۱۹۵۵-۶۴		
جمع کل	۱۱۰۶		۶۲۱-۲۱۷۴	

* خسارات وارده فقط به بیمه

35- Thunderstorm

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تمام این زیانها از اقامت مشتاقانهٔ مردم در مناطق آسیب‌پذیر شناخته شده، سرچشمه نمی گیرند و ما فقط در مرحلهٔ آغازین حل این مشکل پیچیده در مقابل حوادث شدید جوّی با سازش انسان روبرو بوده‌ایم. کیتس (۱۹۷۱) نظریهٔ سیستمهای کلی (عمومی) را پیشنهاد و در نمودار ۲ گردآوری کرده است.



نمودار ۲ - سازگاری انسان در برابر بلیهٔ طبیعی: مدل یک سیستم کلی از کیتس (۱۹۷۱)

در شکل فوق حوادث طبیعی به عنوان نتیجهٔ مشترک و متقابل سیستم مصرفی انسان نشان داده شده که به صورت کوچکترین واحد مؤثر مسؤول ایجاد سازگاری مستقل در برابر بلیّه و سیستم حوادث طبیعی مشخص می شود. این سیستم به وسیلهٔ پارامترهای آماری چون حجم، فراوانی، مدت و فاصلهٔ زمانی وقوع حادثه بیان می شود. اثرات زیانهای طبیعی به وجود آمده به نوبهٔ خود منجر به پیدایش سیستم فرعی مرکبی به نام کنترل روند سازگاری

می شوند. بنابراین از طریق سیستم نحوهٔ کنترل فرآیند سازگاری، عمل سازش در قبال صدمات از دو مرحلهٔ تغییرسازگاری در مقابل حوادث طبیعی و تغییرسازش در مصارف انسانی تشکیل می شود. در این مرحله فقط به ذکر برخی از آسیبهای متعدد اقلیمی و بیان برخی از اثرات آنها اکتفا می شود.

سیلابهای رودخانه ای یکی از گسترده‌ترین زیانهای کوتاه‌مدت هیدرو اقلیمی به شمار می روند که به دلیل تمرکز جمعیت در نواحی کاملاً مشخص خطرناک به وجود می آیند و سبب ایجاد واکنشی بسیار متمایز از سوی انسان در احداث سدّهای مخزنی و هدایت رودها می شوند. رویدادهای منفرد زیانهای قابل ملاحظه ای را پدید می آورند، به این دلیل سیلابی که در حوزهٔ رود ساوث‌پلات[۳۶] در غرب ایالات متحده در ژوئن ۱۹۶۵ سرازیر شد، منجر به کشته شدن ۶ نفر و ایجاد خسارات مالی به میزان ۵ هزامیلیون دلار شد (رستوت)[۳۷]. تقریباً ۷۵٪ خسارت به ناحیهٔ کلانشهر «دنور» وارد شد که تأکیدی است برنظر بریتر و دیگران[۳۸] مبنی براین که هراندازه تراکم جمعیّت و ارزش زمین در مناطق شهری به طور مداوم و ممتد افزایش یابد، سیلابها، هم از نظر اقتصادی و هم از لحاظ ایجاد تهدید برای زندگی، دشواری بیشتری خواهند آفرید. طبق نظر برتون (۱۹۷۰) میانگین ارزش سالانه زمینهای توسعه یافتهٔ خارج از کنترل برروی جلگه های سیلابی در کانادا بیش از ۳۰۰ میلیون دلار می باشد، درحالی که دریک طرح کنترل چند منظوره برای تورنتو، عایدی تفرجگاههای عمومی دوبرابر سود حاصل از کنترل سیلابها بوده است. بسیاری از مناطق از تناوب مازاد آب و کسری آب که مصارف واقعی جوامع کشاورزی می باشد، آسیب می بینند. این مطلب را برلی[۳۹] در بخشی از جنوب شرقی استرالیا و کولتر[۴۰] در نیوزیلند شمالی به طور مفصّل بررسی کرده اند.

نوعی زیان اقلیمی که که عمومیت و رواج کمتری دارد و اغلب در نواحی عرضهای جغرافیایی متوسط و در فصل زمستان پدید می آید، تراکم یخ و افزایش آن به دلیل انجماد قطره های باران بعد از برخورد با زمین می باشد. این عمل موجب می شود ورقه ای از یخ شفاف و صیقلی روی سطوح باز را بپوشاند و زیانهای فراوانی را به بار بیاورد. مک کی[۴۱] وتامپسون (۱۹۶۹) یادآوری کرده اند که در کانادا که اغلب مطالعات مربوط به تغییرات

36- South Platte 37- Rostvedt(1970) 38- Brater et al (1968) 39- Burley (1965)
40- Coulter (1966) 41- Mckay (1969)

افزایش یخ به واسطهٔ عوامل ارتفاعی وتوپوگرافیکی نیازمند برنامه ریزی و طرحریزی می باشند، این گونه طوفانهای یخی به مشکل بزرگی تبدیل شده‌اند. گاهی طوفانهای یخ شیشه‌ای شکل متوجه بخشهای جنوبی ایالات متحده می شوند و جدول ۲ خسارات و ارزش برآورد سادهٔ آن براثر طوفان یخی که در سال ۱۹۵۱ درتنسی به وجود آمد و باعث مرگ ۲۵ نفر و مجروح شدن ۵۰۰ نفر شد، را به طور خلاصه نشان می دهد.

جدول شمارهٔ ۲- خسارات اقتصادی ناشی از طوفان یخ شفاق در تنسی درسال ۱۹۵۱ (هارلین[42] ۱۹۵۲)

موضوع ونوع خسارت	ارزش خسارت وارده به میلیون دلار
جنگل	۵۶
ارتباطات وخطوط انتقال نیرو	۱۰
خیابانها و بزرگراهها	۱۵
درختان میوه و خشکبار	٤
ساختمانها و لوله کشی	٤/۳
احشام	۳
حبوبات ومحصولات قابل حمل	۱/۶

امّا رایجترین زیانهای آب و هوایی ناشی از طوفانهای شدید کونوکتیو[43] می باشد که تهدید خاصی به علّت بارندگی سنگین، تگرگ، بادهای شدید و رعدوبرق به همراه دارد. بارش تگرگ آسیب رایج درچندین منطقهٔ درون خشکیها درفصل تابستان می باشد و ایالات متحده نیز از آن مستثنی نیست. چانگ نون[44] بیان کرده که مجموع میانگین سالیانهٔ خسارت ملّی وارده به محصولات و اموال بر اثر بارش تگرگ در ایالات متحده درحدود ۳۱۵میلیون دلار است که ۲۸٤ میلیون دلار آن مربوط به زیانهای وارده بر محصولات که نشاندهندهٔ ۱ درصد تولیدات ملّی زراعی است می باشد با این که بسیاری از تجربیات در مورد

42- Harlin (1952) 43- Convective 44- Changnon(1972)

پیشگیری خسارات تگرگ مورد بررسی قرارگرفته‌اند، پاسخ معمولی انسان به این صدمات، بیمهٔ محصولات می باشد. در شرایط کنونی درحدود ۱۵٪ ارزش تولیدات ملّی در ایالات متحده به همین علت بیمه شده‌اند. براساس اطلاعات به دست آمده، منبع بسیار قابل اعتمادی از داده‌ها برای ارزیابی اثرات اقتصادی آشفتگیهای جوّی نسبت به هرگونه صدمهٔ اقلیمی دیگر وجود دارد. همان‌طور که انتظار می رود، آسیب‌پذیرترین منطقهٔ بارش تگرگ «گریت پلینز»[45] می باشد که میزان خسارت سالیانهٔ وارده به آن‌جا درحدود ۸۶ میلیون دلار است. منطقهٔ «کورن‌بلت»[46] از این لحاظ در ردهٔ دوم قرار می گیرد.

عمده‌ترین مسأله علیه‌سازگاری انسان با تغییر هوا به وسیلهٔ بیمه، از طوفانهای ناگهانی ای ناشی می شود که بین ۱ الیٰ ۵ میلیون دلار زیان وارد می‌کنند که ۱۵ تا ۷۵٪ مجموع خسارات سالیانهٔ در عرض یک روز در یک ایالت را شامل می شود. طوفانهای شدید تابستانی نیز از پدیده‌های نیمهٔ غربی می باشد. به عنوانِ نمونه، ایالت ایلی نویز هم از لحاظ بدهی بیمهٔ تگرگ و هم از نظر مرگ و میر ناشی از تورنادوها مقام اوّل را در ایالات متحده دارد. ویلسون[47] و چانگنون نشان داده‌اند که در خلال دورهٔ زمانی ۶۹-۱۹۱۶ ایالت مذکور به طور میانگین در هر سال از ۱۰ تورنادو (توفان پیچنده) آسیب دیده که این تورنادوها باعث مرگ ۱۹ نفر و زخمی شدن ۱۱۰ نفر در سال شده‌اند. به همین ترتیب چانگتون (۱۹۶۴) بیان کرده که رعد و برق، شکل دیگری از ضایعات شدید اقلیمی می باشد که در ایلی نویز ثبت شده و تجزیه و تحلیل آمارهای هواشناسی یک دورهٔ ۳۴ ساله نشان داده که همه ساله به طور متوسط ۶ نفر در اثر رعد و برق کشته شده‌اند و مجموع صدمات مالی از ۱۰۰ هزار دلار نیز افزون بوده است. جدول شمارهٔ ۳ خسارتهای وارده بر اموال و محصولات در ایلی نویز را در اثر آشفتگیهای جوی براساس آمارهای دورهٔ زمانی ۵۷-۱۹۵۰، فهرست وار آورده است و ملاحظه می شود که در طی این دورهٔ زمانی متوسط خسارتهای سالیانه بیش از ۱۶ میلیون دلار برآورد شده است.

با این وجودبرجسته‌ترین پدیدهٔ زیانبار جوّی «هاریکان یاتوفند» می باشد که در ساحل خلیج و کرانهٔ شرقی ایالات متحده چنان تهدیدی معمولی محسوب می شود که نشریه‌ای دربارهٔ فصل هاریکان اقیانوس اطلس به طور سالیانه منتشر می شود (سیمپسون و پلی سیر)[48].

45- Great Plains 46- Corn Belt 47- Wilson(1971) 48- Simpson, Pelissier(1971)

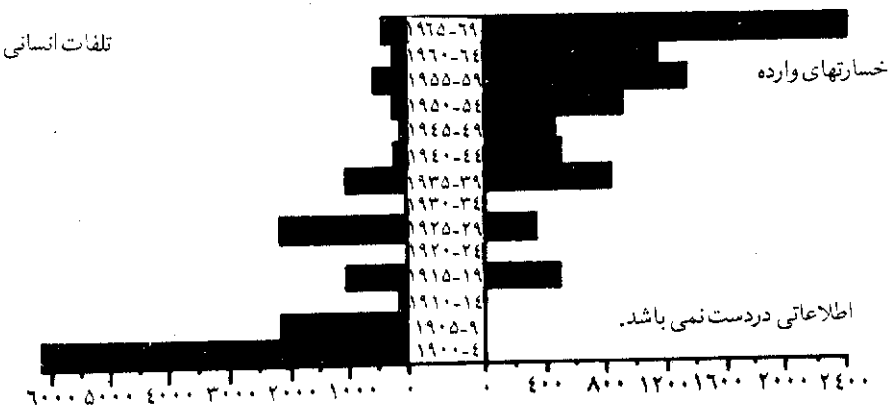
جدول شمارهٔ ۳ـ متوسط خسارتهای سالانهٔ وارده بر اموال و محصولات در ایلی نویز بر اثر طوفانهای سخت محلی در اثنای ۵۷-۱۹۵۰ (از چانگنون ۱۹۷۲).

	میانگین خسارت به هزار دلار		
	اموال	محصولات	جمع کل
تگرگ	٤٦۰/۹	۳٦۸۰	٤۱٤۰/۹
بارندگی سنگین	۲٦۳۵	۱۵۰۳/۸	٤۱۳۸/۸
باد	۳۳۵۲	۳۸٦/۸	۳۷۳۸/۸
تورنادو(توفان پیچنده)	۲٤۵۳/٦	۱۰/۲	۲٤٦۳/۸
طوفانهای زمستانی	۱۷۸۰/۳	۰	۱۷۸۰/۳
رعدوبرق وصاعقه	۱۰۵	۳	۱۰۸
مجموع	۱۰۷۸٦/۸	۵۵۸۳/۸	۱٦۳۷۰/٦

هاریکان کمیل[۴۹] مخربترین هاریکان ثبت شده از سی هاریکان اقیانوس اطلس در سال ۱۹٦۹ توسط سیمپسون و همکاران (۱۹۷۰) بود که خسارات مالی آن بیش از ۱/٤ میلیارد دلار برآورد شد. در بین تندبادهای معروف به طوفان مرگ، هاریکانها عمده‌ترین گروه را تشکیل می دهند و از سوی کرسمن[۵۰] به عنوان رخدادهای جوی شدیدی معرفی شده‌اند که بیش از ۱۰۰ کشته برجای نهاده‌اند و اگر اثرات مثبت پیش‌بینی های موجود و سرویسهای هشداردهنده وجود نداشت، تخمین زده شده که تعداد تلفات ناشی از هاریکان کمیل در سال ۱۹٦۹ که ۳۵۰ الیٰ ٤۰۰ نفربود، به راحتی می توانست از مرز دهها هزار نفر بگذرد.

تا زمان پیدایش تجربیاتی در زمینهٔ تغییر (هوا)، توسعهٔ شگردهای پیشرفتهٔ پیش‌بینی و تخلیهٔ افراد و سایر فعالیتهای اضطراری، فقط توانسته است عکس‌العمل ممکن برای انسان در برابر هاریکانها را نشان دهد. نتایج درازمدت حاصله از این خط ومشی در ایالات متحده در شکل بالا نشان داده شده‌است. شکل مزبور گویای این واقعیت است که هشدار دهنده‌های پیشرفتهٔ پیش‌بینی وقوع هاریکانها، کاهش فزاینده‌ای در تعداد تلفات و مرگ و

49- Camile 50- Cressman(1969)



نمودار شمارهٔ ۳- روند خسارتهای ناشی از هاریکانها در ایالات متحده که از آمارهای یک دورهٔ زمانی ۵ ساله استخراج شده است. از جنترای[51] (۱۹۷۰).

میر ناشی از هاریکان را از آغاز این قرن موجب شده؛ هرچند همزمان با آن افزایش معینی در اثرات اقتصادی این تندبادها ظاهر شده است (جنتری ۱۹۷۰). با افزایش زیانهای ناشی از هاریکان، گویا به نظر می رسد که امروزه بکارگیری هرگونه تکنولوژی قابل دسترسی بی نتیجه باشد، با این وصف ساگ[52] تأکید می‌کند که حتی اگرچه به دلیل نقص و کاهش میزان پیش بینی ها، منطقهٔ مورد هشدار به طور عادی اگر ۳برابر بزرگتر از ناحیه ای باشد که سرانجام آسیب می بیند، سیستم های هشداردهندهٔ موجود، پس انداز و ذخیرهٔ مالی قابل ملاحظه ای را به وجود آورده اند. بنابراین هاریکان به طور متوسط در یک فصل، خسارتی معادل ۳۰۰ میلیون دلار وارد می‌کند که می توان آن را با هزینهٔ بسیار ناچیز ۲/۷ میلیون دلاری مربوط به مطالعهٔ مقدماتی وضعیت جوّ و ایجاد ارتباطات و نیز هزینهٔ ۶/۸ میلیون دلاری مربوط به،به کارگیری اقدامات امنیّتی و تخلیهٔ سکونتگاهها مقایسه کرد. لذا کل هزینه و ارزش خسارتهای وارده درحدود ۳۱۰ میلیون دلار بوده که ۲۵ میلیون دلار از آن، درنتیجهٔ ایجاد سرویسهای پیش بینی و هشداردهی احیاء شده است. ساگ تخمین زده که

51- Gentry (1970) 52- Sugg (1967)

ارزش پیش‌بینیها اساساً در مطالعات جوی معادل ۲/٤ میلیون دلار بوده است، امّا برآوردشده، هنگامی که هاریکانها زمین را مورد هجوم قرار می دهند، سیستم هشداردهنده سود خالصی مابین ۳ تا ٤ برابر هزینه را حفظ و عودت داده‌است. دربعضی بخشهای جهان پیش‌بینی هاریکان از پیشرفت کمتری برخوردار بوده و میزان تلفات ناشی از آن بدون استثناءِ بالا است. سواحل بنگلادش منطقهٔ آسیب‌پذیری است که از این لحاظ مشهور است، زیرا حواشی پست ساحلی دردهانهٔ خلیج بنگال به آسانی به وسیلهٔ امواج طوفانی بزرگ زیرآب فرو می رود. در نوآمبر سال ۱۹۷۰ براثر وقوع هاریکان حداقل ۳۰۰ هزار نفر جان خود را از دست دادند. کوتسوارم[۵۳] معتقد بود که شبکه پراکندهٔ مطالعات هواشناسی درمنطقه، درشناخت اولیهٔ سیکلونهای (مراکز کم‌فشار) مداری با اشکال مواجه شده، لیکن اطلاعات کسب شده توسط منابع ماهواره‌ای، رادار، و هواپیما خلاءِ موجود را تاحدی برطرف کرده‌است، علاوه براین، درجهت مقابله با هاریکانهایی که از خلیج بنگال حرکت می‌کنند، برای محاسبه، تغییرات سطح آب دریا مدلهای ریاضی به کار رفته‌اند که نتایج این بررسیها را می توان برنامهٔ هشداردهندهٔ توسعه یافته‌ای تلقی کرد (داس، فلیرل و رابینسون)[۵۴].

علاوه‌براین‌که‌تأثیرات هاریکانها،شدیدترین نوع آسیبهای جوی به‌شمارمی آیند ممکن است بتوان برای تشریح این اصل که به طورکلّی اثر خالص زیانهای جوی همواره زیانبار است، آنهارا شدیدترین آسیبهای جوی قلمداد کرد. یکی ازمتغیرترین پدیده‌های سیستم هاریکان تغییر میزان بارندگی حاصل از آنهاست رلیه[۵۵] گزارش داده که بین سالهای ۱۸۸۱ تا ۱۹٦۷ تعداد ٤۰۰ هاریکان برجریان رود اوهایو تأثیر گذاشته‌اند. این اثرات شامل افزایش رطوبت خاک و ایجاد جریانات سیلابی بوده‌است. با وجود آن که بعضی از هاریکانها سیلابهای فاجعه‌باری را به ارمغان می آورند، ولی عمومیترین منفعت آنها زمانی است که درنواحی مواجه باخشکسالی بارندگیهای فراوانی به وجود می آورند. بنابراین با ملاحظهٔ ۹بار وقوع هاریکان در ایالات متحده در خلال ۱۹۲۸ و۱۹٦۳،ساگ (۱۹٦۸) پی برد که هرتوفانی، پدیدهٔ خشکسالی را درناحیه‌ای به وسعت ۲٦۰۰۰ تا ۱۵۵۰۰۰ کیلومترمربع به پایان برده‌است. این طوفانها سه‌بار خسارتهای جزیی بدون تلفات به بارآوردند، درحالی که در مناطقی با وسعتی بیش از ۱۰۰۰۰۰ کیلومترمربع، خشکسالی را فرونشاندند.

53- Koteswaram (1971) 54- Das, Flierl, Robinson (1972) 55- Relyea (1969)

عموماً اقتصاد کشاورزی دربرابر بارندگیهای ناشی از هاریکان بیش از همه حساس است و در واقع بارندگی شدید به همراه بادهای سخت، خسارتهای گسترده‌ای به محصولات ایستاده وارد می‌کند. چنین اتفاقی در سپتامبر ۱۹۶۷ که هاریکان بولا[56] در درهٔ ریوگراند[57] واقع در تگزاس به وقوع پیوست و میوه‌ها (گریپ فروت و پرتقال زودرس) را از درختان ریخت و خسارتی به میزان تقریباً ۲۵ میلیون دلار متوجه صنعت میوه کرد، روی داد (فلیتزر)[58]. در تلاش برای ایجاد تعادل بین منافع کشاورزی و زیانهای حاصل از بارندگیهای هاریکانها، درجنوب شرقی ایالات متحده هارت‌من و همکارانش[59] یک سری معادلهٔ رگرسیون برای تولیدات گوناگون زراعی ابداع کردند که برحسب دوره‌های بارندگی بیش از ۱۰ روز بوده و نتیجه‌ای که گرفته شد، این بود که هرچند اثرات خسارات تا حدودی بستگی به زمان وقوع و عملکرد هاریکانهای منفرد دارد، طوفانهایی که در قسمتهای بسیار فعال فصل خیزش هاریکان بین اوت و اوایل اکتبر ظاهر شده‌اند، برای تولیدات زراعی تقریباً زیانبار بوده‌اند، درحالی که هاریکانهای ماه‌ژوئیه سودمند بوده‌اند. حتی هاریکانهایی که زیانهای قابل ملاحظه‌ای دارند درنتیجهٔ جبران بیمه برای نواحی آسیب‌پذیر باعث توسعهٔ اقتصادی شده جالب توجه این است که ماهیگیران درنواحی تجمع خرچنگهای دریایی در جزیرهٔ کوچک فلوریدا[60] بعد از تلاطم دریا و جزر و مدهای بلندناشی از عبور هاریکانها به پیشرفتهای چمشگیری دست یافته‌اند. دربعضی موارد منافع درازمدتی نیز عاید شده و ویور[61] نتایج حاصله از هاریکان ژانت[62] که در سپتامبر ۱۹۵۵ بعد از عبور از جزایر بادگیرگرانادا منجر به کشته شدن ۱۰۰ نفر و بی خانمانی ۲۰ هزارنفر شد را یادآوری کرده است. اثرات اقتصادی کوتاه‌مدت هاریکان مزبور خسارتبار بوده است و از آن‌جایی که این جزیره شدیداً متکی به صادرات گردو و کاکائوبود، نواحی زراعی این گیاهان تقریباً به میزان ۴۵ تا ۷۵٪ تخریب شد. با این وصف در عرض چند سال با آغاز تولید موز وگونه های سریع‌الرشد گردو و کاکائو، صادرات کشاورزی احیاء و کمکهای خارجی منجر به توسعهٔ عظیم ارتباطات و فعالیتهای عمومی شد. اثر این هاریکان با اثرات ناشی از جنگ قابل مقایسه بود زیرا با این که هاریکان مذکور جامعهٔ آن‌جا را دچار بدهی کرد، همچنین به صورت نیروی محرکی آن جامعه را به سمت مدرنیزه شدن مورد نیاز سوق داد.

56- Beulah (Harricane) 57- Riogrand 58- Flitters 59- Hartman et al
60- Florida keys 61- Weaver (1968) 62- Janet