

## در میزگرد تخصصی «طبیعت ایران» مطرح شد تغییر اقلیم و تأثیر آن بر محیط‌های طبیعی کشور

تغییر اقلیم یکی از چالش‌های مهم و اساسی امروز دنیاست، به طوری که، افزایش گازهای گلخانه‌ای به عنوان مهم‌ترین عامل ناشی از فعالیت‌های انسانی در تغییر اقلیم مورد توجه همگان قرار گرفته است. ایران نیز مانند سایر کشورها با این چالش مواجه بوده، محیط‌های طبیعی آن، تحت تأثیر این چالش قرار داشته و افزون بر سوء مدیریت‌ها بر زوال بسیاری از اکوسیستم‌های آسیب‌پذیر اثر گذاشته است. تغییر اقلیم و تأثیر آن بر محیط‌های طبیعی ایران، موضوع گفت‌وگوی چالشی این شماره از نشریه طبیعت ایران است. مهمانان این شماره، سال‌های طولانی در حال مطالعه و پژوهش پیرامون این موضوع بوده‌اند، در اینجا قصد داریم نتایج فعالیت‌های ایشان را مطرح کنیم. در این گفت‌وگو از حضور آقایان دکتر مصطفی جعفری، دکتر محمد خسروشاهی، دکتر مرتضی خداقلی و سرکار خانم دکتر فاطمه درگاهیان بهره برده‌ایم.

طبیعت ایران:

آقای دکتر جعفری، با توجه به تجربه چندین ساله شما در حوزه تغییر اقلیم، انتشار مقالات متعدد مرتبط با این موضوع و حضور فعال در مجامع تخصصی ملی و بین‌المللی، لطفاً با توجه به آثار تغییر اقلیم بر محیط‌های طبیعی، آخرین اخبار و اطلاعات موجود و مطرح را در سطح جهانی ارائه فرمایید. دکتر مصطفی جعفری (سر مؤلف ارزیابی جهانی تغییر اقلیم، IPCC) و برنده مشترک جایزه صلح نوبل در سال ۲۰۰۷ میلادی، عضو هیئت علمی و مشاور تغییر اقلیم مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور- مجری تدوین استراتژیک «برنامه کلان تحقیقات تغییر اقلیم»

نخست، از آقای دکتر رحمانی و همکاران محترم‌شان به خاطر توجه به این موضوع مهم



دکتر مرتضی خداقلی



دکتر محمد خسروشاهی



دکتر مصطفی جعفری



دکتر فاطمه درگاهیان



قدردانی می‌کنم. برای اینکه ابعاد و اهمیت موضوع در مقیاس جهانی، منطقه‌ای، ملی و محلی روشن شود، لازم است توضیحاتی را خدمت شما ارائه نمایم. با توجه به شرایط ویژه تغییر اقلیم، آثار این موضوع در تمام سطوح قابل‌ملاحظه و قابل‌توجه است. اگر بعضی مسائل، گاهی در مقیاس جهانی مطرح می‌شوند، بی‌شک در مقیاس‌های منطقه‌ای، ملی و محلی نیز آثار خود را به جای می‌گذارند. هنگامی که دولت‌ها با موضوع تغییر اقلیم مواجه شدند، سعی کردند آن را به یک شکل منطقی مطرح و با آن یا به‌طور مناسب مقابله کنند، یا مواجه شوند. سپس، تشکیلات IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) یا به‌عبارت‌دیگر «مجمع بین‌الدول تغییر اقلیم» شکل گرفت

تا تغییرات اقلیمی به‌صورت علمی ارزیابی شود. درواقع، مجمع بین‌الدول تغییر اقلیم، این موضوع مهم را به‌صورت علمی، توسط دانشمندان از نقاط مختلف جهان ارزیابی (Assessment) و گزارش می‌کند. IPCC در سال ۱۹۸۸ با کمک WMO (سازمان هواشناسی جهانی) و UNEP (برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد) تشکیل شد. «مجمع بین‌الدول تغییر اقلیم» براساس وظایف پیش‌بینی‌شده با کمک دانشمندان و بر مبنای مقالات و گزارش‌های علمی منتشرشده شروع به ارزیابی تغییرات اقلیمی و ارزشیابی اتفاقات کرد. مجمع، کار ارزیابی را در قالب سه گروه کاری به اجرا در می‌آورد، گروه کاری اول، مبنای علمی و فیزیکی تغییرات را بررسی می‌کند، گروه کاری دوم، آثار، سازگاری و آسیب‌پذیری را بررسی می‌کند (که ممکن است موضوع مدنظر شما باشد) و گروه سوم کاهش انتشار را بررسی می‌کند که درواقع به کاهش آثار منفی منتهی می‌شود. عامل اصلی اثرگذار در تغییر اقلیم، آثار انسان‌محور است. به‌عبارت‌بهرتر، این مفهوم را در بردارد که ممکن است آثار تغییر اقلیم، آثاری را به همراه داشته باشد که بخشی از آن طبیعی باشد، مانند زاویه خورشید، آتشفشان‌ها و سایر موضوعات، ولی آن چیزی که در IPCC (مجمع بین‌الدول تغییر اقلیم) و تغییر اقلیم مطرح است، ابعاد انسان‌محور موضوع است که بیشتر منجر به انتشار گازهای

گلخانه‌ای و افزایش دی‌اکسیدکربن می‌شود، این موضوع با افزایش دما ارتباط مستقیم دارد، یعنی هر چه میزان انتشار این گازها بیشتر باشد، میزان افزایش دما بیشتر می‌شود و آثار تغییر اقلیم بیشتر مشاهده خواهد بود. انتشار این گزارش‌ها نتایجی را نیز در پی داشته است. نتیجه اولین گزارش (FAR) ارائه‌شده در سال ۱۹۹۰، تشکیل کنوانسیون تغییر اقلیم بود.

کنوانسیون تغییر اقلیم (UNFCCC, Unit-ed Nations Framework Convention on Climate Change) به موضوعات سیاسی و سیاست‌گذاری‌های مربوط به تغییر اقلیم توجه می‌کند و دولت‌ها در این کنوانسیون ایفای نقش می‌کنند. بعد از تشکیل کنوانسیون و انتشار دومین گزارش (SAR) در سال ۱۹۹۵، پروتکل کیوتو تصویب شد، میزان انتشار کشورهای موضوع این پروتکل بود، درواقع، پروتکل کیوتو سهم دولت‌ها را از این موضوع معین کرد. وقتی در سال ۱۹۹۷ میلادی، پروتکل کیوتو در شهر کیوتوی ژاپن توسط کشورهای تصویب شد، ۳۷ کشور صنعتی، که بیشترین سهم را در انتشار گازهای گلخانه‌ای در دوران صنعتی داشتند، در لیست ضمیمه یک (Annex 1) پروتکل قرار گرفتند. این کشورها موظف شدند، هزینه‌ای را که با انتشار این گازها به کشورهای مختلف تحمیل کرده‌اند، تأمین کنند. انجام این تعهدات از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۲ در کنوانسیون تغییر اقلیم مطرح شد. در سال ۲۰۱۲، جلسه دیگری در دوحه قطر تشکیل و انجام این کار از ۲۰۱۳-۲۰۲۰ مطرح شد. جلسه‌ای که بتواند زمینه مذاکرات این سهم‌خواهی دولت‌ها را با یکدیگر فراهم نماید. ممکن است طرح این موضوع در کشورهای در حال توسعه، به حق باشد، از نظر این کشورها، آنها هم مثل کشورهای صنعتی خواستار توسعه هستند، به بیان دیگر، همان‌طور که آنها توسعه دارند، ما هم باید توسعه داشته باشیم، چرا حالا که آنها تخریب کردند، ما را محدود می‌کنند که ما توسعه را انجام ندهیم. از نظر بنده با توجه به شرایط بحرانی ایجادشده، این کار باید با کمک و مساعدت مجامع مختلف



بین‌المللی و منطقه‌ای در کشورهای مختلف و در سطوح مختلف به‌طور شایسته انجام شود، این نکته بسیار مهم است. ما با توجه به منافع ملی، نباید موضوع تغییر اقلیم را تنها از زوایای خاص نگاه کنیم، چون وقوع تغییرات در یک نیم‌کره زمین، روی نیم‌کره دیگر آن تأثیرگذار است، به‌عبارت‌بهرتر، اگر ما روی یکی از نیم‌کره‌های زمین اقدامی را انجام دهیم، در آن سوی زمین نیز تأثیرگذار خواهد بود، زیرا جو زمین و جریانات جوی، تحرک دارند.

یک گروه ویژه (Task force) هم در IPCC وجود دارد، این گروه فهرست‌برداری (Inventory) گازهای گلخانه‌ای را انجام می‌دهد، محور تمام بحث‌های تغییر اقلیم، گازهای گلخانه‌ای است. شما از هر طرف که وارد این بحث شوید، به موضوع «گازهای گلخانه‌ای» می‌رسید. همان طور که مطلع هستید، در سال ۲۰۱۵ هم متن توافق پاریس (Paris Agreement) توسط سران کشورها به تصویب رسید که در تداوم همین مباحث بود.

گزارش‌های منتشرشده توسط IPCC، این موضوع را روشن می‌کند. گزارش اول (FAR) در سال ۱۹۹۰، گزارش دوم (SAR) در سال ۱۹۹۵ و گزارش سوم (TAR) در سال ۲۰۰۱ منتشر شد. با توجه به سال انتشار گزارش‌ها، تدوین و انتشار هر گزارش ۵ تا ۶ سال زمان می‌برد. این گزارش‌ها به معنای تحقیقات نیست، به معنای استفاده از تحقیقات منتشرشده است. مبنای این گزارش‌ها مقالات علمی (ISI) منتشرشده یا به‌عبارت‌بهرتر (peer-review) داوری شده است که در کشورهای مختلف توسط محققان انجام و منتشر شده است. اعضای متعهد در این کنوانسیون هیچ چیز غیرقابل قبولی را در این مجموعه‌ها قرار نمی‌دهند. گزارش چهارم Fourth Assessment Report - AR4 در سال ۲۰۰۷، گزارش پنجم (AR5) در سال ۲۰۱۴ و گزارش ششم (AR6) یعنی آخرین گزارش ارزیابی تاکنون در سال ۲۰۲۱-۲۰۲۲ منتشر شد. در اینجا به‌طور مختصر به مهم‌ترین مسائل مورد تأکید در گزارش ششم، اشاره خواهیم

کرد. کشور ما، در تقسیمات جغرافیایی این گزارش جزو کشورهای منطقه غرب آسیا محسوب می‌شود. بنده به‌عنوان سرمؤلف ارزیابی جهانی تغییر اقلیم در بخش آسیا مسئولیت داشتم، بخشی از گروه کاری دوم که تحت عنوان اثرگذاری، سازگاری و آسیب‌پذیری فعالیت می‌کند (IPCC-WG2- Impact, adaptation and vulnerability). موضوعاتی به‌عنوان عامل تغییردهنده در این گزارش مطرح شده است، به‌عبارت‌دیگر پیش‌ران‌هایی وجود دارند (Climate Impact Drivers) که از عوامل اثرگذار در تغییر اقلیم محسوب می‌شوند. ازجمله پیش‌ران‌ها، حرارت و سرما است. حرارت و سرما باعث می‌شود، موضوعات موردبررسی را با این عوامل بسنجیم. عوامل دیگری همچون باران و خشکی، برف و یخ، باد، مسائل ساحلی و اقیانوس‌های آزاد نیز قابل ذکر خواهند بود. این‌ها عواملی هستند که هرکدام‌شان آستانه‌ای دارند. وقتی وقوع این عوامل از آستانه‌ها

فراتر رفتند و از مقادیر حدی‌اش خارج شدند، شرایط غیرمتعارفی ایجاد می‌شود، مثلاً وقتی باد از شدت آستانه فراتر می‌رود، باعث ناهمگنی و تغییرات می‌شود و وقتی دما افزایش می‌یابد، خشک‌سالی‌ها بیشتر می‌شود. اتفاقاتی که روی داده است و به‌صورت داده‌های قطعی می‌توانیم به آن استناد کنیم. گرمای شدیدی اتفاق افتاده است که هم تکرار و هم شدت بیشتری

داشته است، یعنی از مقادیر حدی فراتر رفته است. باران‌های سنگینی که هم تکرار و هم شدت بیشتری داشته‌اند، اتفاق افتاده است. در بعضی از مناطق، خشکی‌های بیشتری مشاهده شده است. آتش‌سوزی‌هایی با منشأ تغییرات اقلیمی، هم تکرار و هم شدت بیشتری داشته است، توضیح این نکته لازم است که آتش‌سوزی‌ها منشأهای مختلفی دارند. افزایش دما باعث گرم شدن آب اقیانوس شده است، آب اقیانوس‌ها اسیدی شده‌اند و کاهش اکسیژن در آنها مشاهده شده است.

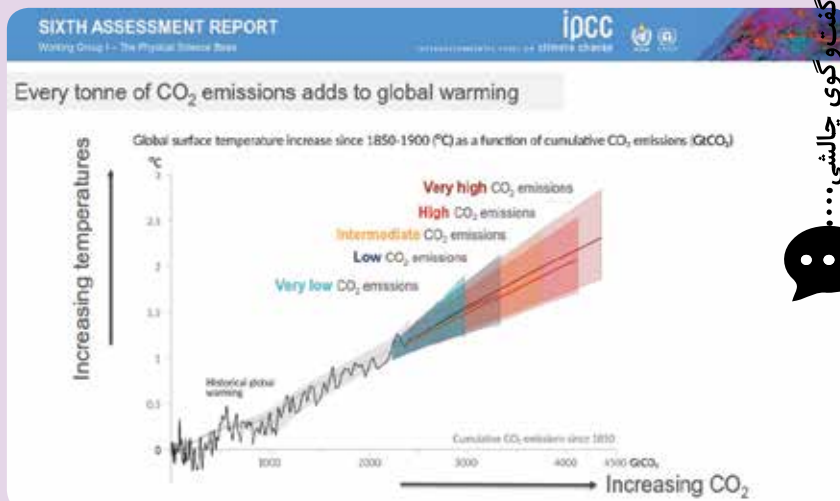
دانشمندان برای بررسی میزان انتشار دی‌اکسیدکربن با دما، ۵ سناریو را تعریف کردند. این سناریوها برای سنجش میزان حجم دی‌اکسیدکربن از عبارت‌های «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «زیاد» و «خیلی زیاد» استفاده می‌کنند. در این سنجش برای میزان آثار، یک سقف حداکثری تعیین شده



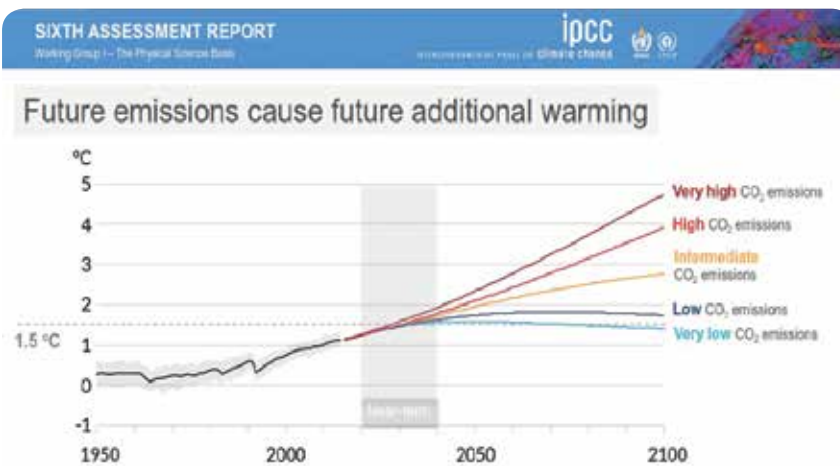


است. این سقف حداکثری برای دما، ۱/۵ تا ۲ درجه سانتی‌گراد (سلسیوس) است (شکل ۱). این دما در توافق پاریس مورد توجه قرار گرفت. در این توافق، به این نتیجه رسیدند، که اگر ما برای کاهش دما اقدام نکنیم و دما را تا ۱/۵ تا ۲ درجه سلسیوس (سانتی‌گراد) حفظ نکنیم، شرایط محیط‌های طبیعی و نیز شرایط زندگی در محیط‌های شهری دچار اختلالاتی می‌شود که قابل مدیریت نخواهد بود و این مهم را در سه دوره کوتاه‌مدت (شکل ۲)، میان‌مدت (شکل ۳) و بلندمدت مطرح کردند. در برنامه بلندمدت (Long term) (تا سال ۲۱۰۰) اگر دما را کنترل نکنیم ممکن است تا ۵ درجه سانتی‌گراد نیز افزایش دما داشته باشیم. برنامه میان‌مدت (Mid term) تا سال ۲۰۵۰ و برنامه کوتاه‌مدت (Near term) تا سال ۲۰۳۰ است. هنگامی که انتشار دی‌اکسیدکربن (گازکربنیک) کنترل نشده باشد، امکان افزایش دما تا ۵ درجه سانتی‌گراد خواهد بود، اگر انتشار دی‌اکسیدکربن را زیر کم، کم و خیلی کم نگه داریم، امکان حفظ دما از ۱/۵ تا ۲ درجه سانتی‌گراد در برنامه‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت وجود دارد.

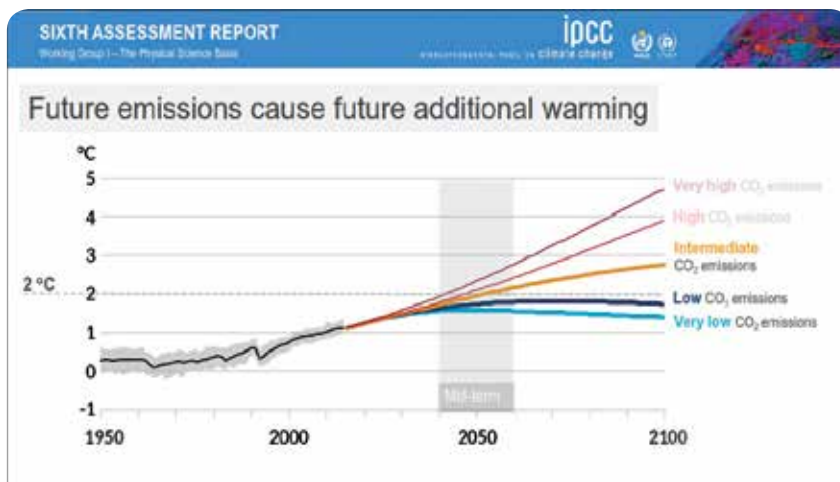
حال این سؤال پیش می‌آید، چگونه به این داده‌ها استناد می‌کنیم؟ نخست، یک سری از داده‌ها (Observation) یا به‌عبارت‌دیگر، مشاهدات توسط دستگاه‌های مختلف سنجش به دست می‌آیند، مثلاً دما با دماسنج، یا باران با باران‌سنج اندازه‌گیری می‌شود، یا وسیله‌هایی وجود دارند که در اقیانوس‌ها تغییرات دما را اندازه‌گیری می‌کنند، یا دستگاه‌هایی را به جو می‌فرستند که در ارتفاعات مختلف دما را ثبت و ضبط می‌کنند. دوم، یک سری از داده‌ها را داده‌های جایگزین، یا (Proxy Data) می‌گویند، که از طریق مطالعه و تحقیقات با متدولوژی‌های متفاوت به دست می‌آیند، مثلاً وقتی روی یک پروژه مطالعه می‌کنید یا روی بقایای جانوران در محیط‌های مختلف یا به شکل‌های مختلف کار می‌کنید که دارای متدولوژی‌های مختلف است، یا مثلاً روی یخ‌های قطبی کار می‌کنید که میزان



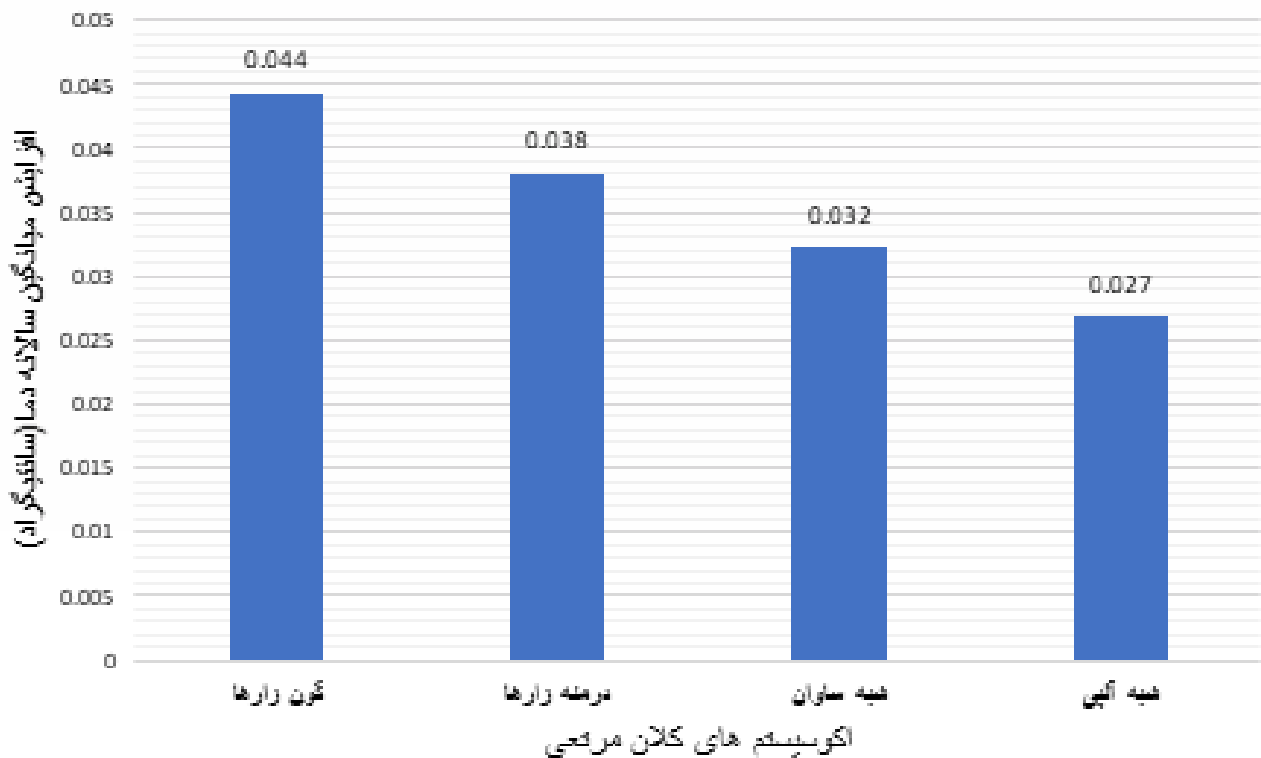
شکل ۱- ارتباط افزایش میزان دما (درجه سلسیوس - سانتی‌گراد) با افزایش حجم (وزنی، گیگا تن) انتشار دی‌اکسیدکربن، متناسب با سناریوهای مختلف



شکل ۲- پیش‌بینی «کوتاه مدت» (سال ۲۰۳۰ میلادی) در افزایش دما (آستانه ۱/۵ درجه سلسیوس) براساس انتشار دی‌اکسیدکربن، در مقایسه با دوران قبل از صنعتی



شکل ۳- پیش‌بینی «میان‌مدت» (سال ۲۰۵۰ میلادی) در افزایش دما (آستانه ۲ درجه سلسیوس) براساس انتشار دی‌اکسیدکربن، در مقایسه با دوران قبل از صنعتی



شکل ۴- شیب افزایش میانگین دمای سالانه (به ازای هر سال) در اکوسیستم های کلان مرتعی کشور

که باعث افزایش دما به میزان یک درجه سانتیگراد می شود. حجم دی اکسیدکربن براساس «سناریوی خیلی زیاد» تا ۴۵۰۰ گیگا تن است که سبب افزایش دما به میزان تقریباً سه درجه سانتیگراد می شود. یکی از عوامل تأثیرگذار در میزان دی اکسیدکربن، موجودی آن در جو است که براساس میزان مشاهدات، همگی مورد مطالعه قرار گرفته اند. آن چیزی که در گزارش ششم (AR6) به آن توجه کردیم، مناطق جغرافیایی است. کشور ایران در بخشی از «جنوب غربی آسیا» قرار دارد. در «جنوب غربی آسیا» (WCA, ARP) موارد ثبت شده بر اثر افزایش گرما به شرح زیر است:

- تشدید گرمایش با منشأ انسانی از دهه ۱۹۸۰،
- افزایش بارندگی شدید،
- تخریب مناطق منجمد دائمی کوهستانی،
- ناپایداری دامنه های کوهستان ها و
- پیش بینی های افزایش باران سالیانه و شدت و فراوانی بارش های سنگین.

محسوب می شود، در دو هزار سال گذشته، چنین سطحی را در کاهش ها نداشتیم. این مسائل چگونه اتفاق می افتند، بررسی چرخش آب در طبیعت، به بسیاری از سؤالات پاسخ می دهد و خیلی از ابهامات را بر طرف می کند. وقتی محیط گرم می شود، ظرفیت نگهداری آب در جو، یا اتمسفر افزایش می یابد، وقتی ظرفیت نگهداری زیاد شد، تبخیر بیشتر و سریع تر اتفاق می افتد و این مهم باعث ایجاد بارش های سنگین می شود، باران های سنگین ممکن است به شکلی اتفاق بیفتند که فصول خشک، یا خشک سالی تشدید شود. در مناطقی که با تشدید باران روبه رو هستند، ممکن است در میزان جمع کل سالیانه باران تغییری روی ندهد، اما تراکم و شدت بارش در یک زمان محدود، باعث خروج از مقادیر حدی و وقوع سیل، یا خشک سالی می شود. افزایش حجم دی اکسیدکربن (CO<sub>2</sub>) در مقایسه با سال ۱۸۵۰، براساس «سناریوی خیلی کم» به میزان ۲۵۰۰ گیگا تن بوده است

عناصر، میزان دی اکسیدکربن، میزان اکسیژن و میزان حباب ها را بررسی می کنید، داده های حاصل از این مطالعات به میزان قابل توجهی، معتبر و قابل اطمینان هستند. در واقع، اعداد جایگزینی را به دست می آورید که به میزان بالایی قابل قبول است. این اعداد نشان دادند که غلظت دی اکسیدکربن در شرایط فعلی بیشترین غلظت خود را در ۲ میلیون سال گذشته داشته است، یعنی طی دو میلیون سال گذشته، این حجم از افزایش دی اکسیدکربن را نداشتیم، هم اکنون، شاهد افزایش سطح آب دریاها هستیم، داده ها نشان دادند بیشترین افزایش سطح آب را در سه هزار سال گذشته داشتیم، به عبارت دیگر، طی سه هزار سال گذشته چنین اتفاقی مشاهده نشده است. همان طور که می دانید یکی از عوامل تعادل در سطح کره زمین، یخ های قطبی هستند، شرایط موجود کمترین سطح را طی هزار سال گذشته نشان می دهد، عقب نشینی یخچال های طبیعی در مناطقی که دارای یخچال هستند و کم و زیاد شدن آنها خود یک شاخص



در «جنوب آسیا» (SAS) نیز در بخشی که ایران در آن قرار دارد، شاهد تشدید امواج حرارتی (Heat wave)، تنش‌های حرارتی در مناطق مرطوب و پرتکرار شدن آن در قرن کنونی و نیز افزایش شدت بارش‌های موسمی سالانه و تابستانه هستیم، رویدادهایی که در طول قرن ۲۱ افزایش می‌یابد.

در گزارش ششم (AR6) و در قالب یک کادر (Box)، مطالعه موردی روی طوفان شن و غبار (SDS) و تغییر اقلیم در غرب آسیا و در ایران انجام می‌شود، مسئولیت این قسمت با بنده است.

### Box 10.3: Case study on Sand and Dust Storm, Climate Change, in West Asia, Iran

درواقع، هدف بررسی اتفاقات رخ داده در ایران و خلیج فارس بوده است. نتایج این مطالعه نیز همانند گزارش‌های منتشرشده، حاکی از تشدید و تکرار طوفان‌های گرد و غبار است. عوامل دیگری چون مهاجرت تنوع زیستی که پیامد تغییر اقلیم است نیز، وجود دارند، از ۳۷ گونه مورد بررسی، ۳۰ گونه در اثر تغییر اقلیم از بین رفته‌اند. تغییر اقلیم سبب نابودی زیستگاه‌ها و گونه‌های جانوری نیز می‌شود، به‌عنوان مثال می‌توان به تخریب زیستگاه پلنگ ایرانی یا نابودی نوع خاصی از مارمولک اشاره کرد، همچنین، نتایج مطالعه و بررسی روی ۱۵ گونه از ماهی‌ها نشان داد، منطقه زیستی آنها محدودتر شده است، درواقع ماهی‌ها در شرایط محدودتری می‌توانند به زندگی عادی خود ادامه دهند و در نتیجه، احتمال کاهش صید نیز وجود خواهد داشت.

مقایسه بازه زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۴ با دوره زمانی ۲۰۲۵ تا ۲۰۴۹ نشان می‌دهد، احتمالاً ایران دوره‌های طولانی‌تری از حداکثر دمای شدید را در قسمت جنوبی کشور تجربه می‌کند. دانشمندان در مدل ارائه‌شده، افزایش گرد و غبار را پیش‌بینی کردند، این مهم به دلیل وجود سناریوهای موجود است. دوره‌های خشک‌سالی بیش از ۱۲۰ روز، از آثار تغییر اقلیم است، این اعداد و ارقام از مقالات

استخراج شده است. از دیگر آثار تغییر اقلیم، وقوع بارش‌های کمتر از ۲ میلی‌متر، بارندگی کل کمتر از ۱۲۰ میلی‌متر، دمای بالای ۳۰ درجه و روزهای مرطوب کمتر از ۳ روز است که همگی قابل مشاهده هستند. میانگین خسارت سالانه از نظر مخاطرات چندجانبه (Multi Hazard Risk)، ۲۹۳ میلیارد دلار است، از این رقم ۱۷۰ میلیارد دلار مربوط به منطقه آسیا و اقیانوسیه است. این برآورد به‌صورت سالیانه است و حاکی از سهم زیاد ما از خسارت‌هاست.

بحث دیگر، موضوع تغییر اقلیم در شهرهای بزرگ، یا مگاسیتی‌هاست. در میان مگاسیتی‌ها و در گزارش‌های منتشرشده به تهران اشاره شده است، تهران با جمعیت بیش از ۵ میلیون نفر جزو شهرهای آسیب‌پذیر است. در اینجا شهرها در دو گروه بررسی می‌شوند: الف- شهرهای با جمعیت بالای ۱۰ میلیون نفر و ب- شهرهای با جمعیت بالای ۵ میلیون نفر. تهران در سال ۲۰۱۵ با ۸/۴ میلیون نفر جمعیت، جزو ۴ شهر آسیب‌پذیر در آسیا بوده است.

گزارش ششم (AR6)، میزان افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHGs) را به‌صورت مستمر از سال ۱۷۵۰ تاکنون نشان می‌دهد. از سال ۲۰۱۱ که گزارش قبلی ما مورد بررسی قرار گرفته، افزایش میزان دی‌اکسیدکربن تقریباً حدود ۴۱۰ ppm بوده است. (البته میزان متوسط هفتگی دی‌اکسیدکربن در خلال ۱۴-۸ می ۲۰۲۲ میلادی برابر با ۴۲۱/۱۳ ppm بوده و در خلال سال گذشته ۴۱۸/۳۴ ppm بوده است.) این اعداد براساس گزارش‌های مشاهده‌ای منتشرشده و محاسبه مدل‌ها ارائه شده است. ارقام مربوط به شرایط کنونی، شامل آمار مشاهده‌ای است و ارقامی که برای آینده ارائه شده است بر مبنای محاسبات است. همچنین بر مبنای گزارش سال ۲۰۱۹، میزان افزایش متان (CH<sub>4</sub>) ۱۸۶۶ ppb و اکسیدازت (N<sub>2</sub>O) ۳۳۲ ppb بوده است.

ارزیابی چگونگی افزایش دما از چهار دهه قبل نشان داد، حتی قبل از سال ۱۸۵۰ نیز، هر دهه نسبت به دهه قبل افزایش دما داشته است. دمای متوسط سطحی جهان (زمین)،

در دو دهه قرن کنونی (۲۰۲۰-۲۰۰۱) به‌طور متوسط، حدود ۰/۹۹ درجه بیشتر از دوره ۱۹۰۰-۱۸۵۰ است، البته بیشتر از یک نیز است. دمای متوسط سطحی هوا (Air Temperature) نیز در مقایسه با قبل، حدود ۱/۰۹ درجه افزایش داشته است.

برخی از اطلاعات درمورد گزارش ششم (IPCC-WG2- AR6)، که در تاریخ ۲۸ فوریه سال ۲۰۲۲ میلادی توسط (IPCC) منتشر شد، می‌تواند دقت و اهمیت آن را روشن کند. این گزارش توسط ۲۷۰ نفر از دانشمندان ۶۷ کشور و نیز مشارکت ۶۷۵ نفر از کشورهای مختلف انجام شده است. در این گزارش ارزیابی، بیش از ۳۴۰۰۰ سند مورد استناد قرار گرفته است. تعداد نظرات یا به‌عبارت‌دیگر کامنت‌هایی که توسط افراد، کشورها و سازمان‌ها روی گزارش ارائه شده است، ۶۲۴۱۸ مورد بوده است. در فایلی قابل استناد تمام کامنت‌ها موجود است، این کامنت‌ها با ذکر نام کشور و نام فرد، همچنین علت پذیرش یا عدم پذیرش نیز مشخص شده است. در گزارش ارزیابی پنجم (AR5)، چهار سناریو با عنوان RCPs (Representative Concentration Pathways) به شرح زیر ارائه شد:

RCP 2.6

RCP 4.5

RCP 6.0

RCP 8.5

در گزارش ششم (AR6) پنج سناریو وجود دارد، به‌عبارت‌دیگر، سناریوها کامل شدند، به‌طوری‌که موضوعات اقتصادی و اجتماعی را به‌عنوان عناصر اصلی وارد سناریوها کردند که به آن

Shared-Socio-economic Pathways (SSPs)

می‌گویند و به ترتیب زیر هستند:

SSP1-1.9

SSP1-2.6

SSP2-4.5

SSP3-7.0

SSP5-8.5

طبیعت ایران: خانم دکتر درگاهیان با توجه به توضیحات مفصل آقای دکتر جعفری در مورد تغییرات اقلیم در سطح جهانی و اقدامات بین‌المللی، مطالعات شما پیرامون تغییر اقلیم در ایران چه نتایجی در بر داشته است؟ کدام یک از پارامترهای مربوط به تغییر اقلیم در ایران نمود و تأثیر بیشتری داشته و اکوسیستم‌های طبیعی کشور را بیشتر، تحت تأثیر قرار داده است؟ روند تغییرات اقلیم در ایران طی سال‌های گذشته چگونه بوده است؟ وضعیت آینده چطور پیش‌بینی می‌شود؟

دکتر فاطمه درگاهیان (رئیس محترم گروه تحقیقات اقلیم و بیابان بخش تحقیقات بیابان) اگرچه کره زمین در طول عمر خود با دوره‌های اقلیمی بسیار گرم و سرد تا حد انقراض موجودات زنده مواجه بوده است، اما آنچه که امروزه انسان و اکوسیستم‌های طبیعی را با چالش مواجه کرده است، تغییر اقلیمی است، این پدیده از اوایل انقلاب صنعتی رخ داده است، از سال ۱۸۵۰ و هم‌زمان با آغاز انقلاب صنعتی، افزایش دما نیز شروع شد، به بیان دیگر، با افزایش گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه CO<sub>2</sub>، دما نیز رو به افزایش گذاشت، اما این افزایش دما به‌حدی آرام و تدریجی بود که برای انسان و اکوسیستم‌های طبیعی زمین مشکلی ایجاد نمی‌کرد، از دهه ۸۰ به بعد تغییرات میانگین دمای زمین شیب بیشتری به خود گرفت، به‌طوری‌که از دهه ۱۹۸۰ به بعد افزایش دما به‌حدی بود که از تحمل اکوسیستم‌های طبیعی زمین خارج شد. با وجودی‌که افزایش دما هم‌زمان با افزایش گازهای گلخانه‌ای از نیمه دوم قرن ۱۹ شروع شده است، اما پدیده تغییر اقلیم در نیمه دوم قرن بیستم رخ داده است. تقریباً همه اقلیم‌شناسان و دانشمندان ذی‌ربط جهان در گزارش پنجم IPCC، منتشرشده در سال ۲۰۱۳، وقوع پدیده تغییر اقلیم و گرم‌شدن هوا را تأیید کردند، دلیل اصلی آن را نیز افزایش گازکربنیک اتمسفر دانستند. میزان دی‌اکسیدکربن در اوایل قرن بیستم PPM ۶۰ بوده است، این مقدار نشان می‌دهد در آن هنگام تولید و مصرف این گاز در حالت تعادل بوده است، یعنی توسط اقیانوس‌ها و پوشش گیاهی، گازکربنیک خروجی و ورودی در حالت تعادل بود، اما با افزایش مصرف سوخت فسیلی بر میزان گاز دی‌اکسیدکربن

اضافه شد، به‌طوری‌که در سال ۲۰۲۱، مقدار آن تا PPM ۴۱۶ رسید. این مقدار بسیار زیاد است، زیرا زمانی‌که این مقدار به بیش از PPM ۴۰۰ می‌رسد، بسیاری از گونه‌های گیاهی از بین می‌روند. متأسفانه ایران روی دو کمربند خطرناک خشکی و کریودور گرد و غبار واقع شده است. به‌عبارت‌دیگر، کریودور گرد و غبار ناشی از کمربند خشکی است. در واقع، استقرار ایران در کمربند خشک دنیا، آن را با چالش تغییر اقلیم مواجه کرده است. پدیده تغییر اقلیم برای کشورهای مستقر در عرض‌های جغرافیایی بالا، فرصتی فوق‌العاده محسوب می‌شود، اما در کشورهای جنب حاره از جمله ایران که دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک هستند، چالشی بس بزرگ به‌شمار می‌آید، که با متأثر کردن همه منابع طبیعی (آب، خاک و سایر منابع) و نیز همه اکوسیستم‌ها (از بیابان تا جنگل)، منجر به تخریب و تضعیف آنها شده است. بی‌توجهی به تغییر اقلیم در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها، سبب افزایش تخریب‌ها در تمام سطوح شده است و اگر این بی‌توجهی‌ها ادامه داشته باشند، آینده خوبی در انتظار نخواهد بود.

در ایران، افزایش دما پیش‌ران رخداد تغییر اقلیم است. افزایش رخدادهای حدی مانند سیل، خشک‌سالی، امواج گرمایی و طوفان‌های گرد و غبار پی‌درپی نشان می‌دهد، تغییر اقلیم در ایران به‌عنوان چالشی بزرگ محسوب می‌شود. این چالش اساسی دامنگیر تمام قسمت‌های کشور با شدت و ضعف متفاوتی شده است. به‌عبارت‌دیگر، تغییر اقلیم در همه جای ایران اتفاق افتاده است، البته که آثار خود را در بعضی از قسمت‌ها با شدت بیشتر و در بعضی قسمت‌ها با شدت کمتر نشان داده است، به‌طوری‌که آمارهای مشاهده‌شده از ایستگاه‌های هواشناسی، طی شش دهه نشان می‌دهد، همه جای ایران، بدون استثنا، روند افزایش دما را تجربه کرده‌اند، که این روند معنی‌دار نیز بوده است.

طبیعت ایران: افزایش دما چقدر بوده است و در چه شرایطی رخ داده است؟  
دکتر فاطمه درگاهیان

تغییرات ایجادشده، بیشتر از اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی با نوساناتی آغاز شد و از سال ۲۰۰۰ میلادی به بعد، به‌طور مداوم روند افزایشی

داشت. تغییرات افزایش دما از سال ۲۰۱۰ با شیب تندتری ادامه یافت. نکته قابل‌توجه در روند افزایش دما در ایران این است که کمینه‌های دما نسبت به بیشینه‌های آن با سرعت بیشتری در حال افزایش است. برای اثبات رخداد تغییر اقلیم به زبان علمی، وجود داده‌های مشاهداتی از ایستگاه‌های سینوپتیک طی دو دوره اقلیمی یعنی دو دوره ۳۰ ساله کافی است. با استفاده از آزمون‌های آماری مانند آزمون آماری مقایسه میانگین‌ها، رخداد این تغییر در مناطقی از کشور، که دارای طول دوره آماری لازم هستند، آشکار شده است. بررسی شیب روند تغییرات میانگین دما در کلان‌شهر تهران نشان داد، در طول این دوره، میانگین دما ۲/۳ درجه سانتی‌گراد گرم شده است. این افزایش در کلان‌شهر تبریز و در حوضه آبریز ارومیه، ۳/۴ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان نماینده عرض‌های جغرافیایی بالا (۳۸ درجه) در ایران و در اهواز در پایین‌دست حوضه آبریز کارون بزرگ به‌عنوان نماینده عرض‌های پایین جغرافیایی (۳۱ درجه) در کشور با افزایش ۲/۸ درجه سانتی‌گراد نمود داشته است.

طبیعت ایران: آیا دمای اعلام‌شده، مربوط به متوسط دما است؟ این آمار مربوط به چه دوره‌ای است؟  
دکتر فاطمه درگاهیان

برای درک روشن‌تری از تغییرات دما بهتر است از شاخص میزان آنومالی دما یا همان نابه‌هنجاری دما استفاده شود. آنومالی دما، تفاوت بین مقدار واقعی و مقدار متوسط بلندمدت آن است و نسبت به یک دوره پایه سنجیده می‌شود. آنومالی مثبت نشان می‌دهد، دمای مشاهده‌شده گرم‌تر از خط پایه بوده است، درحالی‌که در آنومالی منفی، دمای مشاهده‌شده سردتر از دمای پایه است. آنومالی مثبت دما پدیده‌ای است که کل کره زمین را با شدت و ضعف‌های مختلف درگیر کرده است. هرچند ناهنجاری‌های دمایی در مقیاس کلان توسط عوامل آب‌وهوایی خارج از مقیاس محلی کنترل می‌شوند، اما بی‌تردید عواملی مانند دوری و نزدیکی به جریانات آب اقیانوسی، که نقش تعدیل‌کنندگی زیادی در تغییرات دما دارند، همچنین عواملی مانند ارتفاع و عرض



جغرافیایی بر میزان آنومالی دما مؤثر هستند. بررسی آنومالی دما با استفاده از داده‌های تولید مجدد مرکز اروپایی پیش‌بینی هوا با قدرت تفکیک نیم درجه عرض جغرافیایی نشان می‌دهد، بالاترین رکورد آنومالی مثبت دما برای

ایران آنومالی دمای مثبت بین ۲ تا ۳ درجه را تجربه کرده است و ۶۰ درصد هم آنومالی مثبت ۱/۵ درجه به بالا را داشته است. روند افزایش آنومالی دمای مثبت در ایران تداوم داشته است تا بار دیگر در سال ۲۰۲۱ این رکورد شکسته شد، در این سال ۴۰ درصد مساحت



و بسیار شدید مواجهه بوده است. سازمان جهانی هواشناسی به کمک سایر مراکز ذی‌ربط، برای آشکارسازی رخداد تغییر اقلیم، شاخص‌های دمایی زیادی را ارائه کرده است، براساس این شاخص‌ها تعداد روزهای گرم و فوق‌العاده گرم و تعداد شب‌های گرم و فوق‌العاده گرم در بیشتر نقاط ایران، بیش از ۳۰ درصد افزایش داشته‌اند، از طرفی بر تعداد روزهای همراه با موج گرم و تعداد رخدادهای موج گرم، همچنین تداوم و بزرگی امواج گرم افزوده شده است، در برخی اکوسیستم‌ها، که پیش‌ازین رخداد موج گرم وجود نداشته است، در دو دهه اخیر امواج گرما متولد و سال به سال بر فراوانی، تداوم و بزرگی آنها افزوده شده است. بدون تردید، تغییر اقلیم رخ داده است و پیش‌ران این تغییر و عامل اصلی بسیاری از مخاطرات کره زمین، افزایش دما بوده است، این افزایش منجر به رخداد فرین‌ها یا همان اکسترم‌ها می‌شود، از طرفی اقلیم، سامانه‌ای بی‌نظم است، با گرم و بی‌نظم شدن آن، موج‌های گرما زیاد می‌شوند، یخبندان‌های شدید (سال ۱۳۸۶)، یا بارش‌های شدید (سال ۹۸) رخ می‌دهند که نشانه آغاز ترسالی نیستند، بلکه نشانه رخداد تغییر اقلیم و افزایش دما هستند، در واقع، در شرایط افزایش دما، با افزایش گنجایش رطوبتی جو، حجم زیادی از رطوبت لازم است تا هوا به درجه اشباع برسد و فرایند میعان و بارش رخ دهد و سبب ریزش بارش‌های رگباری شود، یا خشک‌سالی‌های شدید (سال ۱۴۰۰) رخ می‌دهند، خشک‌سالی‌ها منجر به حذف رطوبت خاک و خشک شدن مراتع و تنش‌های دما در دختان می‌شود.

نکته مهم این است که افزایش دما سبب شدت تبخیر، خارج شدن آب از دسترس گیاه و افزایش نیاز آبی گیاهان می‌شود، اگرچه با افزایش بارش انتظار داریم، خشکیدگی مراتع و جنگل‌ها کم شود، اما به دلیل توزیع نامناسب بارش، آثار ناشی از افزایش دما کم نمی‌شود. در شرایط افزایش دما حتی در مناطقی که آبیاری می‌شود نیز، به دلیل اینکه تبخیر از سطح برگ بیشتر از جذب آب از طریق ریشه است، به درختان و مراتع صدمه وارد می‌شود، به همین خاطر با وجود بارش‌های مناسب سال ۱۳۹۸، سرخشکیدگی درختان بلوط نه تنها کم

کره زمین در سال ۲۰۱۶ رخ داده است، اما در کشور ایران که با توجه به شرایط اقلیم خشک و نیمه‌خشک، از سال ۱۹۹۸ به‌طور مداوم دارای آنومالی مثبت بوده است، این رکورد چهار سال زودتر از کره زمین در سال ۲۰۱۰ رخ داده است. در این سال ۳۱ درصد مساحت

ایران آنومالی دمای مثبت بین ۲ تا ۳/۲ درجه سانتی‌گراد و ۸۰ درصد آن آنومالی مثبت بیش از ۱/۵ درجه سانتی‌گراد را داشته است. براساس گزارش مرکز ملی خشک‌سالی کشور در این سال، ۹۳ درصد از مساحت کل کشور با انواع طبقات خشک‌سالی به‌ویژه خشک‌سالی شدید



نشد، بلکه تداوم داشت. بنابراین، با وجودی که خشک‌سالی و سیل از ویژگی‌های ذاتی اقلیم کشور ماست، رخداد تغییر اقلیم بر شدت و در نتیجه خسارت‌های ناشی از آنها افزوده است. تغییرات دما پیامدهای مستقیمی بر بارش‌ها دارد، از آن جمله می‌توان به افزایش ذوب برف، تغییر شکل بارش‌ها از برف به باران، رخداد برف شدید (۱۳۸۶ و ۱۳۹۲)، تغییرات زمانی بارش و توزیع نامناسب آن، افزایش تبخیر و تعرق و کاهش رطوبت خاک اشاره کرد. بنابراین، با توجه به تداوم روند افزایش دما در ایران، نمی‌توان براساس میانگین‌ها برای آینده برنامه‌ریزی کرد، در واقع، باید براساس تغییرات دما و نقش آن در رخداد حدی اقلیمی، سبک مدیریتی و تصمیم‌گیری را تغییر داد و از طریق رویکرد کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری، سازگاری را با شرایط ایجاد شده در پیش گرفت.

طبیعت ایران: طبق صحبت‌های خانم دکتر درگاهیان، افزایش درجه حرارت در ابعاد ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی دیده می‌شود. افزایش متوسط ۳ تا ۴ درجه سانتی‌گراد، در مناطقی از کشور نظیر تبریز، بسیار زیاد است. آقای دکتر خسروشاهی، با توجه به مطالعات شما پیرامون اکوسیستم‌های طبیعی در مناطق بیابانی، افزایش دما چه تأثیری روی منابع آبی کشور داشته است؟ آیا نوع بارش‌ها هم تغییر کرده است؟ تأثیر آن بر اکوسیستم‌های طبیعی چگونه بوده است؟ نتایج پژوهش‌های بخش بیابان چه چیزهایی را نشان می‌دهند؟

دکتر محمد خسروشاهی (رئیس محترم بخش تحقیقات بیابان مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور)

به جرأت می‌توان گفت، مسئله آب، بیشترین هراس و نگرانی ناشی از تغییرات اقلیمی را به زندگی بشر وارد می‌کند. اگرچه حدود ۷۱ درصد از کره زمین را آب در بر گرفته است، ولی همه این آب برای انسان، قابل استفاده نیست. تقریباً ۹۷/۴ درصد این آب در دریاها و اقیانوس‌ها متمرکز شده است و ما فقط ۲/۶ درصد آب شیرین داریم که بخش عظیمی از آن نیز، به‌صورت یخ و یخچال‌های قطبی است. بنابراین، آب قابل استفاده بشر در کره زمین کمتر از یک درصد است که به‌طور مناسبی

نیز توزیع نشده است، ۶۰ درصد آب شیرینی که مورد استفاده بشر است، در کشورهای مثل کانادا، چین، کلمبیا، پرو، برزیل، روسیه، ایالات متحده آمریکا، اندونزی و هند قرار دارد، در مقابل کشورهای زیادی هستند که با کمبود آب روبه‌رو هستند، حتی برخی از آنها مانند کویت، بحرین، امارات متحده عربی و... تقریباً به هیچ منبع آب شیرین قابل توجهی دسترسی ندارند. با توجه به این اطلاعات، اهمیت آب بیش‌ازپیش روشن می‌شود، از آنجایی که تاکنون منابع آبی هیچ کشوری بهبود نداشته، تعداد کشورهای رو به بحران در حال افزایش است. متأسفانه ایران هم در کمربند خشک کره زمین واقع شده است و مشکل کمبود آب دارد، چه بسا این مشکل در آینده حادث‌تر هم شود. زمانی سرانه آب کشور ما حدود ۶۰۰۰ مترمکعب بود، این سرانه هم‌اکنون به حدود ۱۰۰۰ مترمکعب رسیده است، در برخی از استان‌ها حتی کمتر از این مقدار نیز مشاهده می‌شود. اگر به سرانه آب به شکل یک معادله نگاه کنیم، منابع آب تجدیدپذیر در صورت کسر و جمعیت کشور در مخرج آن قرار خواهد گرفت. در سال ۱۳۳۰، با منابع آب تجدیدپذیر ۱۴۰-۱۲۰ میلیارد مترمکعب و جمعیت کمتر از ۳۰ میلیون نفر، سرانه آب برای هر نفر مقدار زیادی بود، ولی هم‌اکنون با خشک‌سالی‌های که رخ داده، بارش‌هایی که از ۲۵۰ میلی‌متر به ۲۱۳ میلی‌متر رسیده و جمعیتی که سه برابر شده، سرانه آب بسیار کم شده است، حجم آب قابل‌استحصال هم‌اکنون حدود ۹۰-۸۵ میلیارد مترمکعب است، به بیان دیگر، هم‌اکنون به جای ۱۲۰ میلیارد مترمکعب، ۸۵ میلیارد مترمکعب در صورت کسر و به جای ۳۰ میلیون نفر، حدود ۸۷ میلیون نفر در مخرج آن قرار می‌گیرد. به‌همین دلیل است که در بسیاری از مناطق کشور سرانه آب به کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب رسیده است. علاوه‌براین، میزان بارندگی در ایران نسبت به بارندگی در جهان کمتر است و در مقابل، تبخیر در ایران سه برابر آن در دنیاست. متوسط تبخیر روی کره زمین حدود ۷۰۰ میلی‌متر برآورد شده است، در ایران اما، متوسط تبخیر ۲۱۰۰ میلی‌متر است، حال، افزایش درجه حرارت را نیز در نظر آورید. همان‌طور که دوستان اشاره کردند، با گرم‌تر شدن هوا، ظرفیت جذب بخار آب بیشتر

می‌شود، به‌این ترتیب بارش‌های رگباری‌تری رخ خواهد داد، معنی آن نفوذ کمتر باران به خاک و وقوع سیلاب‌های مخرب، فرسایش خاک و خسارت‌های ناشی از آن است. بنده در سال ۱۳۸۴، پروژه‌ای با عنوان بررسی علل افزایش سیل در ایران انجام دادم. بررسی منابع، همگی حاکی از پیش‌بینی هیدرولوژیست‌ها و اقلیم‌شناسان از وقوع بارش‌های رگباری در طول قرن کنونی بود، نتایج آنها نشان می‌داد، در بعضی مناطق دنیا تراز سطح آب دریاها نیز بالا خواهد آمد و این موضوع منجر به وقوع سیل در رودخانه‌های داخلی و ساحلی و بروز خسارت به وضعیت اقتصادی و اجتماعی بعضی از کشورها خواهد شد. خانم دکتر درگاهیان اقلیم حوزه کرخه و کارون را بررسی کردند، نتایج مطالعه ایشان، همچنین پژوهش بنده در حوزه درود و ماربر نشان داد، دما نسبت به گذشته بیشتر شده است، به‌طوری‌که در گذشته، در ماه اردیبهشت نیز، روی کوه‌ها برف مشاهده می‌شد، هم‌اکنون اما، این موضوع دیده نمی‌شود. در استان البرز و تهران، برف تا خرداد ماه روی کوه‌ها وجود داشت، متأسفانه، امسال در تهران و در فروردین ماه، مردم در حال راه‌اندازی کولر هستند، درحالی‌که، در سال‌های گذشته، در خرداد ماه کولرها راه‌اندازی می‌شد. در مصاحبه‌ای، مدیر آب و فاضلاب استان تهران بیان کرد، به‌ازای هر درجه افزایش حرارت، ۷۰ میلیون لیتر آب بیشتر در تهران مصرف می‌شود. بنابراین، مسئله آب نگرانی و دغدغه همه ماست. یک دوره ۵۰ ساله (۱۳۴۵ تا ۱۳۹۵) را از نظر بارندگی و حجم آب متناظر با آن در خوزستان بررسی و مقایسه کردیم، در دهه میانی (بین سال‌های ۷۵-۶۵)، بیشترین بارش و به‌تبع آن بیشترین حجم آب وجود داشت. رودخانه کارون حدود ۲۶ میلیارد مترمکعب آب داشت. در دهه آخر (دهه منتهی به سال ۱۳۹۵)، افت شدید آب رخ داد، یعنی از ۲۶ میلیارد به کمتر از ۱۰ میلیارد رسید. وضعیت رودخانه کرخه هم به همین ترتیب بود، مقدار آب از ۶ میلیارد به ۱/۳ میلیارد رسیده است، بررسی‌هایی که در کل ایران، روی ۳۰ حوزه آبخیز وزارت نیرو انجام شده است نیز، وضعیت مشابهی را نشان می‌دهد. مسئله مهم دیگری که باید به آن اشاره کرد، افت شدید آب است که



تنها به اثر اقلیم مرتبط نمی‌شود و مسائل مدیریتی منابع آب نیز در آن دخیل است که البته آثار این موضوع در حال حاضر بیشتر از اقلیم است. بنده موضوع خط برف را در دو عنوان پایان‌نامه دانشجویی کار کردم، هنگامی که خط برف در یک حوزه آبخیز بزرگ بالا می‌رود، حجم زیادی از آب حاصل از ذوب برف که باید در زمین نفوذ کند و به رودخانه‌های دائمی تبدیل شود، به‌صورت باران جاری می‌شود و در قالب رواناب و سیلاب، در مدت زمان کوتاهی از حوزه خارج می‌شود، به‌عبارت‌دیگر، بسیاری از رودخانه‌های دائمی به رودخانه‌های فصلی تبدیل شده‌اند. این اتفاق به دلیل کاهش نزولات جوی، یا تبدیل آنها از شکل برف به باران است. خداوند آقای دکتر باباخانو را رحمت کند، در جلسه شورایی که بنده پروژه سیل را ارائه کردم، فرمودند: در گذشته در تهران حجم برف به‌حدی بود که پشت‌بام‌ها را پارو می‌کردند و برف‌ها را داخل حیاط‌ها و کوچه‌ها می‌ریختند، پس از آن، ارتفاع برف آنقدر زیاد می‌شد که مجبور بودند، برای عبور و مرور، داخل برف تونل بزنند، یعنی تا چند روز در کوچه‌ها امکان رفت‌وآمد نبود. متأسفانه هم‌اکنون، از آن حجم از برف‌ها خبری نیست، درواقع باید نزولات جوی در زمستان به شکل برف باشد، ولی بیشتر به‌شکل باران جاری می‌شود که نتیجه آن گاهی سیلاب‌های مخربی است که در برخی از سال‌ها شاهد آن بوده‌ایم.

طبیعت ایران: ضمن تشکر، لطفاً در مورد آمار بارندگی و تغییرات آن نیز توضیح فرمایید. آیا بر اثر تغییر اقلیم، میزان بارندگی‌ها نیز تغییر کرده است؟ آیا آمار و اطلاعاتی در این مورد وجود دارد؟

دکتر محمد خسروشاهی

در سال‌های اخیر، دما و بارش را مطالعه و بررسی کردیم، اگرچه در بسیاری از ایستگاه‌ها بارش کم شده بود، اما شدت میزان کاهش باران مثل شدت افزایش دما نبود، یعنی روند افزایش دما شدیدتر است. به‌عبارت‌دیگر، روند تغییرات بارش در ۴-۵ دهه اخیر، روند معنی‌داری ندارد، یعنی شیب

خیلی زیادی نداشته است. اما در دما این اتفاق، خیلی شدیدتر است. گرم‌تر شدن منجر به تغییر نوع نزولات مثلاً از برف به باران و بی‌نظمی در بارش‌ها می‌شود، گاهی دیده می‌شود، بارش سالانه یک منطقه طی یک یا چند روز رخ می‌دهد، این موضوع حاکی از بی‌نظمی در بارش است، به بیان بهتر ممکن است، در میزان مجموع بارش‌های سالانه تغییری حاصل نشده باشد، ولی بارش‌ها به‌اندازه کافی منظم نبوده‌اند، برای مثال، باران‌هایی حتی بیش از ۲۵۰-۲۰۰ میلی‌متر در یک منطقه و طی ۲۴ تا ۴۸ ساعت روی می‌دهد.

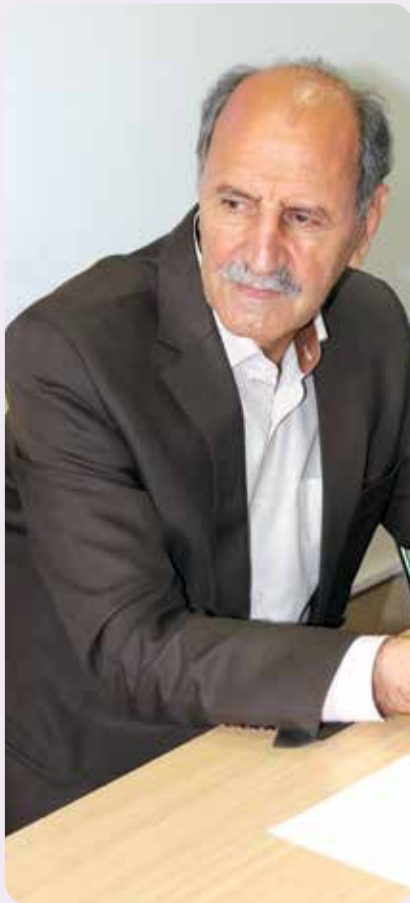
طبیعت ایران: آقای دکتر جعفری، لطفاً توضیحات تکمیلی را ارائه فرمایید.



دکتر مصطفی جعفری

نکته دیگری که باید در موضوع آب به آن اشاره کنم، میزان رطوبت نسبی است، بنده روند ۵۰ ساله را بررسی کردم. رطوبت نسبی را از طریق سیستم‌های سینوپتیک، در طول بیست و چهار

ساعت و در سه زمان (۳ نیمه شب- ۹ صبح و ۳ بعدازظهر) ثبت می‌کنند. بررسی تک‌به‌تک آنها نشان داد، نرخ رطوبت نسبی کاهش پیدا کرده است، اگر به‌تنهایی رطوبت نسبی را در زمان‌های مختلف بررسی کنیم، متوجه می‌شویم رطوبت پایین آمده است. همان طور که می‌دانید بسیاری از پوشش‌های گیاهی، به دلیل رطوبت‌های محیطی یا به‌عبارت‌دیگر رطوبت نسبی می‌رویند. کاهش رطوبت در محیط، زنگ خطری (الارم) برای تنوع زیستی و پوشش



گیاهی است، به بیان بهتر، با کاهش رطوبت، استقرار تنوع زیستی کم می‌شود.

دکتر محمد خسروشاهی

بنده در اواخر دهه ۸۰ در دانشگاه تربیت مدرس و دوره دکتری، درس اقلیم‌شناسی را با آقای دکتر خیراندیش و آقای دکتر قائمی می‌گذراندم، دکتر قائمی، از پیشکسوتان سازمان هواشناسی، به تغییر اقلیم اعتقاد زیادی نداشت و آن را بی‌نظمی اقلیم می‌دانست. ایشان می‌گفت: این تغییر اقلیمی

که داریم climate change نیست، بلکه cli-mate variation است. ایشان معتقد بود، در طول دوران زمین‌شناسی، دوره‌های مختلفی داشته‌ایم نظیر دوره‌های یخچالی، یا دوره‌های بین یخچالی، همچنین دوره‌های سرد و گرم، در این دوره‌ها تغییر اقلیم به معنی واقعی کلمه اتفاق افتاده است. اکنون ما در یک دوره گرم زمین‌شناسی با نوسات اقلیمی مواجه هستیم. البته از آن زمان تاکنون بیش از ۲۰ سال گذشته است، هم‌اکنون اقلیم‌شناسان به تکنیک‌های جدیدتری دست یافته و ناشناخته‌های بیشتری را شناخته‌اند و بهتر می‌توانند پیرامون این موضوع قضاوت کنند.

#### دکتر مصطفی جعفری

یکی از دلایل مخالفت شما با طرح‌های ما این است که، آقای دکتر قائمی روی ذهن شما اثر داشت، ما تغییر اقلیم با منشأ انسانی را بررسی می‌کنیم. وقتی شما می‌فرمایید در گذشته حجم برف به‌حدی بوده است که مردم برای عبور و مرور از میان آن تونل می‌زدند، ولی هم‌اکنون نزولات جوی به شکل برف نیست، یعنی تغییر اقلیم با منشأ انسانی رخ داده است. در واقع، بحث روی واژگان (ترمینولوژی) نیست که بخواهیم بگوییم climate change یا climate variability.

اگرچه بخواهیم زبان علمی به کار ببریم، برای آن هم توضیح داریم، ما ۳۴۰۰۰ سند علمی بررسی کردیم. تمام دانشمندان جهان در عرصه حضور دارند و صحبت می‌کنند و بر وقوع تغییر اقلیم صحنه می‌گذارند. در سطوح سیاسی، افرادی که به زبان علمی صحبت نمی‌کنند، دارای زمینه علمی نیستند و مطالعه علمی ندارند، هنگامی که روی منبر می‌روند و پیرامون موضوع تغییر اقلیم اظهار نظر می‌کنند، می‌گویند موضوع تغییر اقلیم، سیاسی است، همین بیانات سرمنشأ تصمیم‌گیری برای عده‌ای می‌شود، در واقع، این مورد چالش بزرگی است که در جامعه وجود دارد و باید سعی کنیم تا این تفکر از جامعه حذف شود. ۶۴۰۰۰ کامنت از سوی افرادی که آگاهی و اطلاع کافی دارند، ارائه شده است. شخصی که ادعا می‌کند، climate change وجود ندارد و موضوع climate variation است، باید سند و به‌عبارت‌بتر، داکومننت ارائه دهد، اما سندی برای ارائه وجود ندارد!

طبیعت ایران: آقای دکتر خدقلی، شما در تحقیقات خود تأثیر تغییرات اقلیم را بر پوشش گیاهی و گسترش گونه‌های مرتعی بررسی و تحلیل کردید. لطفاً در مورد آثار تغییر اقلیم بر گونه‌های مرتعی و چگونگی سناریوهای مطرح‌شده پیرامون آن بر پراکنش گیاهان توضیح فرمایید.

دکتر مرتضی خدقلی (رئیس محترم بخش



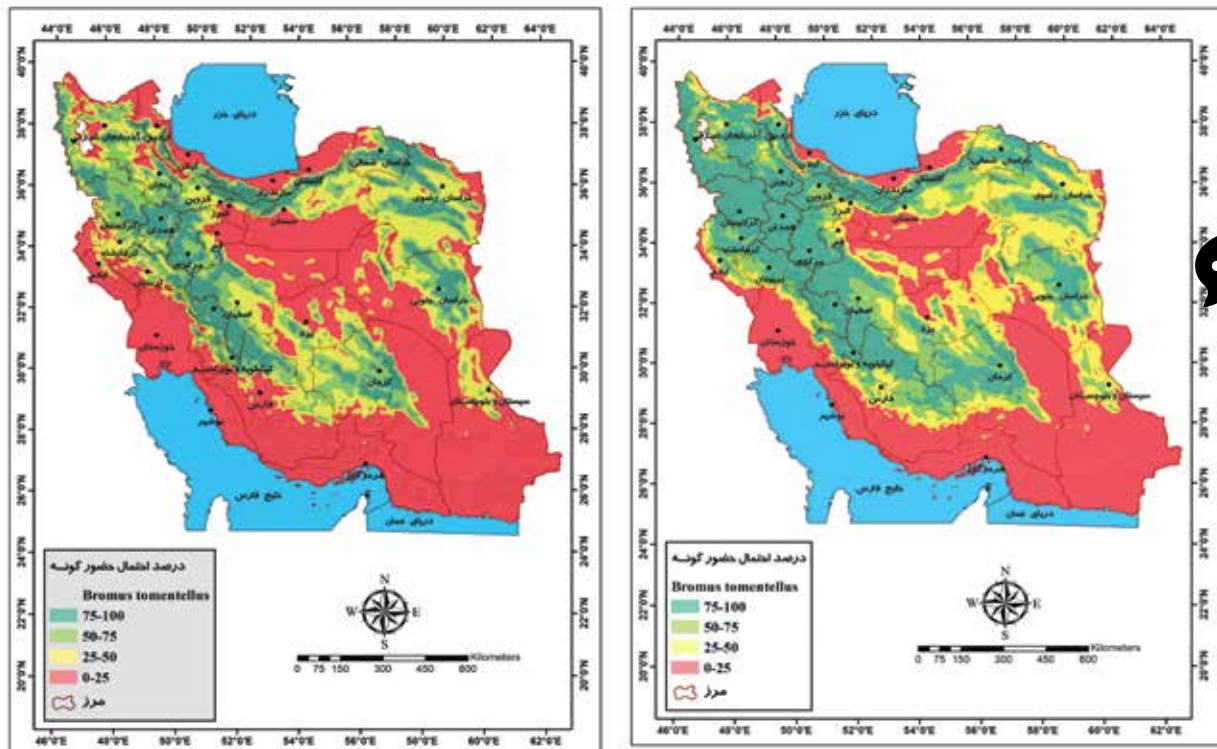
تحقیقات مرتعی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور)

ضمن سپاس از جنابعالی همان طور که استحضار دارید، تأثیر اقلیم بر پراکنش گونه‌های عرصه‌های طبیعی از دیرباز شناخته شده است و برآیند آثار عناصر اقلیمی، نوع و تراکم فرم‌های مختلف رویشی را شکل می‌دهد. اگر به سیستم‌های طبقه‌بندی اقلیمی جهانی نظری بیفکنیم، تقریباً تمام طبقه‌بندی‌های ماندگار توسط گیاه‌شناسان ابداع شده است. ارتباط بین رستنی‌های طبیعی و اقلیم به‌نحوی است

که گیاه‌شناسان با اطلاع از رستنی‌های منطقه به اقلیم آن پی برده‌اند و اقلیم‌شناسان گیاهان طبیعی را ثبات‌های عناصر اقلیمی می‌دانند. با توجه به این توضیحات هرگونه تغییر در اقلیم، می‌تواند تأثیر مستقیمی روی پوشش گیاهی بگذارد.

ایران از نظر موقعیت جغرافیایی در گستره‌ای با عرض جغرافیایی ۲۶ تا ۴۴ درجه و طول جغرافیایی ۴۲ تا ۶۲ درجه قرار گرفته است. تغییرات ارتفاعی آن از ۲۸- متر در سواحل دریای مازندران تا حدود ۵۶۰۰ متر در قله دماوند، باعث ظهور اکوسیستم‌هایی در سطح کلان و خرد و وجود دو رشته‌کوه زاگرس و البرز باعث تنوع اقلیمی شده است، به‌طورکلی حضور کوهستان‌های بلند، باعث تفکیک بایوم‌ها به‌صورت عمودی می‌شود. بنابراین، تغییرات ارتفاعی باعث تغییرات اقلیمی و درنهایت، تغییر در نوع خاک و پوشش گیاهی محدود می‌شود و نیز سبب ظهور زیستگاه‌ها و رویشگاه‌های کوهستانی با عنوان بایوم‌های کوهستانی می‌شود. این مناطق باعث افزایش غنای گونه‌ای و تنوع شده و به‌صورت کمربندهایی در دامنه ارتفاعات گسترش یافته است. این ویژگی‌ها باعث شده است ایران، به‌صورت پلی در چهارراه مناطق رویشی مختلف جهان قرار گیرد، به‌طوری‌که گونه‌های گیاهی انحصاری اقلیم‌های رویشی ایران و توران، اروپا و سیبری، صحرا و عربستان و سند و سودان در ایران حضور دارند.

از سوی دیگر، مراتع به‌عنوان وسیع‌ترین و متنوع‌ترین اکوسیستم خاکی جهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. اکوسیستم‌های مرتعی به‌دلیل تنوع خدمات اکوسیستمی شامل حفاظت آب و خاک، تنوع زیستی، ترسیب کربن، تعدیل آب‌وهوا و ده‌ها خدمات دیگر اهمیت بسزایی دارند. اکوسیستم‌های طبیعی و به‌ویژه اکوسیستم‌های مرتعی به‌دلیل آنکه همیشه در آستانه‌های تنش رطوبتی و حرارتی قرار دارند، هرگونه تغییر عناصر اقلیمی حتی به میزان اندک، یا تغییر در رژیم حرارتی یا رطوبتی در بازه روزانه، ماهانه



شکل ۵- تغییرات رویشگاه گونه *Bromus tomentellus* در شرایط کنونی (سمت راست) و سناریوی بدبینانه سال ۲۰۵۰ (سمت چپ)

و سالانه می‌تواند باعث تغییرات عمیق و گسترده در این اکوسیستم‌ها شود. در پژوهشی که با همکاری محققین بخش تحقیقات مرتع و همکاران مراکز استانی انجام گرفت، ابتدا پایگاه داده‌ها با استفاده از ۳۸۰ ایستگاه سینوپتیک در مناطق مختلف کشور ایجاد شد، سپس روند تغییرات ۴ متغیر دمای متوسط، دمای شبانه، دمای روزانه و بارش برای ایستگاه‌های با طول دوره آماری بیش از ۲۰ سال محاسبه و روند تغییرات این ۴ متغیر تعیین شد، برشش این است، این روند مثبت است یا منفی؟ آیا این تغییرات معنی‌دار است؟ برای تعیین اثر تغییر اقلیم بر گونه‌های مرتعی منتخب، نقشه مناطق حضور این گونه‌ها به‌عنوان گونه‌های شاخص اقلیم‌های مختلف رویشی با استفاده از داده‌های طرح شناخت مناطق اکولوژیک و بازدهی‌های میدانی ترسیم شد. سپس با محاسبه ۱۹ متغیر ترکیبی اقلیمی و ۳ متغیر پستی و بلندی با روش رگرسیون، رفتار رویشی گونه‌های منتخب تعیین شد، تغییرات مناطق گسترش گونه‌ها با استفاده از معادله محاسبه شده در مرحله قبل و داده‌های جهانی متغیرهای مربوطه برای سال ۲۰۵۰ محاسبه و نقشه رویشگاه گونه‌ها در ۲ سناریو

نسبتاً خوش‌بینانه و بدبینانه ترسیم شد. نتایج بررسی ۱۹۳ ایستگاه سینوپتیک که از طول آماری بیش از ۲۰ سال برخوردار بودند در سطح کشور نشان داد، در مجموع به‌ازای هر ۱۰ سال، حرارت سالانه، ۰/۴ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. بنا به توضیحات آقای دکتر جعفری، متوسط دمای سالانه جهان، ۰/۱ درجه در بازه ۱۰ ساله افزایش یافته است، درحقیقت کشور ما حدود ۴ برابر متوسط جهانی گرم شده است. توجه شود با افزایش یک درجه میانگین دمای هوا، نیاز آبی گیاهان در اثر افزایش تبخیر و تعرق، حدود ۱۳ درصد افزایش پیدا می‌کند. بنابراین، اگر فرض کنیم بارش‌های جوی به‌صورت متوسط درازمدت منطقه ریزش کند، یا به‌عبارت‌دیگر بارش‌ها نرمال باشند، به‌دلیل کاهش اثربخشی بارش و تبخیر و تعرق بیشتر ناشی از تغییر اقلیم و گرمایش جهانی، در عمل، هر سال با تنش رطوبتی در اکوسیستم‌های مرتعی مواجه‌ایم، حتی اگر بارش از متوسط درازمدت منطقه بیشتر باشد. بررسی ما در طرح ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر گونه‌های مهم مرتعی بیانگر آن است که تغییر اقلیم در تمام اکوسیستم‌ها با شدت‌های

مختلف به وقوع پیوسته است. در میان ۴ متغیر موردبررسی در سطح کشور، افزایش میانگین دمای شبانه حدود ۰/۴۲۷ درجه سانتی‌گراد در دهه اول و در همین بازه میانگین دمای روزانه ۰/۳۸ و متوسط میانگین دما ۰/۴ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاده که از نظر آماری هم کاملاً معنی‌دار است. ولی وضعیت تغییرات بارش با روند دما هم‌سو نیست، به‌طوری‌که بارش سالانه در ۹۲ درصد از ایستگاه‌ها فاقد روند معنی‌داری است. توجه شود در بسیاری از ایستگاه‌ها بارش کاهش یافته است، ولی این کاهش معنی‌دار نیست، اگرچه تغییر رژیم بارش سالانه و تغییرات نوع بارش از نظر کاهش قابل‌توجه بارش‌های جامد می‌تواند آثار منفی بر اکوسیستم‌های طبیعی بگذارد. با توجه به برنامه راهبردی مرتع و هویت‌بخشی به اکوسیستم‌های کلان مرتعی، تغییرات عناصر دما و بارش در اکوسیستم‌های کلان مرتعی بررسی شد، مطابق با یافته‌های این مطالعه، بیشترین افزایش دمای متوسط سالانه در اکوسیستم گون‌زارها معادل ۰/۴۴ درجه سانتی‌گراد به ازای ۱۰ سال حادث شده است. این افزایش در درمنه‌زارها ۰/۳۸ درجه سانتی‌گراد، اکوسیستم شبه‌ساوان ۰/۳۲ و



شکل ۶- تصویر پایه های خشک شده گونه درمنه دشتی (*Artemisia sieberi*) در منطقه سه میمه (تاریخ ۱۴۰۱/۲/۲۷)



شکل ۷- تغییر اقلیم در اکوسیستم درمنه باعث مرگ و میر حدود ۳۰ درصد از پایه ها شده است (میمه، ۱۴۰۱/۲/۲۷).



اکوسیستم شبه‌آلپی معادل ۲۷/ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در مجموع، رژیم بارش‌ها از نظر نوع و زمان، تغییرات زیادی کرده است، همچنین بارش‌های رگباری مانع نفوذ آب در پروفیل خاک می‌شود، برآیند همه موارد ارائه‌شده منجر به ضعیف شدن و گاهی زوال بسیاری از گونه‌های مرتعی به‌ویژه در اکوسیستم درمنه‌زارها شده است.

طبیعت ایران: با تغییر دما، سطح کدام اکوسیستم‌ها کاهش و سطح کدام اکوسیستم‌ها افزایش یافته است؟ به عبارت دیگر، جابه‌جایی اکوسیستم‌ها چگونه بوده است؟ سناریوهای مختلفی که در تغییرات مختلف دما پیش‌بینی می‌شود، چیست؟

دکتر مرتضی خداقلی

در ارتباط با تغییر و جابه‌جایی اکوسیستم‌ها، پرسش شما کاملاً کاربردی است، با توجه به اینکه کارکردهای اکوسیستم‌ها با هم متفاوت است، بنابراین باید مشخص شود، یک اکوسیستم از نظر سطح و ساختار چه تغییری می‌کند. در این پژوهش به‌طور ویژه روی تغییرات اکوسیستم‌ها متمرکز نشدیم، برنامه راهبردی مرتع، که در آن نگاه اکوسیستمی جایگزین نگاه بهره‌برداری بیشتر از علوفه، در سال ۱۳۹۹ ارائه شد. این پژوهش نیز از ابتدای سال ۱۳۹۸ اجرا شد. با این وجود ما سعی کردیم از گونه‌های شاخص در هر اقلیم رویشی استفاده کنیم، به طوری که می‌توانیم با تطبیق هر یک از گونه‌ها با اکوسیستم‌های کلان، اطلاعات آنها را تا حدود زیادی نماینده آن اکوسیستم بدانیم.

گونه‌های *Bromus tomentellus*، *Fes-tuca ovina*، *stipa barbata*، *Artemisia aucheri*، *prangos ferula*، *zygophyllum atifolrideha*، *gymnicarnouse decanter* و *plantishe aucheri* بررسی شدند.

همان‌طور که استحضار دارید در میان عناصر مختلف اقلیمی مؤثر بر رشد گیاهان، دما و بارش بیشترین نقش را ایفا می‌کنند. با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی کشورمان، عامل رطوبت

نقش بنیادی دارد و دما به‌صورت غیرمستقیم بر تبخیر و تعرق گیاهان و نیز رطوبت در دسترس گیاه اثرگذار است. با افزایش یک درجه دمای متوسط سالانه، گونه‌های مرتعی حدود ۱۶۰ متر به ارتفاعات بالاتر جابه‌جا می‌شوند. توجه شود این تغییرات و جابه‌جایی‌ها از پایین با از دست دادن سطح و در بالادست با افزایش سطح اکوسیستم، یا رویشگاه به وجود می‌آید. به‌طور معمول مساحت مناطقی با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد، بنابراین، اگرچه رویشگاه یک گونه از پایین کاهش و از بالا افزایش می‌یابد ولی در نتیجه برآیند کاهش و افزایش، با کم شدن مساحت رویشگاه مواجه می‌شویم.

مقایسه نقشه‌های فعلی گونه‌های منتخب با نقشه‌های سناریوی بدبینانه (در سال ۲۰۵۰) نشان می‌دهد، رویشگاه گونه *Ferula ovina* ۲۰۲ متر به ارتفاع بالاتری جابه‌جا خواهد شد. این مهاجرت برای گونه *Stipa arabica*، که می‌توان آن را به‌عنوان علف گندمی شاخص رویشگاه درمنه‌زارها در نظر گرفت، معادل ۲۳۰ متر است. گونه *Bromus tomentellus*، که یکی از گونه‌های شاخص اکوسیستم گون‌زار است و از نظر حفاظت آب و خاک، تنوع و تولید اهمیت خاصی دارد، بیش از ۱۵۰ متر به ارتفاع بالاتری جابه‌جا می‌شود. بررسی‌های اولیه در مورد میزان مهاجرت گونه *Gymnocarpus decander* به‌عنوان شاخص اکوسیستم شبه‌ساوان نشان می‌دهد، تغییر زیادی در ارتفاع رویشگاه دیده نمی‌شود، با توجه به پراکنش این گونه در مناطق کم‌ارتفاع حاشیه خلیج فارس و دریای عمان به نظر می‌رسد، این گونه بیشتر تحت تأثیر رطوبت نسبی گسترش یافته است.

طبیعت ایران: وقتی از این ۸ گونه مرتعی کم می‌شود، جای آنها را چه گونه‌های دیگری پر می‌کنند؟

دکتر مرتضی خداقلی

آثار تغییر اقلیم در ابتدا با کاهش تولید شروع می‌شود، بنده حدود ۲۰ سال پیش در منطقه سمیرم در بررسی‌های میدانی، گونه *Bromus tomentellus* را با ارتفاع حدود ۸۰ سانتی‌متر و طول فصل رویش بیش از ۳ ماه مشاهده کردم، درحالی‌که در بازدیدهای جدید، ارتفاع این گونه به کمتر از

۳۰ سانتی‌متر و طول فصل رویش به حدود ۲ ماه رسیده است. تغییر اقلیم منجر به اختلال در زادآوری نیز می‌شود، به این صورت که در برخی مناطق زادآوری و کلاس‌های سنی برای برخی گونه‌ها دیده نمی‌شود، سپس به تدریج تعداد پایه‌های خشک‌شده در سطح عرصه افزایش می‌یابد، در نهایت، تراکم پایه‌ها در سطح مرتع کاهش یافته و در صورت استمرار تنش، به‌طور کلی حذف می‌شود. البته در برخی از محدوده‌های کوچک و به دلیل ویژگی سطح خاک ممکن است این پایه‌ها برای سال‌های بعد باقی بمانند، در واقع، منظر بنده جابه‌جایی توده گونه مورد بررسی است. با کاهش نفوذ یک گونه، گونه‌های با توقع کمتر از نظر رطوبتی جایگزین گونه‌های قبلی می‌شوند، مثلاً در درمنه‌زارها، گونه‌های جنس *Salisola* می‌توانند در این شرایط گسترش یابند، یا گراس‌های مناطق گرم، جایگزین گراس‌های مناطق سرد می‌شوند، ولی میزان درصد تاج‌پوشش کل مرتع کاهش می‌یابد.

طبیعت ایران: آیا گونه‌هایی که زیاد می‌شوند نیز بررسی شدند؟

دکتر مرتضی خداقلی

در این مرحله تنها بر ۸ گونه منتخب تمرکز کردیم، وقتی گونه‌ای جابه‌جا می‌شود، بسیاری از گونه‌های همراه با گونه منتخب مهاجرت می‌کنند. با جابه‌جایی گونه‌های خشکی‌پسند و کم توقع‌تر نیز، اکوسیستم بیابانی می‌شود و گونه‌هایی مثل *Salisola* افزایش می‌یابند، به عبارت دیگر، تراکم آنها کم می‌شود. تغییر اقلیم در مناطق مرتفع با کاهش تنوع گونه‌ای نمود می‌یابد، با رجوع به لیست فلورستیک در برخی ایستگاه‌ها و مقایسه آن با شرایط کنونی، کاهش نفوذ و حتی حضور گونه‌ها کاملاً به چشم می‌خورد.

دکتر مصطفی جعفری

نکته مهم دیگر، تغییر فصل است، در واقع شروع فصل‌ها، ۲۵ تا ۲۶ روز جلو آمده است. برای مثال، فصل زمستان زودتر شروع می‌شود. بنده حداکثر و حداقل‌ها را در طول سال در نظر گرفتم، بیش‌ازاین، سردترین شب ثبت‌شده در سال مربوط به یک شب زمستانی بوده، اما

هم‌اکنون مربوط به فصل پاییز است.

#### دکتر مصطفی جعفری

ثبت گرم‌ترین رکورد دما در طول سال، یک شاخص است که نشان می‌دهد، این اتفاقات چه زمانی روی داده است. مثلاً در طول ۴۰ سال، ثبت گرم‌ترین زمان، در نیمه دوم فروردین شامل چه مواردی، یا چه دمایی بوده است. با بررسی به‌عمل‌آمده، متوجه می‌شویم که هم‌اکنون، ثبت گرم‌ترین زمان، به نیمه اول فروردین رسیده است. این مهم، نشان می‌دهد، فصل شما در اقلیم‌های مختلف متفاوت است و روی مراحل رشد (فنولوژی) گیاهان اثر می‌گذارد، اکوسیستم، متناسب با فصل عوض می‌شود، مراحل رویش (فنولوژی) گیاهان براساس فصل ساماندهی می‌شوند، مثلاً شروع بذردهی، رویش گل و سایر مراحل تغییر می‌کند. با جابه‌جایی فصل، سازگاری گیاه دچار مشکل می‌شود، این مشکل تنها شامل رویش نیست. گیاهی را تصور کنید که در بهار شروع به جوانه زدن، یا بذر دادن می‌کرد، فصل جابه‌جا می‌شود، گیاه تا بخواهد خود را با تغییر زمان سازگار کند، با کاهش بذردهی و سایر موارد مواجه می‌شود.

طبیعت ایران: آیا مطالعات شما نشان داده است، اکوسیستمی در حال نابودی یا حذف شدن است یا گونه‌هایی منقرض شده‌اند یا در حال انقراض هستند؟

#### دکتر مرتضی خداقلی

به نظر متخصصان اکولوژی افزایش یک درجه‌ای میانگین دمای سالانه می‌تواند ۲۰ تا ۳۰ درصد از گونه‌های موجود در یک اکوسیستم را با خطر نابودی مواجه کند. بررسی‌های ما نشان می‌دهد تغییرات اقلیمی بر تمام اکوسیستم‌های مرتعی تأثیر گذاشته است. گزارش‌هایی مبنی بر مرگ‌ومیر گسترده گونه‌های درمنه توسط مجریان طرح پایش اکوسیستم درمنه ارائه شده است، در بازدیدی که در سال جاری از منطقه میمه داشتیم، متأسفانه میزان مرگ‌ومیر این گونه بسیار زیاد بود، حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد پایه‌ها کاملاً خشک شده‌اند و زادآوری هم در سطح مرتع مشاهده نشد. اثر تغییر اقلیم بر اکوسیستم گون‌زارها بیشتر، سبب کاهش تنوع گونه‌ای

شده است، این اکوسیستم، که از بیشترین تنوع گونه‌ای برخوردار است، شاهد حذف برخی گونه‌های با دامنه اکولوژیکی باریک بوده است. در اکوسیستم شورروی‌ها، تأثیر غیرمستقیم ناشی از تغییر اقلیم مشاهده می‌شود، تغییر رفتار رودخانه‌ها و به اصطلاح تعدیل آثار منفی تغییر اقلیم، اقدام به ساخت بند و سازه‌های کنترل سیلاب و برخی مدیریت‌های غیرکارشناسی در بالادست رودخانه‌ها باعث اختلال در ورودی‌های آب‌های جاری به این رویشگاه‌ها، که کاملاً متأثر از ورودی آب‌های فصلی است، شده است. با توجه به مشکلات فرسایش بادی و کانون‌های ریزگرد ادامه این روند می‌تواند، سبب نابودی این رویشگاه و مشکلات دو چندان ناشی از ریزگردها در مناطق شهری شود. اگرچه تغییر اقلیم و گرمایش جهانی بر تمام اکوسیستم‌ها تأثیر گذاشته است، ولی به نظر می‌رسد این تأثیر در اکوسیستم‌های ماندابی با مدیریت نامطلوب و تغییر کاربری بیشترین تأثیر را داشته است و بسیاری از مناطق این اکوسیستم به‌ویژه تالاب‌ها، چشمه‌سارها و نم‌زارها کاملاً نابود شده‌اند. در اکوسیستم شبه‌آبی و آلیی اگرچه در پایین‌دست، محدودیت رطوبت و دما وجود دارد، ولی در بالادست مناطق گسترش این گونه از نظر درجه حرارت بیشتر می‌شود، همان‌طور که عرض کردم به‌طورکلی سطح مناطق با ارتفاع بیشتر در مناطق کوهستانی کاهش می‌یابد، بنابراین، اگرچه این سطح اکوسیستم در پایین‌دست کاهش و در بالادست افزایش می‌یابد، ولی در مجموع عرصه این اکوسیستم کاهش می‌یابد. به‌طورکلی تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی باعث کاهش چشمگیر پهنه‌های اقلیم مرطوب و افزایش اقلیم خشک و در نتیجه کاهش شدید رطوبت در عرصه‌های طبیعی می‌شود. این موضوع نیز کاهش جوانه‌زنی بذور، کاهش شادابی گونه‌ها، کاهش فلور میکروبی خاک، کاهش کیفیت خاک و در نتیجه، زوال گونه‌ها و افزایش روند بیابان‌زایی را به دنبال داشته است. از طرفی، تغییرات یادشده و در رأس آنها، کاهش رطوبت در اکوسیستم‌های طبیعی، افزایش وقوع آتش‌سوزی‌های طبیعی در عرصه‌های مرتعی و جنگلی را در پی داشته است. این مناطق، همچنین در معرض افزایش



#### دکتر مصطفی جعفری

نکنه دیگر اینکه، مناطق کوهستانی نظیر جنگل‌های خزری (هیرکانی) از دو جهت محدود می‌شوند، اول، دمای سطحی، نظیر جزایر گرمایی شهری که مانع رویش است و دوم، در شیب شمالی البرز و جنگل‌های هیرکانی، از بالا هم عامل محدودکننده وجود دارد. دمای جبهه جنوبی البرز در دریای خزر،



مانع رویش است، دمای شهرهایی که در مناطق کوهستانی واقع شده‌اند، همچنین دمای شهر تهران که در دامنه جنوبی است، عامل محدودکننده محسوب می‌شود و نوار رویشی، شامل تنوع زیستی و گونه‌ها و سایر جانوران را محدود می‌کند، محدوده زیست پلنگ‌های مازندران کاهش

مدیریت مراتع یا مثلاً تعداد دام مراتع تأثیر داشته است؟ آیا در مدیریت ما بر مراتع تغییری ایجاد کرده است؟

دکتر مرتضی خداقلی

با توجه به اینکه کماکان نگاه بسیاری از بخش‌های اجرایی مرتبط با منابع طبیعی به دلیل ماهیت و وظیفه سازمانی، تولید علوفه است، بدون تردید تغییرات اقلیمی باعث کاهش

چرا بیشتر در محدوده آبخورهای است. این وضعیت در اکوسیستم درمنه نسبت به سایر اکوسیستم‌ها بیشتر دیده می‌شود. در مورد مدیریت مرتع، با توجه به موقعیت جغرافیایی کشور و تأثیر اقلیم مدیترانه بر بارش کشور که معمولاً با بی‌نظمی در سال‌های مختلف همراه است، تغییر اقلیم بر تغییر رژیم بارش و بی‌نظمی ریزش نزولات جوی افزوده است. به طوری که در یک سال خشک سالی شدید، مشکلاتی برای اکوسیستم‌های مرتعی و بهره‌برداران به وجود می‌آورد و در سال بعد با بارش زیاد، مشکلات آتش‌سوزی در برخی اکوسیستم‌های مرتعی ظاهر می‌شود. در عمل باید اثر تغییر اقلیم را در کاربرد یافته‌های حاصل از تحقیقات انجام‌شده روی گونه‌های مختلف، در نظر گرفت، در حقیقت عملیات و اقدامات اصلاح، احیا و بهره‌برداری باید با توجه به تغییر اقلیم انجام شود.

همان طور که آقای دکتر خسروشاهی فرمودند، باید نگرش به عرصه‌های طبیعی تغییر کند. بخش مرتع طی دو سال گذشته تلاش کرده است تا با توجه به تغییرات اقلیمی و برخی مدیریت‌های نامطلوب، که باعث بروز بحران در عرصه‌های مرتعی شده است، نگاه حفاظتی و اکوسیستمی را جایگزین نگاه بهره‌برداری صرف از علوفه کند. این نگاه در اکوسیستم‌های شکننده‌ای چون درمنه‌زار، شوره‌زار و شن‌زارها بسیار ضروری است. با توجه به تغییرات اقلیمی و کاهش سطح و کیفیت بیشتر اکوسیستم‌های کلان مرتعی ضروری است، با نگاه اکوسیستمی و حفاظتی در این شرایط دشوار و بحرانی اکوسیستم‌ها و با حفظ شرایط موجود می‌توانیم مانع تخریب این عرصه‌ها شویم، حتی از چرای دام به‌عنوان راهکاری برای پایداری بیشتر این اکوسیستم‌ها بهره‌گیریم.



پیدا کرده است، با کاهش محدوده آنها، سیکل غذایی به هم می‌خورد.

تولید، کاهش طول فصل رویش و زادآوری در این عرصه‌ها شده است. به دلیل خشک شدن چشمه‌ها و محدود شدن منابع آبخور دام‌ها، یکنواختی چرا به هم خورده و تمرکز و فشار

طبیعت ایران: آیا تغییرات اقلیم در برنامه

طبیعت ایران: یکی از آثار تغییر اقلیم، که کشور ما را تحت تأثیر قرار داده، پدیده گرد و غبار است، این پدیده مردم را با مشکل جدی مواجه کرده است. البته این موضوع هم به تغییر اقلیم و هم به سوء مدیریت عرصه‌های طبیعی مربوط است که موضوع مدیریت عرصه‌های طبیعی در گفت‌و‌گوی دیگری بررسی خواهد

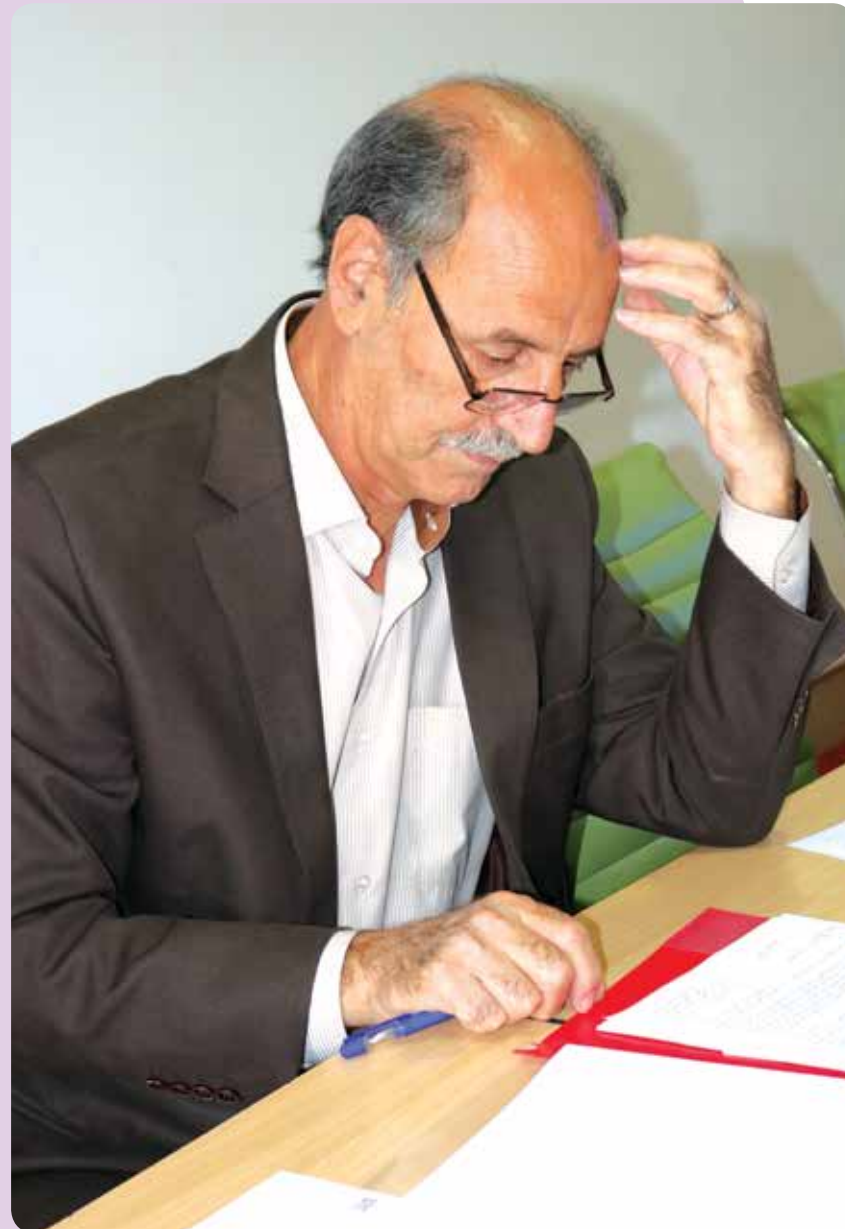


شد. آقای دکتر خسروشاهی لطفاً در مورد آثار تغییر اقلیم و گرد و غبار و راهکارهای موجود توضیح فرمایید.

دکتر محمد خسروشاهی

این مسئله دارای دو بعد است، اول بعد ملی (کشور ایران چه کاری می‌تواند بکند) و دوم، بعد جهانی. گرد و غباری که حتی گاهی تهران را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد، برون مرزی است. سالیان سال است که کارشناسان بیان می‌کنند، مدیریت آب در خاورمیانه مناسب نیست. حدود سی سال پیش، آقای کوثر مقاله‌ای را با عنوان «آب، جنگ‌افزار دوحرفی» در مجله جنگل و مرتع نوشته بودند، ایشان با توجه به مطالعات خود، بیان می‌کردند، جنگ بعدی در ایران، جنگ آب است، نه جنگ نفت. شاید در آن زمان برای ما خیلی جا نمی‌افتاد، چون مشکلی نداشتیم. در همین چند سالی که روی تالاب‌ها کار می‌کنم، مشکلات و درگیری‌های فراوانی را بین خوزستان، اصفهان، یزد و سایر شهرها مشاهده کردم، برای عدم درگیری، حتی کار به مسائل امنیتی کشیده می‌شود. آقای دکتر جعفری به بحث سازگاری اشاره کردند، اتفاقاتی که هم‌اکنون شاهد آن هستیم، طی یک یا دو سال روی نداده است، در طول ۴۰-۵۰ سال، به مرور، مدیریت‌ها ناثواب، مشکلات و چالش‌ها بوده است. آقای بیطرف وزیر سابق نیرو در زمان مسئولیت خود، با نمایش یک منحنی از آب‌های زیرزمینی هشدار دادند، آب‌های زیرزمینی هر سال در حال افت و ذخایر ما در حال کاهش است. از آن موقع تاکنون، حدود ۲۵-۲۰ سال گذشته است. در آن زمان، صحبت از فرونشست بود، اما مسئله جا نمی‌افتاد، حدود ۱۵ سال پیش، بنده مقاله‌ای در خصوص فرونشست نوشتم. مسئولان راه‌آهن در آن سال‌ها با خالی شدن زمین زیر ریل راه‌آهن مواجه بودند و چاره‌ای جز پر کردن آن نداشتند، آنها در مصاحبه‌ای اشاره کردند که کارگرها به وسیله ریگ فضاهای خالی شده را پر می‌کنند. سازمان زمین‌شناسی بررسی کرده بود که در مناطق ورامین، فرونشست وجود دارد. هم‌اکنون، موضوع فرونشست، به یک مسئله حاد در مملکت تبدیل شده است، این مسئله شهر اصفهان را به شدت تهدید می‌کند. به‌طور قطع،

برای موضوع تغییر اقلیم باید سازگاری را در دستور کار قرار دهیم. در خصوص فرونشست، اگر همین الان هم اقدام کنیم، به سود ماست. هم‌اکنون در کشور، ۸۵۰ هزار حلقه چاه حفر شده است، به جرأت، می‌توان گفت، حفر حلقه‌های چاه از عوامل اصلی خشک شدن دریاچه ارومیه است. فاصله ما از وان در کشور ترکیه ۱۵۰ کیلومتر است، آنجا منطقه



پر آبی است، اما ایران شکل کویری و خشک به خود گرفته است. حدود ۱۵ سال پیش، بنده به همراه آقایان سیداخلاقی و درویش بازدیدی از منطقه داشتیم، پرفسوری آلمانی در آن را بگیریم، نمی‌توانیم کاری از پیش ببریم، حداقل کاری که می‌توان کرد، تقلیل بعضی از عوامل است. اگر همین الان شروع کنیم، آثار مثبت آن در آینده‌ای دور (۵۰ تا ۱۰۰ سال



آینده) مشاهده می‌شود، اما مشخص نیست که آیا می‌توان به نقطه ابتدا بازگشت یا نه؟ چند سال است که می‌گویند: باید روی چاه‌های عمیق کنتور بگذاریم و درب چاه‌های غیرمجاز را ببندیم، چه اتفاقی افتاده است؟ آیا کاری از پیش رفته است؟ متأسفانه خیر، هم‌اکنون کشور در این نقطه بحرانی ایستاده و به این حال و روز افتاده است. به قول جناب آقای دکتر جعفری، تغییر نگرش به‌سختی روی می‌دهد، باید همه مسئولان از امامان جمعه تا نمایندگان مجلس و وزرا را متوجه این خطر کرد. این مسائل نباید دست‌خوش تصمیمات و تغییرات سیاسی شوند. با چه شهامتی، در برخی از وزارتخانه‌ها افراد جوان را با عنوان وزیر به کار می‌گیرند، درحالی‌که از تجربه کافی برخوردار نیستند. بنده با ۴۰ سال سابقه کار، ادعای ریاست مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع را ندارم. متأسفانه، مسائل سیاسی بر تمام مسائل سایه افکنده است و کسی به فکر محیط‌زیست و منابع طبیعی نیست. برکسی پوشیده نیست که چقدر در همایش‌ها و محافل علمی گفتیم و چقدر مقاله نوشتیم، اساسی‌ترین کار در حال حاضر، تفهیم این مسئله به مسئولان محترم است.

طبیعت ایران: مباحث مطرح‌شده نشان می‌دهد، تغییرات اقلیم در ایران به شکل افزایش دما و تغییر الگوی بارندگی رخ داده است و بر جوامع گیاهی، جانوری و انسانی و محیط‌های طبیعی تأثیر داشته و دارد. آیا مسئولان کشور به این تغییرات توجه دارند؟ آیا برنامه‌ریزی‌ها در کشور براساس این تغییرات و چگونگی سازگاری با این تغییرات است؟ آیا به تعهدات خود در کنوانسیون‌های بین‌المللی عمل می‌کنیم؟ هم‌اکنون که در آستانه برنامه‌ریزی هفتم توسعه کشور هستیم آیا به این مهم توجه می‌شود؟

دکتر مصطفی جعفری

سی سال است که بنده درگیر بحث تغییر اقلیم هستیم. در ابتدای امر، اصلاً موضوع را شنیده‌شده نمی‌دانستند. قبل از سال ۱۹۹۲ و اجلاس سران در ریودوژانیرو در برزیل، این

موضوع مطرح و کنوانسیون تغییر اقلیم امضا شد. ایران هم جزو اولین کشورهای امضاکننده بود، چهارسال بعد هم موضوع در مجلس تصویب شد و ما به‌طور رسمی و همه‌جانبه متعهد شدیم. موضوع تغییر اقلیم، مطرح می‌شد ولی به بسیاری از مفاهیم تغییر اقلیم که باید در عملیات و برنامه‌ریزی مدنظر قرار می‌گرفت، بی‌توجهی می‌شد. از نظر تعدادی از دوستان، این موضوع باید در برنامه‌ها وارد می‌شد، اما عده‌ای از افراد نیز بودند که اطلاعات کافی نداشتند، از موضوع تصورات سیاسی داشتند و اجازه ورود موضوع تغییر اقلیم را به برنامه‌های جاری کشور نمی‌دادند، بنابراین، برنامه تغییر اقلیم را به شکل مدون در برنامه‌های جاری نداشتیم و هر سازمان به‌طور مجزا برای خود، کارهایی را انجام می‌داد. اگر این موضوع، مورد توجه قرار می‌گرفت، این اتفاقات نمی‌افتاد، یا با شدت کمتری رخ می‌داد، عده‌ای هنوز موضوع بحران آب را سیاسی می‌پندارند، به‌طورکلی استفاده از کلمه بحران را، سیاسی می‌انگارند و معتقدند نباید آب هراسی و تغییر اقلیم هراسی داشته باشیم. حتی اگر ما به مجامع بین‌المللی هم کاری نداشتیم، باید باتوجه به شرایط تحمیل‌شده بر کشور، برنامه‌ریزی می‌کردیم. مدیریت آب در کشور بسیار مخرب بوده است، به‌طوری‌که اثر تخریبی آن از تغییر اقلیم بیشتر بوده است. چون این باور نبود که تغییر اقلیم هم می‌تواند به ما لطمه بزند، آب را بی‌محابا مدیریت کردیم، به‌عبارت بهتر، در خصوص احداث سد، انتقال آب، یا جابه‌جایی آب‌ها بی‌محابا عمل کردیم. هر جایی که آب را انتقال دادیم، باعث تخریب اکوسیستم شدیم، حال ممکن است درجه تخریب متفاوت باشد. اگر در خصوص انتقال آب، مطالعات زیستی انجام نشود، بی‌شک ما موفق نخواهیم بود. هم‌اکنون، در برنامه ششم و هفتم، جایگاه روشنی برای موضوع تغییر اقلیم نداریم. بنده به‌عنوان مجری برنامه کلان تغییر اقلیم در حوزه تحقیقات، هر لحظه با این موضوع مواجه هستم که با جابه‌جایی مدیران، باید موضوع از اول تشریح شود. دوستانی که می‌آیند، باید به‌عنوان یک باور قطعی، کار را تداوم ببخشند. امروزه، مسئله تحقیق این‌گونه مطرح می‌شود، تحقیق برای توسعه (R for D)،

در گذشته اما مسئله تحقیق، به‌صورت تحقیق و توسعه (R&D) مطرح بوده است. امروزه تحقیقات‌مان باید کاربردی و دقیق‌تر باشد و از خروجی‌های آن، به‌طور دقیق استفاده کنیم، متأسفانه این‌کار را نمی‌کنیم، از نظر بنده، این گفت‌و‌گویی چالشی می‌تواند هشدار خوبی برای این موضوع باشد. ما چند چالش داریم:

۱- تفهیم واقعی تغییر اقلیم به تصمیم‌گیران  
۲- ورود عنوان تغییر اقلیم در تمام برنامه‌ها (باید تمام امور عمرانی اعم از خانه‌سازی، راه‌سازی و سایر با نگاه تغییر اقلیم بازنویسی شود. این بازنویسی شامل تمام برنامه‌های جاری و آتی است). به‌عنوان مثال، جریان بادی که با خود خاک را حمل می‌کند، چقدر در احداث مسکن مؤثر است؟ به‌طور قطع، پنجره‌ای که به سمت باد حمل‌کننده خاک قرار دارد باید طوری طراحی شود که خاک کمتری را به داخل منزل بیاورد. مصداق این مسئله، پنجره نورگیر است که باید به‌گونه‌ای طراحی شود که از نور بیشتری بهره‌گیرد. در بحث مواد غذایی، باید دقت کنیم نوع پروتئینی که تولید می‌کنیم با نگاه به تغییر اقلیم تولید شود. در خصوص نوع دام و طیور و تغذیه آنها باید به موضوع تغییر اقلیم توجه شود. باید برای تغذیه دام سنگین، حجم تولیدی گاز دی‌اکسیدکربن را مدنظر قرار داد و با نگاه تغییر اقلیم برنامه‌ریزی کرد. مهم‌ترین مسئله در شرایط کنونی، سازگاری (Adaptation) است، درواقع، ما باید با این شرایط سازگار شویم. تغییر اقلیم در حال وقوع است، دوستان محترم مدعو بیان کردند، درجه حرارت در حال افزایش است. افزایش درجه حرارت یکی از مواردی بود که به آن اعتقادی نداشتیم، ولی هر دهه نسبت به دهه قبل، افزایش آن را مشاهده کردیم. یکی از عوامل مهم، درجه حرارت است که باید به آن توجه و پیرامون آن برنامه‌ریزی کرد.

طبیعت ایران: ضمن سپاس از توضیحات ارائه‌شده، لطفاً صحبت‌های تکمیلی و جمع‌بندی خود را ارائه فرمایید.

دکتر مصطفی جعفری

مبنای بسیاری از بحث‌ها وجود گاز دی‌اکسیدکربن و سوخت‌های فسیلی است،

تولید و مصرف انرژی، نقش بسیار اثرگذاری در تغییر اقلیم دارد. بررسی فهرست (In-ventory) انتشار گازها، مسائل متعددی چون صنعت، کارخانجات، حمل و نقل و سایر موارد را دربردارد. در مقاله‌ای به‌طور مفصل انتشار گازها و مصرف انرژی را در شهر آستارا بررسی کردم، به عناصری با نام‌های Cooling Degree Days (CCD) و Heating Degree Days (HDD) توجه شد، یعنی روزهایی که در طول سال نیاز به سرما و نیاز به گرما داریم. دمای بین ۱۸-۲۱، دمای معتدل محسوب می‌شود و در واقع دمایی است که در آن احساس آرامش می‌کنید. معمولاً با افزایش دما به بیش از ۲۱ درجه سانتی‌گراد، احساس نیاز به خنک شدن دارید و باید کار سردکردن (Cooling) را انجام دهید، هنگامی هم که دما از ۱۸ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر بیاید، احساس سرما می‌کنید و باید کار گرم‌کردن (Heating) را انجام دهید. بنابراین، شما در طول سال با این واژگان سروکار دارید و برای شما ملموس است. در آمریکا (HDD) و (CCD) یک عنصر است، مثلاً فردی که قصد زندگی در منطقه‌ای را دارد، در ابتدا به بررسی Heating Degree Days و Cooling Degree Days آن منطقه می‌پردازد و با استفاده از این عنصر متوجه می‌شود که برای گرمایش و سرمایش آنجا چقدر باید هزینه کند. در آستارا اثر تغییر اقلیم را بررسی کردم، (HDD) و (CCD) هم درمورد آسایش و آرامش و هم درمورد هزینه مطرح است. آقای دکتر خسروشاهی فرمودند از فروردین ماه باید کولر را روشن کنیم، چرایی این موضوع در این است که دمای اکنون، دمای سابق نیست، البته که وجود عنصر اصلی (تغییر اقلیم) هم مزید بر علت است. در همه مناطق کشور، عامل تحمیل‌شده‌ای به نام گرمایش وجود دارد، برای اینکه بتوانیم با این شرایط مقابله و در این شرایط زندگی کنیم، باید ایجاد سرمایش کنیم. به عبارت دیگر، Cooling Degree Days (CCD) به صورت معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند، CCD عنصری است که هم از نظر مصرف هزینه و هم از نظر مصرف انرژی باید مورد توجه قرار گیرد، این عنصر می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های کلان کشور

مورد توجه قرار گیرد.

#### دکتر فاطمه درگاهیان

در گذشته بیشتر از کولرهای آبی استفاده می‌کردند، هم‌اکنون اما از کولرهای گازی استفاده می‌شود، استفاده از کولرهای گازی،



عاملی در ایجاد گرماست.

#### دکتر مصطفی جعفری

خنک‌سازی، با مصرف انرژی و مصرف برق همراه است و یکی از عوامل انتشار گاز کربنیک به‌شمار می‌رود، در واقع، میزان انتشار آن را افزایش می‌دهد، ما باید مدیریت کاهش (Mitigation) داشته باشیم، باید به صورت دقیق، بهره‌وری و توازن تولید و مصرف انرژی را مدیریت کنیم. هم‌اکنون استفاده از انرژی‌های پاک (انرژی خورشیدی، انرژی بادی و سایر) به دلیل نداشتن آثار سوء بر محیط‌های طبیعی، در سراسر جهان افزایش یافته است. با توجه به اینکه بیابان‌های کشور ۱۶ الی ۱۷ ساعت نور خورشید مناسب را به‌طور مستقیم دریافت می‌کنند، پتانسیل خوبی برای توسعه انرژی‌های پاک دارند، در صورت بهره‌برداری به‌موقع و مناسب از آنها، نه تنها می‌توان برق ملی را

تأمین کرد، بلکه می‌توان آن را به کشورهای همسایه نیز صادر کرد.

#### دکتر فاطمه درگاهیان

انرژی خورشیدی یکی از انرژی‌های پاک در کشور محسوب می‌شود، کشور ایران نیز پتانسیل خوبی دارد، اما هزینه اولیه مربوط به تجهیزات آن گران است و ممکن است صرفه اقتصادی نداشته باشد.

#### دکتر مصطفی جعفری

در ابتدای کار، چون هنوز تجهیزات را بومی‌سازی نکردیم، بی‌شک هزینه‌هایی را داریم ولی پتانسیل‌های موجود، هزینه‌ها را تأمین خواهد کرد.

این گفت‌وگو نتیجه سال‌ها کار پژوهشی در کشور بوده است، مدعوین محترم با عدد و رقم موضوع تغییرات اقلیم و به‌خصوص افزایش دما را تبیین کردند و تأثیرات وحشتناک آن را بر جوامع انسانی، گیاهی و جانوری نشان دادند، امید است مسئولان کشور در برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین به این موضوع به‌طور جدی توجه کنند و آن را در همه برنامه‌ها مدنظر قرار دهند. موضوع سازگاری با این شرایط هم به آگاهی مردم و دانستن این واقعیت و هم به درک مسئولان از این موضوع مرتبط است، برنامه‌ریزی صحیح برای چگونگی مواجهه با این چالش به‌طوری‌که با کمترین آسیب مواجه شویم، ضروری است. تلاش نشریه طبیعت ایران، تبیین آثار تغییر اقلیم با هدف افزایش آگاهی مردم و مسئولان بوده است، امیدواریم به رسالت خود در این خصوص عمل کرده باشیم. در پایان، صمیمانه و با کمال احترام، از وقتی که در اختیار نشریه طبیعت ایران گذاشتید، سپاسگزارم.