



مصطفی جعفری، سرمؤلف ارزیابی جهانی تغییر اقلیم (IPCC)، برنده مشترک
 جایزه صلح نوبل در سال ۲۰۰۷ میلادی، عضو هیئت علمی و مشاور تغییر
 اقلیم، مجری تدوین استراتژیک برنامه کلان تحقیقات تغییر اقلیم
 پست الکترونیک: mostafajafari@rifr-ac.ir

نقش دوایر رویشی درخت در تولید داده‌های جایگزین در مطالعات تغییر اقلیم

تهران و مناطق نفت‌خیز جنوب کشور شروع شد.

درس هوشناسی در سال ۱۲۹۸ به برنامه درسی مدرسه بزرگان (محل فعلی دانشکده کشاورزی در کرج) اضافه شد، این درس توسط معلم فرانسوی تدریس می‌شد، اولین سکوی هوشناسی نیز در همان محل احداث شد و در آن دمای هوا، رطوبت نسبی و میزان بارندگی اندازه‌گیری می‌شد. این ایستگاه در سال ۱۳۰۸ کامل شد و بیشتر عناصر جوی را دیده‌بانی می‌کرد، به تدریج، در اثر نیاز شدید بخش‌های کشاورزی و آبیاری، تعدادی ایستگاه نیز بر حسب ضرورت در نقاط مختلف کشور تأسیس شد، مسئولیت این ایستگاه‌ها با بنگاه مستقل آبیاری وابسته به وزارت کشاورزی وقت بود.

هم‌اکنون، با به‌کارگیری ابزارهای جدید، عوامل اقلیمی همچون دما در سطح زمین (حداقل - حداکثر)، فشار، سمت و سرعت باد، تابش (در سطح زمین، دریا، یا جو بالا)، رطوبت هوا، تبخیر و تعرق، دمای خاک، تبخیر، رطوبت خاک، فشار، سمت و سرعت باد در جو بالا، جزرومد، مقدار و شدت باران و برف، آلودگی زمینه جو، ازن یا تشعشع، بسته به نوع عوامل مورد سنجش در ایستگاه‌های هوشناسی سینوپتیک اصلی و تکمیلی، هوشناسی کشاورزی، هوشناسی جو بالا، هوشناسی اقلیم‌شناسی، هوشناسی دریایی، هوشناسی باران‌سنجی و برف‌سنجی، یا در ایستگاه هوشناسی ویژه اندازه‌گیری می‌شوند.

نوع دوم داده‌ها، داده‌هایی هستند که با هدف تکمیل خلأهای اطلاعاتی سازماندهی شده است و معمولاً به زمان‌های طولانی مرتبط می‌شود که امکان بهره‌گیری از داده‌های مشاهده‌ای در آن مقاطع زمانی وجود ندارد. این نوع داده‌ها با به‌کارگیری روش‌های مختلف به دست می‌آیند و می‌توان آنها را «داده‌های جایگزین» (Proxy data) خواند. تولید چنین داده‌های جایگزین را متناسب با روش‌های تحقیقی مورد استفاده می‌توان به گروه‌های زیر تقسیم کرد. ۱- مطالعات مبتنی بر یافته‌های حاصل از شرایط موجود در مغزه‌های یخ‌های منجمدشده در زمان‌های گذشته (Glaciological)، ۲- تحقیق و بررسی در رسوبات زمین‌شناسی در دوران‌های قبل (Geological)، ۳- تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق روی موجودات زنده گیاهی و جانوری که در زمان‌های گذشته حضور داشته‌اند و بعضی از آنها هنوز ادامه حیات دارند (Biological) و ۴- مطالعات مبتنی بر یافته‌های حاصل از شواهد تاریخی در زمان‌های گذشته (Historical).

بررسی شرایط دوایر رویشی درختان از نظر پهنا، تراکم، یا سایر عناصر، که در آنها قابل دستیابی است، در گروه سوم دسته‌بندی می‌شوند. گاه‌شناسی درختی (دندروکرونولوژی) را می‌توان روشی مؤثر در ایجاد داده‌های جایگزین موردنیاز در مطالعات تغییر اقلیم دانست. مطالعات و بررسی ایزوتوپ‌های پایدار در دوایر رویشی درختان می‌تواند به دقت و اطمینان داده‌های به‌دست‌آمده از این روش قوام بخشد. نمونه‌برداری از دوایر رویشی درخت با مته‌های توخالی انجام می‌شود. درمورد درختان سرپا، آخرین حلقه مربوط به سال جاری، یا سال قبل است و هر چه جلوتر رویم بر قدمت سال‌ها متناسب با سن درخت، اضافه می‌شود.

برای تجزیه و تحلیل حلقه‌های رویشی از داده‌های مشاهده‌ای نزدیک‌ترین ایستگاه هوشناسی به محل رویش درخت در سال‌های ثبت داده‌ها استفاده می‌شود و ارتباط آماری حاصل از آن به حلقه‌های رویشی سال‌های قبل از تأسیس ایستگاه تعمیم داده می‌شود، داده‌های جایگزین برای دما، بارش و رطوبت ارائه می‌شود. داده‌های به‌دست‌آمده از گاه‌شناسی درختی (دندروکرونولوژی) کاربردهای مختلفی در علمی همچون اقلیم‌شناسی، بوم‌شناسی و سایر علوم مرتبط با محیط‌زیست دارد.

به‌طورکلی در مطالعات مرتبط با تغییرات اقلیمی از دو نوع داده و اطلاعات استفاده می‌شود. نوع اول داده‌هایی هستند که براساس سنجش دستگاه‌های مختلف و ابزارهای سنجنده به دست می‌آیند و مبنای آن مشاهده و ثبت داده است و می‌توان آن را «داده‌های مشاهده‌ای» (Observational data) نامید. این داده‌ها با به‌کارگرفتن ابزارهای سنجش، همچون دماسنج‌ها، باران‌سنج‌ها، رطوبت‌سنج‌ها، دستگاه‌های سنجش باد، دستگاه‌های سنجش تشعشعات خورشیدی و سایر وسایل سنجش تهیه می‌شوند. مدت زمان فراهم بودن داده‌ها بستگی به قدمت تأسیس انواع مختلف ایستگاه‌های هوشناسی اعم از کلیما‌تولوژی، سینوپتیک و سایر مراکز داده‌برداری دارد. قدیمی‌ترین ایستگاه‌های هوشناسی قدمتی حدود ۱۵۰ سال، یا کمی بیشتر دارند.

البته بعضی از آثار تاریخی ممکن است به‌عنوان ایستگاه‌های هوشناسی تعریف شوند که سابقه طولانی‌تری نیز دارند، مثل برج بادها یا ساعت آندرونیکوس (Horologion of Andronikos Kyrrehestes) که برجی هشت ضلعی است، از سنگ مرمر ساخته شده و در آگورای آتن قرار گرفته است. گفته می‌شود، این برج اولین ایستگاه هوشناسی دنیا است و بیش از ۲۰۰۰ سال قدمت دارد (سایت هوشناسی مشهد). مؤسسه مرکزی هوشناسی و ژئودینامیک (ZAMG) در اتریش، قدیمی‌ترین مرکز هوشناسی در جهان است. این شرکت در سال ۱۸۵۱ تأسیس و جشن صد و هفتادمین سال تأسیس آن در سال ۲۰۲۱ برگزار شد و هم‌اکنون، ۲۶۰ ایستگاه نیمه‌اتوماتیک را در سراسر کشور اداره می‌کند که برخی از آنها در ارتفاع ۳۵۰۰ متری از سطح دریا در کوه‌های آلپ اتریش قرار دارند (سایت مؤسسه <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/messnetze>).

با گسترش حمل‌ونقل‌های دریایی نیاز به اطلاعات جوی مثل باد و فشار هوا و سایر داده‌ها بیشتر احساس شد. با ساخت ترمومتر در سال ۱۶۰۰ میلادی و ساخت باران‌سنج، فشارسنج و رطوبت‌سنج در همین ایام، تکمیل و استاندارد ادوات هوشناسی شروع شد. در چنین شرایطی اولین شبکه ایستگاه‌های دیده‌بانی هوشناسی با ادوات معمولی و اولیه فردیناند دوم در سال ۱۶۵۳ تأسیس شد، آکادمی وی، هفت ایستگاه هوشناسی را در شمال ایتالیا و چهار ایستگاه را خارج از ایتالیا تأسیس کرد، جامعه هوشناسی ماهایم در سال ۱۷۸۰ به وجود آمد و شبکه ایستگاه‌های دیده‌بانی با ۳۹ ایستگاه شروع به کار کرد که ۱۴ ایستگاه آن در آلمان و بقیه در کشورهای دیگر تأسیس شد، در کلیه ایستگاه‌های یادشده، ادوات یکسان و استاندارد شده مثل فشارسنج، بادسنج و باران‌سنج نصب شده بود.

فعالیت‌های هوشناسی به‌عنوان یک علم جدید از اوایل قرن نوزدهم شروع شد، دانشمندان اولین نقشه‌های هوشناسی را در سال ۱۸۲۰ ارائه کردند، این نقشه‌ها براساس اطلاعات و آمار هوشناسی جمع‌آوری شده توسط ماهایم ترسیم شد. در سال ۱۸۲۲ نقشه‌های مربوط به طوفان‌های اروپا ترسیم شد، بعدها دانشمندان، مشخصات نمونه‌های باد و فشار را روی نقشه‌های هوشناسی به‌صورت سیکلون و آنتی‌سیکلون و قوانین مربوط به توسعه و از بین رفتن آنها را نشان دادند، با اختراع تلگراف توسط ساموئل مورس در سال ۱۸۴۳، امکان مخابره سریع اطلاعات دیده‌بانی شده فراهم شد، سپس، اعلام خطر و پیش‌بینی وقوع طوفان امکان‌پذیر شد. سازمان هوشناسی ایران، فعالیت خود را از سال ۱۳۳۴ خورشیدی و به‌عنوان اداره کل هوشناسی زیر نظر وزارت راه و ترابری آغاز کرد و پس از چندی به سازمانی مستقل تبدیل شد (سایت سازمان هوشناسی). براساس آنچه در تاریخچه هوشناسی ایران (<https://vistair.m/a/rqcq9/>) ذکر شده است، فعالیت‌های منظم هوشناسی اولین بار با اندازه‌گیری عناصر جوی توسط سفارتخانه‌های انگلیس و روس در