استفاده از
سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی
در
اقلیم‌شناسی و هواشناسی

نویسنده: Lee Chapman&John Thornes
برگردان: دکترحسن حیدری
عضوهیأت علمی دانشگاه ارومیه

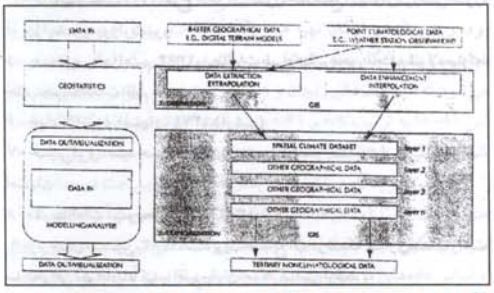
خلاصه

از دیاد سیستم‌های تجاری اطلاعات جغرافیایی در جامعه علمی موجبات استفاده گسترده از داده‌های فضایی اقلیمی در کاربردهای مختلف شده است. این مقاله نقش سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی را در اقلیم‌شناسی و هواشناسی بررسی می‌کند. بدین صورت که (۱) راجع به روشهای مورد استفاده برای نتیجه‌گیری و تعیین داده‌های فضایی اقلیم بحث می‌کند و(۲) کاربردهای قراردادی سیستم اطلاعات جغرافیایی و سری داده‌های فضایی اقلیمی را در کشاورزی، اکولوژی، جنگلداری، سلامتی و بیماری پیش‌بینی هوا، هیدرولوژی، حمل ونقل، مناطق شهری، انرژی و تغییر اقلیم بررسی می‌نماید.

مقدمه

اصول اولیه سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) با ورود میکروکامپیوترها در امریکای شمالی در ابتدای دهه ۱۹۶۰ طرح گردید (برنردسون ۱۹۹۲). ساج اولیه همچون ساج کانادا(CGIS) و امریکا(MCIDAS)با استفاده از دیدگاه ساده‌ای از دنیای واقعی با نمایش اطلاعات فضایی رقومی به صورت نقشه‌های الکترونیکی به وجود آمد. وقتی ساج گسترش یافت تعریف ساج به عنوان یک وسیله تسهیل کننده تجسم فضایی هنوز مبهم بود. چراکه هر نوع نمایش فضایی اطلاعات به صورت یک نمودار هواشناسی ساده یا تصویر ماهواره‌ای می‌توانست تصویری از یک ساج باشد. با این حال امروزه ساج در داخل یک ابزار مدیریتی قدرتمند رشد یافته که برای ضبط کردن، مدل بندی، تجزیه و تحلیل و نمایش داده‌های فضایی مورد استفاده قرارگرفته (وربوی۱۹۵۵) و بیانگر یک آمیختگی تکنولوژی پایگاه داده‌ای با کارتوگرافی کامپیوتری می‌باشد (برنردسون ۱۹۹۲). تحلیلهای صورت گرفته در کلیه لایه‌های داده‌ای در یک محیط برنامه نویسی شی‌گرا امکان مقایسه آماری متغیرهای فضایی را فراهم نموده و نیز موجب ایجاد سری داده‌های فضایی جدید را در بخشی از کاربردها میسر نموده است.

پدیده‌های اقلیم‌شناسی به طور طبیعی متغیرهای فضایی بوده و از این رو راه حل مناسب برای مدیریت سری زیاد داده‌های فضایی اقلیمی در کاربردهای وسیع استفاده از ساج می‌باشد. برای نیل به این هدف، استفاده از ساج در اقلیم‌شناسی و هواشناسی اصولاً به دو بخش تقسیم می‌شود. یک تمایزی بین استخراج سری داده‌های فضایی اقلیمی از کاربردهای سفارشی ثانویه وجوددارد (نگاره(۱)). این نقش دوگانه ساج با جزئیات بیشتری در بخشهای زیر بحث می‌شود.



نگاره(۱): مدل فرضی نقش دوگانه ساج در اقلیم‌شناسی و هواشناسی ساج ابزار مفیدی برای کمک در استخراج سری داده‌های اقلیمی است که درگونه‌ای از کاربردهای سه گانه مورداستفاده قرارمی‌گیرد.

استخراج داده‌های فضایی اقلیمی

سنجش از دور

اختلافات بین اصول ساج و سنجش از دور بعضاً تعیین حدود این دو را که به مقدار خیلی زیادی با هم مرتبطند را مشکل می‌سازد. سنجش از دور جمع آوری و تنظیم سری داده‌های زیاد بزرگ مقیاس را فراهم نموده در صورتی که ساج وسیله‌ای برای نمایش و تحلیل فضایی داده‌ها می‌باشد. برای نمونه مدلهای ارتفاعی رقومی(DEM) حاصل از سنجش از دور می‌تواند درساج با دستکاری و تغییر به عنوان خط شروع سری داده‌ای اقلیمی ترکیبی باشد.

مدلهای ارتفاعی رقومی معمولاً به طور سنتی با استفاده از تکنیکهای نقشه برداری زمینی به دست می‌آیند اما امروزه با استفاده از تکنیکهای راداری هم چون مأموریت توپوگرافی رادار شامل (SRTM) تهیه می‌شوند.(SRTM) برروی شاتل فضایی اندیور که در فوریه ۲۰۰۰ پرتاب شد، سوارشده بود و هدف آن تهیه داده‌های توپوگرافی برای ۸۰ درصد سطح خشکیهای زمین با قدرت تفکیک بالای ۳۰ متر بود.

داده‌های اقلیمی راستری گسترده‌ای نیز از تصاویر ماهواره‌ای قابل استخراج است به عنوان مثال شادیج و همکاران (۲۰۰۱) نقشه‌های دمای سطح زمین را با ترکیب (DEM) با دماهای درخشانی حاصل از کانال مادون قرمز حرارتی ماهواره متئوست ترسیم کردند. روشهای مشابهی مشخصاً توسط وردیبوت(۲۰۰۰) وال گارونانی و همکاران(۲۰۰۰) برای تولید نقشه‌های ماوراء بنفش سطح زمین در اروپا و نقشه‌های تبخیر و تعرق تونس مورداستفاده قرارگرفته است.

پردازش تصویری مرتبط با تکنیکهای سنجش از دور(یعنی تصحیحات هندسی و رادیومتری) آنچنان پیچیده است که تولیدات نرم‌افزاری تجاری ساج به ندرت برای تجزیه و تحلیل تصویری مورد استفاده قرارمی‌گیرد. به علاوه بیشتر کاربردهای محض سنجش از دور تنها برای داده‌های تصویری صرفاً کاربری بیش از یک ساج را برای نمایش نتایج حاصله ندارد.

یک نمونه مناسب از این نوع با اقلیم‌شناسی ماهواره‌ای بارش صورت گرفته است (یعنی لوایزانی و همکاران ۲۰۰۱). با این حال نیاز به همکاری مشترک بین دو موضوع (سنجش از دور و ساج) حاکی از کاربردهای وسیع دیگری به ویژه آنهایی است که از داده‌های ورودی حاصل از منابع دیگر استفاده می‌نمایند. به عنوان نمونه نیکول (۱۹۹۵و۱۹۹۴) داده‌های برداری جغرافیایی را با مقادیر دماهای سطحی حاصله از تصویر حرارتی(TM) لندست برای استخراج ویژگیهای فضایی دماهای تاج پوشش جنگل با ارتفاع و کاربری زمین در سنگاپور ترکیب نمود. پژوهش مذکور به عنوان پژوهش اولیه یک فعالیت کنترلی و نظارت بر نگهداری ۵ درصد پوشش باقیمانده جنگل بارانی جزیره سنگاپور بود. همچنین سوگا و همکاران (۱۹۹۵) داده‌های (TM) لندست را با داده‌های (NOAA/AVHRR) ترکیب نمودند تا تغییرات دمای سطح دریای ژاپن را از طریق ساج بررسی نمایند.

خط آغازین اقلیم شناسان

داده‌های اقلیمی در یک ساج به طرق مختلفی نمایش داده می‌شوند. رعدوبرق دارای ویژگی نقطه‌ای است و داده‌های رادار بارش دارای مشخصه راستری(شبکه بندی) و ایزولاینها دارای مشخصه برداری می‌باشند. داده‌های اقلیمی به طور برجسته‌ای دارای ماهیت نقطه‌ای هستند، این بدان معناست که یکی از بزرگترین مشکلات رودرروی هواشناسی، برون یابی داده‌های اقلیمی در یک قلمرو فضایی وسیع است. استخراج یا برون یابی داده‌های اقلیمی با استفاده از (DEM)ها برآوردهای خوبی از نقطه شروع اقلیم‌شناسی منطقه را بدون نیاز به استفاده از رکوردهای هوایی فراهم می‌آورد. برای مثال مناطق کوهستانی مرتفع از یک نبود غالب مشاهدات رنج می‌برند و از این رو پیشرفت تکنیکهایی برای پی بردن به اقلیمها در شرایط نبود شبکه ایستگاههای هواشناسی مزایای خیلی بالایی دارد.

در طول دهه گذشته (DEM)ها به طور فزاینده‌ای به اندازه‌ای در دسترس قرارگرفته‌اند که مدلهای با قدرت تفکیک بالای خیلی از مناطق به صورت رایگان در دسترس جوامع دانشگاهی قرارگرفته‌اند.(DEM)های راستری به صورت شبکه‌های نامنظم مثلثی ((TIN)ها) ساده شده‌اند که این امر موجب شده میکروکلیمای هر مثلث یا هر شکلی به آسانی از طریق یکسری الگوریتمهای ساده محاسبه شوند (برنردسون ۱۹۹۲). یک نمونه مناسب و اخیر از این روش پروژه (PRISM) (رگرسیونهای ارتفاع-پارامتر با مدل شیبهای مستقل) در ایالات متحده است که به طور موفقیت‌آمیزی برای ترکیب یکسری از داده‌های فضایی با کیفیت بالا برای سراسر دنیا مورداستفاده قرار گرفته است (دالی و همکاران ۲۰۰ و ۱۹۹۴). (PRISM) یک سیستم تجزیه و تحلیل اقلیمی کاملاً علمی است که تخمینهای سازگار با ساج را از متغیرهای اقلیمی که از منابع مختلف شامل داده‌های نقطه‌ای اقلیمی(ایستگاه)، (DEM)ها و سری دیگری از داده‌های فضایی است، بدست می‌آورد. با استفاده از یک مجموعه هماهنگ از اصول و قواعد، نتایج و محاسبات، برآوردهای شبکه بندی شده گسترده بارش و دما در رابطه با رژیم اقلیمی(فاصله، ارتفاع، لایه مرزی جو، جهت شیب دامنه و نزدیکی به خط ساحلی از هر سطح (DEM) حاصل می‌شود). هر چند(PRISM) تنها یک ابزار تقریبی اقلیم تجربی نیست. ولی نهایتاً آن یک مدل دولایه‌ای از لایه مرزی و اتمسفر آزاد می‌باشد.

عمق لایه مرزی با مدل گسترش وارونگیهای دمایی و اثرات دریایی (اقیانوسی) بر بارش متغیر می‌باشد.آگینو و پالوتیکوف (۲۰۰۰) یک مدل رگرسیون چندگانه را با استفاده از (DEM) با قدرت تفکیک ۱ کیلومتر جهت تجزیه و تحلیل تغییرپذیری پارامترهای جغرافیایی(عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی، قاره بودن، شیب، سیمای زمین و نسبت خشکی به دریا) بسط دادند. مدل توان و قابلیت کمتری نسبت به (PRISM) داشت چراکه آن نیازمند به استفاده از ۲۴۸ پارامتر و ۲۸۵ نقطه بارشی برای استخراج تغییرپذیری میانگین دما و بارش فصلی در حوضه مدیترانه داشت. با این حال نتایج دلگرم کننده بود به طوری که مقدار (R2) ۸۷۰

درصد(تابستان) و ۹۷ درصد(زمستان) بود. همچنین نتایج قابل مقایسه در مطالعه مستقل دیگری توسط نین یرولا و همکاران (۲۰۰۰) مورد توجه قرارگرفته که طی آن تحلیل رگرسیونی چندگانه متغیرهای توپوگرافی در کاتالونیا صورت یافت که نتایج حاصله حاکی از ۷۹-۹۷ درصد برای بارش و دما بود. رگرسیون چندگانه روشی است که توسط گودال و همکاران(۱۹۹۸) نیز مورد استفاده قرار گرفته است. آنها بارش ماهانه، دما و تشعشع ماهانه خورشید را در ایرلند با میانگین خطاهای مطلق ۱۵-۵ میلیمتر برای بارش ۰۵/-۰/۲ درجه سانتیگراد برای دما و ۱۵-۶ دقیقه برای ساعت آفتابی مدل بندی کردند. نمونه‌های فوق الذکر دارای مقیاس بزرگ می‌باشند. با این حال قدرت تفکیک در حال افزایش (DEM)های پیشرفته امکان مطالعه تأثیرات زمین بر اقلیم را در مقیاس کوچک یا متوسط فراهم نموده است. در این زمینه می‌توان به تعیین توپوکلیماتولوژی تشعشع خورشید(مورو و همکاران ۱۹۹۳ و دوبیا۱۹۹۴) مدل بندی میزان حساسیت و واکنش مناطق کوهستانی(دلباریو و همکاران ۱۹۹۷) و بسط اصول مربوط به اقلیمهای جزیره‌ای اشاره نمود. برای مثال دی آزودو و همکاران (۱۹۹۹) از یک زیر مدل تشعشع همرفتی در ساج برای برون یابی داده‌های اقلیمی معین در سطح دریا در جزایر آتشفشانی کوچک استفاده کردند.

درون یابی اقلیمی

وقتی با سری داده‌های اقلیمی که به طور فضایی زیاد باشند سروکار داشته باشیم، در آن صورت استنتاج تخمین اولیه خط شروع اقلیمی میسر نخواهدبود. اما به جای آن درون‌یابی داده‌های نقطه‌ای ایستگاهی در امتداد یک چشم‌انداز با تکنیکهای زمین آماری صورت می‌گیرد(یعنی تویتو و همکاران ۲۰۰۱). اسپیلاین کردن یک تکنیک رگرسیون فضایی جبری است که تابع ریاضی را میزان و متناسب می‌کند یا به مانند یک پهنه لاستیکی در امتداد داده‌های فضایی که به طور نامنظم قرارگرفته‌اند، می‌باشد. لینون و تورنر (۱۹۹۵) از اسپیلاین پهنه صفحه نازک حاصل از یک (DEM) برای مدل بندی توزیع اقلیمی دما در انگلستان استفاده کردند آنها از ۱۶ متغیر مستقل جغرافیایی در اسپیلاین کردن استفاده کرده و نشان دادند که روش مذکور خیلی دقیقتر از تکنیکهای درون یابی اصلی همچون رگرسیون چندگانه است. لینون و تورنر دریافتند که تنها ۳۰ایستگاه ثبت دما برای مدل تغییرپذیری دما در انگلستان کافی می‌باشد. فلمینگ و همکاران(۲۰۰۰) از اسپیلاین‌های ملایم پهنه نازک در استخراج خط شروع اقلیم‌شناسی آلاسکا به رکورد ایستگاه هواشناسی پراکنده استفاده کردند.

روش معمول دیگر در درون یابی، روش کریجینگ است که در مطالعات فضایی اقلیمی مورد استفاده قرارمی‌گیرد. برخلاف اسپلاین کردن، این تکنیک تصادفی بوده و نیاز به بعضی ورودیها توسط کاربر دارد، اما هدف همان برازاندن یک سطح با داده‌های فضایی است که به طور نامنظم هستند. این کار با استفاده از واریوگرامها برای تجزیه و تحلیل ساختار متغیرها در جهت‌های مشخص برای بالابردن سطح یک نقشه مربوط به وزن تغییرپذیری فضایی از یک نمونه کوچکی از نقاط داده‌ای صورت می‌گیرد روش کریجینگ توسط هودسون و واکرنگل (۱۹۹۴) برای تهیه نقشه دماهای میانگین ژانویه در اسکاتلند به کار برده شده و جفری و همکاران(۲۰۰۱) نیز از آن برای درون یابی بارش ماهانه و روزانه بین ۴۶۰۰ ایستگاه هواشناسی در استرالیا استفاده کردند. با این حال برای درون یابی دیگر متغیرهای اقلیمی یک اسپیلاین پهنه نازک مورداستفاده قرارگرفته است. دقت دو تکنیک مذکور در مطالعه‌ای توسط جارویس و استوارت(۲۰۰۱) که دماهای حداکثر و حداقل را برای سال ۱۹۷۶ با قدرت تفکیک یک کیلومتری روی انگلستان و ولز درون یابی شده بود، مورد آزمایش و بررسی قرارگرفت. آنها دریافتند که اسپیلاین‌های پهنه نازک نسبت به کریجینگ، با ریشه مربع میانگین(RMS) با خطاهایی از گروه ۰/۸ درجه سانتیگراد برای دماهای حداقل و ۱/۱۴ درجه سانتیگراد برای دماهای حداکثر، خیلی دقیق‌تر است.

بالاخره یک روش نسبتاً جدید درون‌یابی، کاربرد شبکه عصبی می‌باشد آنتونیک و همکاران (۲۰۰۱) یک مدل تجربی را برای هفت متغیر اقلیمی از طریق شبکه عصبی استخراج نمودند. مدل به طور برجسته‌ای ۹۸ درصد از تغییرات در پارامترهای اقلیمی را توضیح می‌داد که بعداً با روش کریجینگ، باقیمانده‌ها برای تصحیح مدل اصلاح گردیدند. درعین حال یک شبکه عصبی انتشاری بازخوردی مقدم توسط ریگول و همکاران(۲۰۰۱) مورد استفاده قرار گرفته که در آن هم روند و هم پیوندهای فضایی متغیرهای اقلیمی مورد ملاحظه قرار گرفته است. عملکرد شبه (عصبی) قابل مقایسه با کریجینگ می‌باشد، لیکن مزیتی که دارد این است که متغیرهای راهنما(همجون عوارض زمین) لازم نیست که رابطه خطی با داده‌های درون یابی شده داشته باشد.

کاربردهای داده‌های فضایی اقلیم

نمونه‌های مختلفی از روشهایی که سری داده‌های فضایی اقلیمی می‌توانند استخراج شوند در بالا موردبحث و بررسی قرارگرفت. مزیت داده‌های فضایی اقلیمی این است که آنها می‌توانند در یک ساج با داده‌های غیرمشابه حاصل از منابع دیگر مورد مقایسه قرارگیرند. از این رو با ساج می‌توان اثرات محیطی تغییر اقلیم در کاربردهای مختلف با مقیاسهای متفاوت را مطالعه نمود. این بخش، زمینه بعضی از کاربردهای ثالث سری داده‌های فضایی اقلیمی را فراهم نموده است.

۱) کشاورزی

با توجه به همان طرق استخراج سری داده‌های فضایی اقلیمی، ساج پتانسیل بالایی نیز در مدل بندی اقلیم‌شناسی کشاورزی دارد (جوریسیک و همکاران ۱۹۹۹). از یک ساج نقشه‌هایی می‌تواند تولید شود که ترکیبی از لایه‌های خاک، مواد مغذی خاک، اقلیم، تنش آبی، حاصلخیزی و پیش بینی محصول باشد. نمونه‌ای از این نوع قابلیت، کاری است که توسط سود راستورم ومگنوسان(۱۹۹۵) انجام گرفته است .آنها در این کار یک سنجش اقلیم‌شناسی کشاورزی منطقه‌ای از جنوب‌غربی سوئد را ارائه کردند.

موزائیکهای تشعشعی محاسبه شده با(DEM) و سیستم هوای سرد از طریق یک ابزار تحلیل شبکه مدل بندی گردید. سپس این اطلاعات در ساج با داده‌های کریجینگ شده حاصل از بررسیهای دمای متحرک ترکیب گردید تا نقشه نهایی تهیه شد. مک کنی و همکاران (۲۰۰۱) از اسپیلاین پهنه نازک برای مدل بندی گرایان اقلیمی در کانادا جهت تعیین مناطق تولرانس گیاهی استفاده کردند. آنها با استفاده از سه متغیر، عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع، نقشه‌های دما و بارش، نقشه هر متغیر لازم را برای تولرانس گیاهی با قدرت تفکیک یک کیلومتری فرموله کردند. با ترکیب دما و آستانه‌های خشکی، مدلهای اقلیم کشاورزی به طور منطقی به صورتهای ویژه‌ای تطبیق داده می‌شوند. برای مثال منکیر و همکاران(۲۰۰۰) چهار منطقه اکولوژیکی کشاورزی بالقوه را جهت رشد ذرت در غرب و مرکز افریقا شناسایی کردند. در صورتی که پانیقرای و چاکرابورتی (۱۹۹۸) با استفاده از داده‌های ساج همراه با داده‌های درجه حرارت و بارش و داده فضایی خاک، شاخص رشد سیب زمینی بنگال غربی را بدست آوردند.آنها دریافتند که معمولاً ۳۷ درصد منطقه کشاورزی جهت کشت سیب زمینی مورداستفاده قرارمی‌گیرد ولی ۴۸ درصد بقیه زمینهای کشاورزی برای افزایش محصول سیب زمینی از طریق سیستم کشت نوبتی مناسب است. مدل بندی اقلیم کشاورزی ساج تنها محدود به منطقه بندی کشاورزی نیست. هیل و همکاران(۱۹۹۶) از تصاویر ماهواره‌ای لندست و اسپات، داده‌های توپوگرافی و خاک و اقلیم همراه با یک مدل ساده بیوکلیمایی جهت تحلیل محدوده شبانی چرای گاو در نیوساوت ولز استرالیا استفاده کردند. متغیرهای مورداستفاده جهت تعیین موقعیت گونه‌ها می‌تواند برای تخمین میزان محصول از طریق مدلهای شبیه سازی محصول مورداستفاده قرارگیرد. برای مثال پریاوشیاسکی (۲۰۰۱) از داده‌های اقلیمی درون یابی شده جهت استخراج مدلشان استفاده کردند در صورتی که کراوچنکو وهمکاران(۲۰۰۰) تأثیرات اقلیمی را از طریق(DEM) استخراج نمودند مدلهای فیزیولوژیکی به ویژه زمانی برای پیش بینی میزان محصول مفید و مناسب هستند که محصولات در معرض تنشهای طولانی همچون خشکسالی(مانند کارلورنس ودیجاگر۱۹۹۷) تابستانهای خنک(مانند کاریاجیما۱۹۹۶) وآفات (مانند کارهیجانز و همکاران ۲۰۰۰) باشند. موفقیت چنین مدلهایی با استفاده از تکنیکهای ساج موردبررسی و آزمایش قرارمی‌گیرد (مانند کارکاربن وهمکاران ۱۹۹۶). ساج همچنین در کشاورزی برای کنترل و نظارت پرانتشار بیوژنتیک و تنشهای آلودگی کشاورزی آب مورداستفاده قرارمی‌گیرد.

آندرونوپولوس و همکاران(۲۰۰۰) انتقال موادآلی فرار بیولوژیکی را در رابطه با انتشار با نسیم دریا برای ساحل شرقی اسپانیا مدل بندی نمودند. بنجامین و همکاران (۱۹۹۷) انتشارهای بیوژنیکی در کالیفرنیا را با ترکیب مقدار بیوماس با نسبتهای انتشاری تصحیح شده با شدت نور، سایه‌اندازی تاج پوشش گیاهی، درجه حرارت برآوردکردند. یک نمونه ویژه در این زمینه سنجش انتشار بیوژن از مزارع برنج است که با استفاده از ترکیب مدلهای شبیه سازی محصول از طریق ساج با داده‌های روزانه هوا برآب مقدار متان انجام شده است.(کنوکس و همکاران ۲۰۰۰، متیوس وهمکاران ۲۰۰۰). بالاخره داده‌های بارش برای برآورد اثرات آبشویی کودهای کشاورزی در داخل منابع آبی مورداستفاده قرارمی‌گیرد(یعنی اودوج و اسکات ۱۹۹۹، ون وسینیک هاونر ۱۹۹۹ ووبابکوک ۱۹۹۹).

۲) اکولوژی

به طور عمده چون توزیع و پراکندگی بالقوه محصول با استفاده از مدلهای آگروکلیمایی مبتنی بر ساج مدل بندی می‌شود،تنوع زیستی اکولوژیکی در ارتباط با سری داده‌های فضایی اقلیمی مدل بندی گردد. برای مثال جونز و همکاران (۱۹۹۷) از عرض جغرافیایی، داده‌های طول و عرض جغرافیایی همراه با میانگینهای ماهانه طولانی مدت بارش و دما جهت مدل بندی آب و هواهای مساعدکشت لوبیا استفاده کردند. شیوه ساج جهت مدل بندی تنوع زیستی به طور موفقیت آمیزی در خیلی از مطالعات دیگر مورداستفاده قرارگرفته است. بیرنی و همکاران(۲۰۰۰) گسترش سرخس را در اسکاتلند مدل بندی نمود. گوسن و تئوریلات ۲۰۰۰ از یک (DEM) همراه با داده‌های ماهواره‌ای برای مدل بندی توزیع رستنیهای آلپی استفاده کردند. کادمون و دانین (۱۹۹۹) توزیع گونه‌های گیاهی را در فلسطین اشغالی همراه با بارش مطالعه کردند و فرانکلین (۱۹۹۸) توزیع گونه‌های بوته‌ای در کالیفرنیای جنوبی را همراه با ویژگیهای بیوکلیمایی حاصل از منطقه را پیش بینی نمودند گرچه موارد مذکور اساساً بر توزیع گیاهان تمرکز دارد، لیکن همان ایده‌ها می‌تواند برای جانوران نیز به کاربرده شود. مثالها و نمونه‌هایی از این دست عبارتند از توزیع سوسک سرگین خورپرتغالی(هورثل و همکاران ۲۰۰۱) کرم پهن نیوزیلند(بوج و همکاران ۱۹۹۸) مارهای خشکی (کادمون و هلر ۱۹۸۸) پروانه‌های در معرض تهدید(ویس وویس ۱۹۹۸) تأثیر سرعت و جهت‌های مختلف باد بر مرغان دریایی(رنیک و همکاران ۱۹۹۸) و اثر دمای سطح دریا بر توزیع ماهیها(والوداوهمکاران ۲۰۰۱، زنگ و همکاران ۲۰۰۱)

۳) جنگلداری

در کشاورزی و اکولوژی، ساج برای ایجاد(مشخص نمودن) مناطق اقلیمی جهت انتخاب محل مناسب برای جنگل کاری(یعنی کارالیس و همکاران ۲۰۰۰) یا جهت پیش بینی محصولات(یعنی والدیس و همکاران ۱۹۹۴) مورداستفاده قرارمی‌گیرد. با این حال ساج در علوم جنگلداری کاربردهای زیاد دیگری نیزدارد. برای مثال(DEM)ها برای تجزیه و تحلیل و مشخص‌تر نمودن مناطقی که به طور بالقوه درمعرض تندباد هستند مورداستفاده قرارمی‌گیرد.

کلیکس و داندول(۲۰۰۰) از ساج که شامل خاک و داده‌های زمینی با یک مدل جریان هوابود جهت ارزیابی درمعرض قرارگرفتن باد برای ارائه یک نوع طبقه بندی خطر ناشی از خسارت باد استفاده کردند. تجزیه و تحلیل حوادث و وقایع خیلی شدید توسط پلشیکو و همکاران (۱۹۹۸) انجام شده است، آنها اثر حاصل از عمر یک هاریکن را بر روی درخت کاج در سیبری

مرکزی مدل بندی کردند و فوستروبوس (۱۹۹۲) نیز از ساج برای تجزیه و تحلیل توزیع فضایی خسارت با دو درجه آسیب پذیری گونه‌های ویژه جنگلی استفاده کردند.

پیش بینی یخبندان نمونه دیگری از استفاده از ساج در مطالعات جنگلداری توپوکلیمایی است که اهمیت زیادی در رابطه با تلفات نهال کاری دارد(بلنو ولیندکویست ۲۰۰۰) با مدل بندی استقرار و سکون هوای سرد از طریق یک (DEM) همراه با داده‌های فاکتور دید هوایی تاج پوشش بلنو(۱۹۹۸) ۸۹ درصد از تغییر فضایی دمای هوا را توضیح داد.

در نقطه مقابل طیف دمایی یخبندان، خطر آتش سوزی قراردارد. ساج با مدل بندی و نظارت و کنترل گسترش آتش سوزی جنگل از طریق ترکیب داده‌های اقلیمی و تصاویر سنجش از دور مورداستفاده قرارمی‌گیرد.(یعنی زو و همکاران ۲۰۰۰، پیوولارسن ۲۰۰۱، سوناروازکان ۲۰۰۱، واز کونزومورینو ۲۰۰۱) بعد از موضوع آتش سوزی جنگلی، (بلداوملیا۲۰۰۰) از ساج همراه با تکنیکهای سنجش از دور یکپارچه برای مدل بندی ترمیم جنگل استفاده کردند. با تجزیه وتحلیل تأثیر پارامترهای اقلیمی در احیاء مناطق جنگلی تغییرات فضایی مقدار پوشش گیاهی پیش بینی می‌شود.

۴) سلامتی وبیماری

بیماریهای حاصل از حشرات ناقل به طور جغرافیایی با اقلیم و توپوگرافی محدود و کنترل شده و به طور مؤثری با استفاده از سری داده‌های اقلیمی سنجیده شده از دور و همراه با ساج و تکنولوژی سیستم موقعیت یابی جهانی مدل بندی می‌شوند. (بارکوئیست ۲۰۰۱) نمونه‌های برجسته کاربرد روش مذکور در کشورهای درحال توسعه بوده و شامل مالاریا(مانگوئین و بوسینسک ۱۹۹۹، استریواستاواوهمکاران ۲۰۰۱) فیلاریاسیس لنفاوی(لیندسی و توماس ۲۰۰۰) و کرمهای پهن (باویا و همکاران ۲۰۰۱، مالون و همکاران ۲۰۰۱) می‌باشد.

۵) پیش بینی هوا

به طور مفهومی، پیش بینی‌های بصری هوا ترکیبی از لایه‌های داده‌ای هوامی‌باشد که به طور مؤثر در محیط ساج صورت می‌گیرد. ساج مؤلفه کلیدی مدیریت در سیستم‌های پردازش هوا است که امکان ترسیم نقشه لحظه‌ای، درون یابی و جان بخشی به داده‌های هوا در سرتاسر هر سطح فشاری اتمسفر را می‌دهد با توجه به اینکه وضعیت سینوپتیکی سطوح مختلف توسط پیش بینی بررسی می‌شود از آنجایی که ساج برای محاسبه توالی سیستم‌های هوایی مورداستفاده قرارمی‌گیرد. نمونه خیلی جالبی از این نوع موقعیت یابی نسبی و نظارت و کنترل تورنادوها و سیکلنهای مداری است که از ساج برای صدور اخطارها جهت موقعیتهای معین با توجه به قابلیتهای سنجش از دور استفاده می‌شود (کوماوهمکاران ۱۹۹۸).

نوع دیگر استفاده از ساج، ترکیب لایه‌های مختلف اطلاعات هواشناسی در سیستم‌های طبقه بندی ویژه می‌باشد. برای مثال، اغلب رطوبت ویژه همراه با جریان باد جهت شناسایی مناطق دارای مه، هوای ابری و بارانی در رابطه با اثرات کوهستانی و دریایی مورد مقایسه قرارمی‌گیرد. به طور مشابه، انحراف(جابه‌جایی) داده‌های رادار هواسنجی (دستگاه راوین سوند(معمولاً در موقعیتی که بالن رها شده باشد تعیین می‌شود) با لایه‌های اضافی داده‌های مربوط به باد فوقانی محاسبه می‌شود. چون پیشرفتهای حاصله نسبت به روشهای مرسوم پیش بینی متفاوت است، سری داده‌های اقلیمی درون یابی شده برای تنظیم وضعیت(موقعیت) مرزی جهت پیش بینی رقومی مدلهایی مانند پیش بینی مقیاس متوسط و مدلهای چرخش عمومی جو استفاده می‌شود. برای مثال چمگ و شنگ(۱۹۹۸) به طور استادانه‌ای از ساج با داده‌های توپوگرافی و ناهمواری برای مدل بندی محدوده‌های باد با استفاده از مدل جریان جنبشی رقومی استفاده کردند. با این حال، مدلهای عددی در همانندسازی تعامل بین سطح زمین و جو بالا مشکلاتی دارند. ساج تاحد زیادی، تلفیق خروجی مدل هوایی عددی را در سیستمهای پردازش هوایی آسان نموده است. به طوری که در این صورت تصویر ماهواره‌ای و توپوگرافی مازاد بر نیاز بوده و نهایتاً موجبات چیره دستی پیش بینی هواشناسی می‌گردد. با این حال ساج تنها به عنوان نقطه پایان در پیش بینی هوا استفاده نمی‌شود. گابیلاوپرونا(۱۹۹۸) از یک (DEM) همراه با دید هندسی جهت تعیین محل رادار هواشناسی استفاده کردند، درحالی که پیفستروفیشر (۱۹۹۵) تأثیرطول ناهمواری محاسبه شده را بر تعمیق پروفیلهای عمودی دما مطالعه کردند. به هرحال ساج تا اندازه‌ای پیش بینی سریع را تسهیل نموده و خروجی داده‌های هواشناسی را در زمان واقعی مکانیزه نموده است. همچنین کار پردازش مرسوم هوا همچون رسم خطوط میزان و انطباق را پشتیبانی می‌نماید.

۶) هیدرولوژی

مدل بندی هیدرومتئورولوژی نمونه‌ای از تولیدات نرم‌افزاری تجاری ساج را فراهم نموده است که با سری داده‌های هواشناسی یا داده‌های تفضیلی دیگر برای سیستم‌های سفارشی با هدف ویژه کاربر نهایی بسط و گسترش یافته است.

اندازه گیری فضایی بارش نقطه شروع مشخصی برای خیلی از مدلهای هیدرومتئورولوژی است. از طرف دیگر (DEM)ها و تکنیکهای درون یابی اقلیمی یک واسطه مفید تولید سری داده‌های بارش را از داده‌های نقطه‌ای حاصل از تکنیکهای بارانسنجی ایجاد کرده است (یعنی پرودهوم ۱۹۹۹، تسانیس وگد ۲۰۰۱). با این وجود استفاده از داده‌های اندازه گیری شده درون یابی شده به طور گسترده‌ای محدود به تأئید مطالعاتی همچون مدیریت آب کشاورزی(سوساوپرایرا۱۹۹۹) یا به مطالعه اثر هیدرولوژیکی سناریوهای مختلف اقلیمی می‌شود. برای مثال الگوهای فضایی بارش حاصل از داده‌ای نقطه‌ای برای مدل بندی واکنش هیدرولوژیکی با نوسان ال نینوی جنوبی(ENSO) در استرالیا (ولدریج وهمکاران۲۰۰۱) و تغییرپذیری فصلی موسمی‌های هند مورداستفاده قرار گرفته است (ویلک وآندرسن ۲۰۰۱). به منظور پیش بینی هیدرولوژیکی متروژی(روش‌شناسی) جایگزین و برتر، جمع‌آوری داده‌ها، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای

می‌باشد. بل ومور(۱۹۹۸) از ترکیب برآوردهای راستری بارش رادار با مدلهای انتشار درامتداد خطوط همزمان حاصل از (DEM) برای پیش بینی سیلاب در زمان حاضر استفاده کردند. به طور مشابه کار پنتروهمکاران (۱۹۹۹) از رادار هواشناسی همراه با(DEM) جهت مدل بندی آستانه رواناب ناگهانی سیلاب استفاده کردند. این کار با کمک ساج جهت مدل بندی منطقه مؤثر بر بخشهای جریان که با استفاده از مفهوم واحد واکنش همسان هیدرولوژیکی تقسیم شده بودند به انجام رسید.(گروخوبیچ و همکاران ۲۰۰۰). رادار برآوردهای مربوط به زمان حاضر باران را فراهم می‌نماید و لیکن جهت دستیابی به پیش بینی‌هایی در یک مقیاس زمانی گسترده، مدلهای پیش بینی هوای میان مقیاس نیاز به یکسان سازی در سیستم رادارنـد. بـه عنوان مثال یارنل و همکاران (۲۰۰۰) واکنش هیدرولوژیکی حوضه آبریز رودخانه ساکسونا را در امریکا با تأثیر اتمسفر شبیه سازی کردند. این کار به کمک یک سیستم پیوند مدل هواشناسی میان مدت با فواصل شبکه‌ای ۴ کیلومتری که مشتمل بر لایه‌های اطلاعاتی درخصوص خاک، عوارض و کاربری زمین بود، صورت گرفت. تاشنرو و همکاران (۲۰۰۱) مقایسه‌ای را درخصوص تکنیکهای مختلف انجام دادند. مطالعه آنها در حوضه آبریز آمر در آلمان نشان داد که داده‌های مدل میان مقیاس و رادار بارش، حجم سیل را ۱۵ تا ۳۶ درصد زیاد برآورد کرده بود در صورتی که داده‌های باران سنجی درون یابی شده مقدار آنرا ۱۵ درصد کم برآورد کرده بودند.

اصولاً بسته به منطقه مورد مطالعه شاید مدلها به داده‌های ورودی اضافی نیاز داشته باشند تا اینکه به طور مناسب رژیمهای هیدرولوژیکی محلی را مدل بندی نمایند. تا این قسمت بررسیها بر تحلیل سیل معطوف بود ولی نقطه مقابل آن مسئله خشکسالی می‌باشد. گش(۱۹۹۷) از یک ساج برای تحقیق در مورد توزیع خشکسالی در هند با مقایسه آلبدو و پوشش گیاهی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای همراه با نقشه‌های همباران مبتنی بر داده‌های بارش هفتادساله استفاده کرد. در مناطق(نیمه) خشک، پارامتر مهم جهت مدل بندی، تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشد. این کار با انطباق درجه حرارت و شیب حاصل از (DEM)، سیمای زمین و داده‌های ارتفاعی انجام گرفته است (شیونل ۱۹۹۹). نقشه‌های حاصل به طور معکوس شبیه نقشه توپوگرافی می‌باشند.

توپوگرافی عامل مهمی در محیطهای برفی است که در آنجا نیاز به یکپارچه نمودن تأثیرات ذوب برفی در مدلهای هیدرومتئورولوژی وجوددارد. قدم اول در پیش بینی ذوب برف تعیین تغییرات در توزیع برف می‌باشد که در نتیجه بادهای شدید و عوارض زمین حاصل می‌شود.(برولند و همکاران ۲۰۰۱ و تاپینر و همکاران ۲۰۰۱ ولاپن ومانتز ۱۹۹۶) از یک(DEM) با توان تفکیک ۱۰ متر برای نشان دادن اینکه عمق برف به مقدارزیادی در رابطه با موقعیت نسبی توپوگرافی به عنوان نقطه مقابل مورفولوژی محلی است استفاده کردند. نتایج مدل بندی شده با داده‌های ماهواره‌ای مانند(TM) لندست(فیلی وهمکاران ۱۹۹۹) تأئیدمی‌گردد. وقتی که توزیع برف به طور روشن مشخص شود مقادیر آب معادل برف قابل محاسبه خواهدشد. چون ذوب برف به انرژی موجود که آن نیز با ارتفاع، جهت شیب و سایه محل کنترل می‌شود، بستگی داشته، لذا(DEM)ها همراه با آستانه درجه حرارت به طور مؤثری برای برآوردها مورداستفاده قرارمی‌گیرند (کازورزی و دالافونتانا۱۹۹۶). نمونه‌هایی از این دست مطالعات بل ومور(۱۹۹۹) کلین و همکاران (۱۹۹۸) می‌باشد که آنها به طور مشخص مدلهایی را برای مناطق کوهستانی بریتانیا و سیرانوادا، کالیفرنیا بسط داده‌اند.

به طورکلی مدلهای هیدرومتئورولوژی نمونه‌ای می‌باشد از اینکه چگونه می‌توان به طور موفقیت‌آمیزی تولید تجاری محصولات نرم‌افزاری سفارشی را فراهم نمود. لیکن پیشرفتهای چنین محصولاتی به شدت به توانایی کار در زمان حاضر(واقعی) بستگی دارد. خلائی که امروزه با اینترنت پر شده است که به طورمؤثری کار انتقال داده‌ها را آسان نموده است. به علاوه اینکه امروزه تولیدات نرم‌افزاری ساج مبتنی بر اینترنت آن چنان گسترش یافته که امکان بررسی خروجیهای فضایی توسط کاربر نهایی که هر چند نسبت به کار با ساج بی‌تجربه باشد را فراهم کرده است.

۷) حمل ونقل

سیستم‌های سفارشی همچنین برای کمک به تصمیم سازی و تنظیم بودجه درخصوص نگهداری جاده در زمستان بسط داده شده‌اند. برای مثال گاستاوسون و همکاران (۱۹۹۸) تکنیکی را جهت تعیین هزینه‌های بالقوه نگهداری جاده در فصل زمستان در امر طراحی یک جاده جدید ارائه کرده‌اند. به طور مشابه کنفوردوتورنس (۱۹۹۶) یک شاخص فضایی زمستانی را با استفاده از کریجینگ همراه با ارتفاع به عنوان عامل بیرونی جهت پیش بینی فضایی هزینه برای نگهداری جاده در فصل زمستان در اسکاتلند بسط دادند. به هرحال تصمیم برای نمک پاشی جاده اغلب بلافاصله صورت می‌گیرد و از این نظر به روزکردن مداوم شرایط جاده در اطراف یک شبکه جاده‌ای که تغییر می‌نماید، باید توسط پرسنل راهداری صورت گیرد. از این رو، تحقیق و بررسی در مورد یکپارچه نمودن مدلهای پیش بینی مقیاس متوسط در ساج برای برون یابی شرایط جاده‌ای در یک منطقه در حال پیشرفت و گسترش می‌باشد. چنانکه چاپمن و همکاران (۲۰۰۱) به طور رقومی دمای سطح جاده را با استفاده از داده‌های هواشناسی و پایگاه داده‌ای پارامترهای جغرافیایی همچون عرض جغرافیایی، فاکتور دید هوایی حفاظ بودن ارتفاع، توپوگرافی، ساختارجاده، ناهمواری سطحی و ترافیک(گرمای آنتروپوژنی) مدلسازی کردند. این پارامترها که در یک مدل عددی ترتیب شده‌اند، بیش از ۷۲ درصد تغییرات در دمای سطح جاده را در یک جاده مورد مطالعه با ۱/۰۶ درجه سانتیگراد(RMS) پیش بینی می‌کنند. برادلی و همکاران(۲۰۰۲) از یک تحلیل فضایی توپوگرافی و تصویر طبقه بندی شده لندست برای مدل بندی اثر جزیره حرارتی شهر بر دمای سطح جاده در میدلندغربی انگلستان استفاده کردند. نگهداری زمستانی جاده از مواردی است که نشان می‌دهد چگونه ساج با داده‌های هواشناسی برای حل یک مسئله‌لجستیک‌ترکیب‌می‌شوند.لی‌واگلس(۱۹۹۶)

از ساج برای ساخت یک الگوریتم ابتکاری جهت بهینه سازی نمک پاشی زمستانی جاده‌ها با رعایت به حداقل رساندن فاصله سفر و مسیرشن‌پاشی شده در چارچوب زمانی موقت جاده‌های موردنیاز استفاده کردند. ایده‌های مشابهی توسط مور و همکاران (۱۹۹۵) پاتل وهورورویتز (۱۹۹۴) به‌کار برده شده است که آنها از ساج برای توسعه و بسط مسیریابی ویژه و مناسب جهت حمل مواد خطرناک و رادیواکتیو استفاده کردند. این کار با ترکیب اطلاعات فضایی هواشناسی، جمعیت‌شناسی و پراکندگی (یعنی سرعت باد، سمی‌بودن و اندازه قطعات) با داده‌های برداری جاده انجام یافت.

۸) محیط‌های شهری

یکی از مسائل مهم محیطهای شهری آلودگی هوا بوده‌که مهمترین عامل آن ترافیک می‌باشد. هائو و همکاران (۲۰۰۱) یک نوع اندازه‌گیری انتشار مبتنی بر ساج را برای پکن در چین طراحی و ساختند.با استفاده از مدل افت کیفیت هوای گوسن، مشخص شده‌که وسایط نقلیه منبع انتشار ۷۶/۵ درصد از کل CO و ۶۸/۴ درصد(NOx) را تشکیل می‌دهند. این گازهای منتشر شده، با شمارش ترافیکی و معادلات تجربی مدل بندی شده‌اند چنانکه منسینک و همکاران(۲۰۰۰) انتشار(pb,SO2,PM,VOC,NOx,CO) را در آنترپ مدل بندی نموده‌اند. که مدل مذکور به عنوان تابعی از دمای هوای اطراف با ۶ پارامتر وسیله نقلیه وجاده می‌باشد. فناوریهای سفارشی جدید دائماً برای بهبود دقت اطلاعات ورودی پیشرفت می‌نماید. اکنون سیستم‌های موقعیت یابی جهانی باواسطه یک ساج برای پایش ترافیک مورداستفاده قرارمی‌گیرند.(تایلوروهمکاران ۲۰۰۰) و مدلهای سه بعدی ساج با عملکرد بالای آلودگی هوا و شبیه سازی ترافیکی درحال بسط و گسترش است (مک هوک و همکاران ۱۹۹۷، مرسلی و همکاران ۱۹۹۷، اشمیت وشیفر ۱۹۹۸). برای نمونه زاکارین و مرکاریموا(۲۰۰۰) بصورت رقومی، آلودگی هوای شهری را با استفاده از ساج بعنوان یک واسطه مدل بندی نمودند. یک روش معمول نمایش داده‌های انتشار جمع آوری شده است که به کمک مدلهای انتشار انجام می‌شود.(یعنی فدراوهوری ۱۹۹۹ پارابها و مورشه، رادلگروبر ۱۹۹۹) غیر از ترافیک منابع دیگر آلودگی شهری که ناشی از فعالیت انسان باشد، نیز وجوددارد. چانگ و همکاران (۱۹۹۹) از یک مدل پخش ۳ بعدی قابل نمایش در ساج برای مطالعات مربوط به برآورد خطر(ریسک) در مناطق صنعتی تایوان استفاده کردند. در صورتی که رومروهمکاران(۱۹۹۹) چگونگی رشد سریع شهر و توپوگرافی محاط کننده مؤثر برآلودگی هوا در سانتیاگو در شیلی را مطالعه نمودند.

غیر از آلودگی، مطالعات مربوط به مدل بندی اقلیمی درگیر با ساج در محیطهای شهری، بیشتر به سمت مطالعه پدیده جزیره حرارتی شهری معطوف شده است. روش معمول، ترکیب داده‌های سنجش از دور با ساج برای ایجاد یک ارزیابی از چگونگی وضعیت درجه حرارت می‌باشد که به طور فضایی با کاربری زمین کنترل می‌شود (لووهمکاران ۱۹۹۷) همچنین ساج برای نظارت و کنترل بر اثرات توسعه شهری مورداستفاده قرارمی‌گیرد. برای مثال ونگ (۲۰۰۱) دریافت که توسعه شهری در دلتای رودخانه زوجیانگ چین موجب افزایش دمای تشعشعی سطحی زمین به حدود ۱۳ درجه سانتیگراد شده است. همچنین ساج مطالعه فزاینده درخصوص ساختار عمودی پدیده جزیره حرارتی(نیکول ۱۹۹۸) راکه برای کاربردهای طراحی و برنامه ریزی همچون کنترل اقلیم در ساختمانهای بلند در شهرهای مداری مورد استفاده قرارمی‌گیرد را تسهیل نموده است.

پیشرفت و توسعه ابزار برنامه ریزی و طراحی هدف افرادی همچون شرر و همکاران(۱۹۹۹) بوده است که از ساج برای تولید یکسری نقشه‌های اقلیمی که تأثیر ویژگیهای سطح زمین بر درجه حرارت، محدوده‌های بادخیز و جریان هوا برای بیسل سوند را اثبات می‌کردند استفاده کرد.

۹) انرژی

دما و رطوبت فاکتورهای اصلی کنترل تقاضا برای انرژی به شمار می‌روند. در بالاترین دمای ممکن انرژی کمتری توسط استفاده کنندگان مصرف می‌شود و از این رو نظارت و کنترل متصدیان هواشناسی به طور مؤثری در مدیریت میزان تولید انرژی تأثیر دارد. برآوردهای مربوط به تقاضا برای انرژی با بررسی درجه حرارت روزها انجام می‌گیرد (هارگی ۱۹۹۷). گرچه شاخصهای دیگر محیطی به طور خیلی عادی برای برنامه ریزی انرژی مناطق شهری مورداستفاده قرارگرفته‌اند(بالوکووگراز یني ۲۰۰۰) ساج برای نظارت و کنترل زیرساخت کل تولید انرژی مورداستفاده قرارمی‌گیرد. به علاوه آن ابزار خیلی مفیدی برای تطبیق عرضه با تقاضا است (سورنس ومیبوم ۱۹۹۹). همچنین رعدوبرق و داده‌های مربوط به طوفان بلادرنگ در سیستم‌های تصمیم‌گیری برای ردیابی مشکلات بالقوه در و طول خطوط انتقال با هم ترکیب می‌گردند.

با توجه به اینکه منابع سوختهای فسیلی درحال کم شدن و تقلیل می‌باشد، تحقیق در مورد کاربردهای فزاینده انرژی تجدید شونده درحال پیشرفت است. ساج برای کمک در موقعیتهای مناطق بادخیز جهت مدل بندی انرژی بالقوه باد در ضمن بررسی محدودیتهای طراحی و برنامه ریزی مورداستفاده قرارمی‌گیرد (یعنی هیلرینگ و کرینچ ۱۹۹۸ بابان وپری ۲۰۰۱). با ترکیب و پیوند داده‌های ماهواره‌ای با ساج، بهینه سازی دیگر منابع تجدیدپذیر می‌تواند به انجام برسد، برای مثال تکنیک مذکور جهت شناخت و پایش منابع انرژی بیوماس (فیلیپ و همکاران ۱۹۹۲) و برای تخمین منابع انرژی خورشیدی همچون تشعشع پتانسیل رو به پایین انرژی رژیم ابری و آلبدو مورداستفاده قرار گرفته است. اطلاعات مربوط به انرژی خورشیدی آنگاه با داده‌های جمعیتی در یک ساج برای مدل بندی عرضه و تقاضا(سورنسن ۲۰۰۱) قبل از آنکه برای ساخت نیروگاه برق اقدامی صورت بگیرد(واندنبرگ وهمکاران بروساملی وهمکاران ۲۰۰۰) با هم تطبیق داده می‌شوند.

روی هم رفته نقش ساج به عنوان یک عامل مهم و حیاتی در افزایش بهره برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر به ویژه زیستی بوده است که به

عنوان یک مؤلفه مهم در کاهش انتشار جهانی کربن از بخش انرژی می‌باشد (شنیدر و همکاران ۲۰۰۱).

۱۰) تغییراقلیم

در این مقاله اگر نه همه ولی بیشتر مطالب ذکرشده به طور بالقوه‌ای در ارتباط با عصر تغییر اقلیم می‌باشد. ساج یک ابزار تجسمی برای خروجی مدلهای اقلیمی همچون مدل چرخش عمودی جو است که برای پیش بینی اثرات جهانی سناریوهای فرضی تغییر اقلیم مورد استفاده قرار گرفته است .بیشتر مقالات موجود در ادبیات علمی به مراتب بیش از آن است که در اینجا آورده شود. با این حال نمونه‌های خوبی از نتایج بالقوه مدل بندی شده با ساج را می‌توان نام برد از جمله: تغییرات در کشاورزی و توزیع اکولوژی (اسرال ۱۹۹۷، داویس و همکاران ۱۹۹۸) دلایل اختلاف در بهداشت عمومی (پاتزوبالبوس ۱۹۹۸)، افزایش حساسیت سیمای زمین(کولیسون و همکاران ۲۰۰۰، تومرر و همکاران ۲۰۰۰) و تغییر فشارها بر منابع هیدرولوژیکی (استرزپیک ویتس ۱۹۹۷) از این رو تشخیص و پایش اثرات تغییر آب وهوا کاملاً به صورت یک موضوع چندرشته‌ای می‌باشد که ساج نقش پیونددهنده محوری را دارد.(دین ۱۹۹۲، کوزودریو ۱۹۹۵) گرچه بیشتر تأثیرات پیش بینی شده حاصل از تغییر اقلیم نهایتاً به عنوان وقایع و حوادث فرضی است که در آینده رخ خواهدداد، با این حال از قبل ساج برای ارائه دلیل مبنی بر تغییر محیطی مورداستفاده قرارگرفته است. برای نمونه (چن ۲۰۰۱) نشان داد که سه نوع تنوع در تغییر اقلیم در شمال شرق چین وجوددارد وجورجینسون و همکاران(۲۰۰۱) کاهش گسترش پرمافروست در آلاسکا را اثبات کردند با این حال چند مطالعه پایش اخیر درادبیات علمی گواه براین است که شاید آنها گرایش به بزرگ نمایی سناریوهای تغییر اقلیم را داشته‌اند. پایش مداوم و پیوسته با ساج که با استفاده از داده‌های حاصل از مشاهدات ماهواره‌ای زمین صورت می‌گیرد نهایتاً نظر اخیر را تأئید یا رد خواهندنمود در هر صورت مطالعات آینده به مقدار زیادی به تحلیل فضایی مبتنی بر ساج با داده‌های زیاد بستگی خواهدداشت.

نتیجه گیری

طی دهه گذشته، پژوهشها به مقدار زیادی در خصوص استفاده از ساج در کاربردهای مربوط به پردازش داده‌های هواشناسی و اقلیم‌شناسی افزایش یافته است. ساج می‌تواند از نقطه نظر استنتاج و تسهیل داده‌های هواشناسی با استفاده از DEMها استفاده شود یا به طور جایگزین به عنوان یکسری داده‌های ورودی فضایی برای ایجاد شرایط مرزی جهت تعداد گسترده‌ای از کاربردهای زمینی مورداستفاده قرارگیرد. علت افزایش فزاینده استفاده از ساج به مقدار زیادی با افت قیمت تولیدات نرم‌افزاری تجاری ساج و پیشرفتهای زیاد در توانایی پردازش تصویر مرتبط است.

علاوه بر این گسترش اینترنت موجب شده که این سیستم‌ها به‌صورت بلادرنگ سریع در دسترس بیشتر کاربران نهایی قرارگیرد. گرایشهای تجاری برای چنین تولیداتی کلان می‌باشد که از آن مثلاً برای تعیین خطر (یعنی مطالعه خسارت طوفان) یا برای پیشنهادهای تخفیف(یعنی تخفیف‌های بیمه آتش سوزی و سیل) استفاده می‌شود چون سیستم‌های کامپیوتری به طور فزاینده توانایی استفاده از سری داده‌هایی با تفکیک پذیری بالا را با تکنیک‌های مشاهداتی قرن ۲۱ فراهم نموده‌اند. لذا آینده ساج در پژوهشهای هواشناسی و اقلیم‌شناسی واقعاً دلگرم کننده است. ورود بسته‌های نرم‌افزاری تجاری گسترش و بسط قواعد استاندارد برای داده‌های فضایی هوا را با ساج به عنوان ابزار مدیریتی فراهم نموده است. کارکردن دستی با داده‌های فضایی توسط اقلیم شناسان و هواشناسان هرگز آسان نبوده است.