

۱- آشنایی با سامانه مدل سازی WRF و اجرای آن

مقدمه

مدل WRF^۱ سامانه‌ای است برای پیش‌بینی عددی وضع هوا و شبیه‌سازی رفتارهای جو که برای کاربردهای پژوهشی و عملیاتی طراحی شده است. توسعه و گسترش این مدل تبدیل به یک تلاش همگانی برای ایجاد یک مدل پیش‌بینی میان‌مقیاس و نیز ایجاد یک سامانه داده‌گواری شده است تا علاوه بر درک بهتر رفتارهای جو، پیش‌بینی آنها را نیز بهبود بخشد و نیز پیشرفت‌های تحقیقاتی را تسریع کند. طراحی مدل WRF نتیجه تلاش‌های مشترک نهادهای مختلفی در کشور آمریکا بوده است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به مرکز ملی تحقیقات جوی (NCAR^۲)، بخش هواشناسی ریزمقیاس و میان‌مقیاس NCAR موسوم به MMM^۳، اداره ملی اقیانوس‌شناسی و جوی (NOAA^۴) و مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (NCEP^۵) اشاره کرد.

کارگاه‌های آموزشی WRF، سالانه با شرکت کاربرهای آن توسط NCAR برگزار می‌شود. این مدل در حال حاضر در NCEP به طور کامل عملیاتی شده است و تارنمای اختصاصی مربوط به WRF با نشانی «<http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users>» نقشه‌های پیش‌یابی، لینک کاربران، کاربرد داده‌های واقعی و اخبار مربوط به WRF را فراهم کرده و در اختیار کاربران قرار می‌دهد.

مدل WRF به صورت یک کد قابل انعطاف طراحی شده، به گونه‌ای که روی طیف گسترده‌ای از محیط‌های محاسبه‌ای از ابررایانه‌های موازی تا رایانه‌های رومیزی و خانگی قابل اجراست. کدهای تک‌منبعی و مطلق این مدل می‌تواند برای کاربردهای پژوهشی و عملیاتی پیکربندی شود. گزینه‌های فیزیکی و دینامیکی آن حاصل تجربه و تلاش گروه علمی گسترده‌ای است. سامانه داده‌گواری WRF-Var می‌تواند گروهی از انواع داده‌های

^۱ Weather Research and Forecasting

^۲ National Center for Atmospheric Research

^۳ Mesoscale and Microscale Meteorology

^۴ National Oceanic and Atmospheric Administration

^۵ National Center for Environmental Prediction

دیدبانی را در پیگیری شرایط اولیه بهینه لحاظ کند، در حالی که WRF-Chem قابلیت مدل سازی شیمی هوا (مربوط به هواشناسی فیزیکی و آلودگی هوا) را ایجاد می کند. محدوده کاربرد این مدل بسیار وسیع است و گستره ای بین چندین متر تا هزاران کیلومتر را پوشش می دهد. در حال حاضر می توان از آن برای پژوهش و آموزش در زمینه هایی مانند موارد زیر استفاده کرد:

- شبیه سازی یک حالت آرمانی (با در نظر گرفتن همرفت و امواج کژ فشار)

- مطالعه فیزیک مدل از طریق تغییر فراسنج سازی های فیزیکی

- پژوهش در زمینه داده گواری

- پژوهش در زمینه پیش بینی عددی وضع هوا

- پیش بینی عددی وضع هوا با استفاده از داده های زمان واقعی

- استفاده در مدل های جفت شده (ترکیب مدل های اقیانوسی و جوی)

- استفاده هم در محدوده وسیع جهانی و هم در مقیاس منطقه ای

- استفاده برای کاربردهای آموزشی

بخشی از NCAR که در زمینه هواشناسی کوچک مقیاس و میان مقیاس فعال است، مسئولیت پشتیبانی مجموعه برنامه های منبع سامانه WRF را به شرح زیر برعهده دارد:

- چارچوب نرم افزاری WRF (WSF^۶)

^۶ WRF Software Framework

- حل کننده مسائل دینامیکی مدل پیشرفته پژوهشی WRF (ARW^۷), که شامل آشیانه‌سازی (یک سویه و دو سویه) و آشیانه‌سازی متحرک می‌شود.

- سامانه پیش‌پردازشگر WRF (WPS^۸)

- سامانه داده‌گذاری مدل (WRF-Var^۹)

- چندین برنامه گرافیکی و برنامه تبدیل برای ابزارهای گرافیکی

مدل WRF یک مدل غیرهیدروستاتیک (با گزینه اختیاری هیدروستاتیک در حین اجرا) است که شبکه‌بندی افقی آن شبکه-C آراکوا^{۱۰} است. در این مدل از طرحواره‌های انتگرال‌گیری مرتبه دوم و سوم زمانی رانگ-کوتا^{۱۱} و طرحواره‌های مرتبه دو تا شش برای فرارفت در دو راستای افقی و قائم استفاده می‌شود. این مدل از گام‌های زمانی کوچک برای مدهای اکوستیک و امواج گرانشی استفاده می‌کند. هسته اصلی مدل شامل چند برنامه مقدماتی اجرایی (ideal.exe و real.exe) و یک برنامه انتگرال‌گیری عددی (wrf.exe) و نیز یک برنامه برای انجام آشیانه‌سازی یک‌سویه (ndown.exe) است.

۱-۱-۱- اجزای برنامه سامانه مدل‌سازی WRF

شکل زیر نمودار سامانه مدل‌سازی WRF (نسخه سوم) را نشان می‌دهد. با توجه به آنچه که در این نمودار نشان داده شده است، برنامه‌های اصلی سامانه مدل‌سازی WRF عبارتند از:

- سامانه پیش‌پردازشگر WRF یا (WPS)

^۷ Advanced Research WRF

^۸ WRF Preprocessing System

^۹ WRF Variational

^{۱۰} Arakawa C-grid

^{۱۱} Runge-Kutta