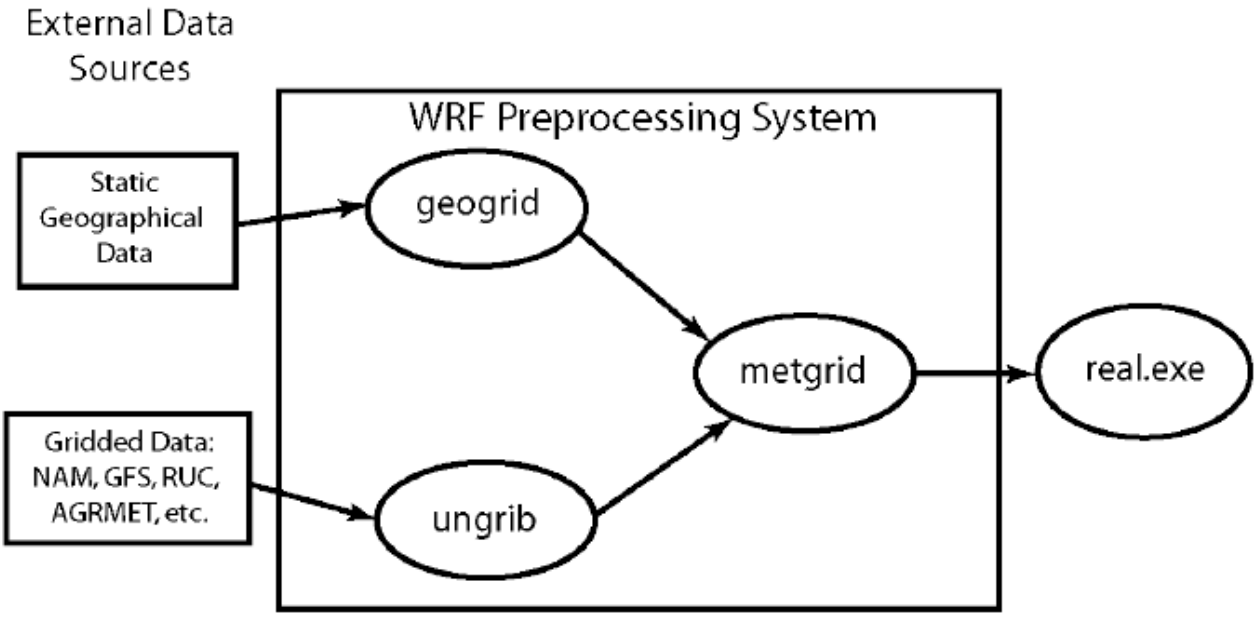
1 پیش‌پردازش داده‌ها (WPS)

برای اجرای مدل با داده‌های واقعی نیاز است در ابتدا شرایط اولیه برای انجام انتگرال گیری توسط مدل WRF، با استفاده از برنامه‌های ساخته شده در بسته (WRF Preprossessing System) تهیه شوند که در ادامه توضیح داده می‌شود:



1.1 geogrid

هدف از اجرای geogrid مشخص کردن دامنه شبیه‌سازی و درونیابی داده‌های مختلف عوارض زمین روی نقاط شبکه در مدل است. دامنه شبیه‌سازی با استفاده از اطلاعاتی که کاربر در بخش‌های share و geogrid در فایل متنی namelist.input مشخص می‌کند، تعیین می‌شود.

Geogrid به صورت پیش‌فرض علاوه بر محاسبه طول و عرض جغرافیایی برای هر نقطه شبکه، دسته بندی انواع خاک، کاربری زمین، ارتفاع عوارض زمینی، دمای متوسط سالانه عمق خاک، کسر پوشش گیاهی ماهیانه، آلبیدوی ماهیانه، ماکزیمم آلبیدوی برف و شیب را هم روی شبکه مدل دورنیابی می‌کند.

برای اجرای geogrid به داده‌های آن نیاز است که می‌توان داده‌های مذکور را از طریق وب‌گاه مدل دریافت نمود (http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/download/get_sources_wps_geog.html). این داده‌ها با تفکیک‌های مختلف در دسترس هستند. پس از دریافت داده‌ها، آن‌ها را در یک زیر شاخه (مثلاً WPS_GEOG) ریخته و آن‌ها را از حالت فشرده خارج کنید سپس آدرس آنرا در قسمت `geog_data_path` از namelist وارد نمایید.

پیش از اجرای geogrid لازم است تغییرات لازم در فایل متنی namelist.input موجود در زیرشاخه WPS اعمال شود:

```
&share
 wrf_core = 'ARW',
 max_dom = 2,
 start_date = '2000-01-24_12:00:00','2000-01-24_12:00:00',
 end_date   = '2000-01-25_00:00:00','2000-01-25_12:00:00',
 interval_seconds = 21600
 io_form_geogrid = 2
```

```
 /

&geogrid
   parent_id         =   1,   1,
   parent_grid_ratio =   1,   3,
   i_parent_start    =   1,  31,
   j_parent_start    =   1,  17,
   s_we              =   1,   1,
   e_we              =  74, 112,
   s_sn              =   1,   1,
   e_sn              =  61,  97,
   geog_data_res     = '10m','2m',
   dx = 30000,
   dy = 30000,
   map_proj = 'lambert',
   ref_lat   = 32.0,
   ref_lon   = 50.0,
   truelat1  =  32.0,
   truelat2  =  32.0,
   stand_lon = 50.,
   geog_data_path = '/home/mmm/wrf/data/WPS_GEOG/'
 /
 &ungrib
  out_format = 'WPS',
  prefix     = 'FILE'
/
 &metgrid
 fg_name                         = 'FILE',
 io_form_metgrid                 = 2,
/
```

اطلاعات و توضیح بیشتر در مورد متغیرهای تعریف شده در namelist **در نسخه‌های راهنمای کاربری مدل** WRF **و همچنین در وب‌گاه مدل به آدرس** http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_V3.1/users_guide_chap3.htm#_Description_of_the_1 **در دسترس می‌باشد.**

پس از اعمال و ذخیره تغییرات مورد نظر، با اجرای دستور زیر، برنامه geogrid **کار خود را شروع می‌کند:**

```
> ./geogrid.exe
```

در صورت عدم وجود هرگونه اشکال، پیغام زیر مبنی بر موفقیت آمیز بودن اجرا ظاهر می‌شود:

```
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
! Successful completion of geogrid.          !
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
```

پس از آن تعداد N **فایل با نامی شبیه** geo_em.d0N.nc **(مثلاً:** geo_em.d01.nc **و/یا** geo_em.d02.nc**) در زیر**

شاخه WPS ظاهر می‌شوند که N در اینجا شماره شبکه درخواست شده در بخش `max_dom` از namelist می‌باشد.

1.2 اجرای ungrib

داده‌های ورودی مورد نیاز برای شروع انتگرال گیری را می‌توان از به صورت رایگان از وب‌گاه مدل به آدرس http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/download/free_data.html دریافت نمود.این داده‌ها با فرمت GRIB هستند و کار برنامه ungrib خارج نمودن این داده‌ها از این فرمت می‌باشد.

پیش از اجرای ungrib می‌بایست دو کار انجام شود.

1. آماده سازی جدول متغیرهای مربوط به داده‌های هواشناسی ورودی که درواقع خروجی یک مدل GFS هستند، با اجرای دستور زیر:

```
> ln -s ungrib/Variable_Tables/Vtable.GFS Vtable
```

2. با استفاده از دستور زیر، لینکی میان داده‌های هواشناسی ورودی و محلی که برنامه ungrib اجرا می‌شود و به نشانی این داده‌ها برای خواندن آن‌ها نیاز دارد، بر قرار می‌شود:

```
> ./link_grib.csh /home/mmm/wrf/data/gfs/gfs*
```

درواقع نشانی ذکر شده در بالا مکانی است که داده‌ها ذخیره شده‌اند و بسته به کاربر می‌تواند متفاوت باشد. برای اینکه پیوند برای تمامی داده‌ها برقرار باشد و نیاز نباشد برای هر فایل داده‌ای به صورت جدگانه دستور فوق استفاده شود، بخش مشترک نام فایل داده‌ها نوشته شده و برای بخش غیر مشترک از * استفاده شده‌است.

پس از انجام عملیات فوق، برنامه ungrib با دستور زیر اجرا می‌شود:

```
> ./ungrib.exe
```

در پایان اجرا، چنانچه مشکلی به وجود نیامده باشد پیغام زیر نمایش داده می‌شود:

```
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
 !          .Successful completion of ungrib  !
 !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
```

و در زیرشاخه WPS باید فایل‌هایی با نام `FILE:YYYY-MM-DD_HH` (مثلاً : `FILE:2008-03-24_12`) که تعداد آن‌ها برابر با تعداد فایل داده‌های هواشناسی لینک شده است باید به وجود آمده باشد.

1.3 اجرای metgrid

برنامه metgrid کار درونیابی داده‌های خروجی از اجرای ungrib بر روی نقاط شبکه تعریف شده توسط برنامه geogrid را انجام می‌دهد. و بدین صورت شرایط اولیه برای انتگرال گیری توسط مدل WRF فراهم می‌شود. برای این منظور کافی است دستور زیر اجرا شود:

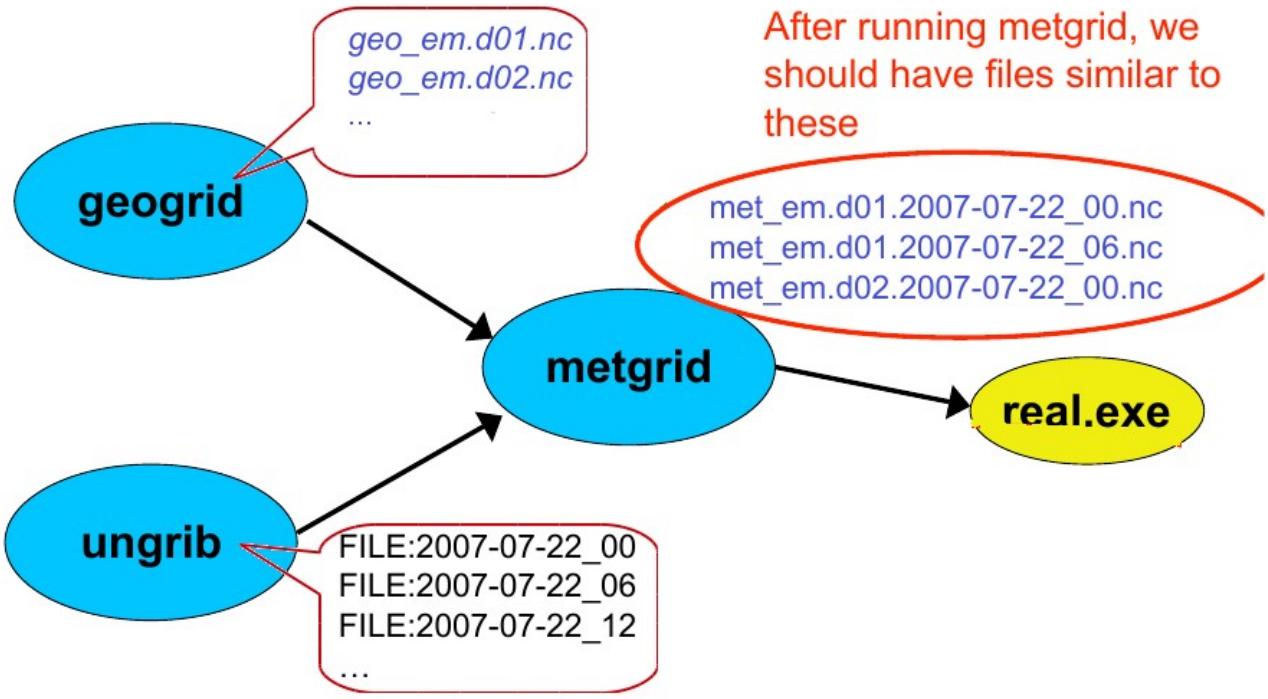
```
> ./metgrid.exe
```

پس از اجرای بدون اشکال برنامه، پیغام موفقیت آمیز بودن آن چاپ می‌شود:

```
 !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!  Successful completion of metgrid.                !
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
```

هم‌اکنون داده‌هایی با نامی شبیه met_em.d0N.YYYY-MM-DD_HH:mm:ss.nc (مثلاً: met_em.d01.2008-03-24_12:00:00.nc) در زیرشاخه WPS ساخته شده‌اند. خروجی نهایی WPS فرمت Netcdf داشته و ورودی مدل WRF محسوب می‌شوند. بنابراین لازم است پس از ساخته شدن به زیرشاخه run واقع در شاخه اصلی WRF منتقل شوند. از آنجا که برنامه WPS و مدل WRF باید در یک زیر شاخه قرار داشته باشند می‌توان بادستور زیر فایل‌های met را به محل مورد نظر منتقل کرد:

```
> cp met_em.d* ../WRFV3/run
```



2 اجرای مدل WRF

برای اجرای مدل WRF لازم است شرایط اول که در خروجی برنامه WPS فراهم شده به زیر شاخه run از شاخه اصلی WRFV3 منتقل شود.همچنین باید از طریق ترمینال از شاخه مربوط به WPS خارج شده و به زیر شاخه run بروید.

پیش از اجرای مدل نیاز است فایل متنی namelist.input ویرایش شود. فایل مذکور به عنوان مثال می‌تواند شامل اطلاعاتی به صورت زیر باشد:

```
&time_control
run_days                            = 0,
run_hours                           = 12,
```

```
run_minutes                         = 0,
run_seconds                         = 0,
start_year                          = 2000, 2000, 2000,
start_month                         = 01,   01,   01,
start_day                           = 24,   24,   24,
start_hour                          = 12,   12,   12,
start_minute                        = 00,   00,   00,
start_second                        = 00,   00,   00,
end_year                            = 2000, 2000, 2000,
end_month                           = 01,   01,   01,
end_day                             = 25,   25,   25,
end_hour                            = 00,   12,   12,
end_minute                          = 00,   00,   00,
end_second                          = 00,   00,   00,
interval_seconds                    = 21600
input_from_file                     = .true.,.true.,.true.,
history_interval                    = 180,  60,   60,
frames_per_outfile                  = 1000, 1000, 1000,
restart                             = .false.,
restart_interval                    = 5000,
io_form_history                     = 2
io_form_restart                     = 2
io_form_input                       = 2
io_form_boundary                    = 2
debug_level                         = 0
/

&domains
time_step                           = 180,
time_step_fract_num                 = 0,
time_step_fract_den                 = 1,
max_dom                             = 1,
e_we                                = 74,    112,   94,
e_sn                                = 61,    97,    91,
e_vert                              = 28,    28,    28,
p_top_requested                     = 5000,
num_metgrid_levels                  = 27,
num_metgrid_soil_levels             = 2,
dx                                  = 30000, 10000,  3333.33,
dy                                  = 30000, 10000,  3333.33,
grid_id                             = 1,     2,     3,
parent_id                           = 0,     1,     2,
i_parent_start                      = 1,     31,    30,
j_parent_start                      = 1,     17,    30,
parent_grid_ratio                   = 1,     3,     3,
```

```
parent_time_step_ratio              = 1,     3,     3,
feedback                            = 1,
smooth_option                       = 0
/

&physics
mp_physics                          = 3,     3,     3,
ra_lw_physics                       = 1,     1,     1,
ra_sw_physics                       = 1,     1,     1,
radt                                = 30,    30,    30,
sf_sfclay_physics                   = 1,     1,     1,
sf_surface_physics                  = 2,     2,     2,
bl_pbl_physics                      = 1,     1,     1,
bldt                                = 0,     0,     0,
cu_physics                          = 1,     1,     0,
cudt                                = 5,     5,     5,
isfflx                              = 1,
ifsnow                              = 0,
icloud                              = 1,
surface_input_source                = 1,
num_soil_layers                     = 2,
sf_urban_physics                    = 0,     0,     0,
/

&fdda
/

&dynamics
w_damping                           = 0,
diff_opt                            = 1,
km_opt                              = 4,
diff_6th_opt                        = 0,      0,      0,
diff_6th_factor                     = 0.12,   0.12,   0.12,
base_temp                           = 290.
damp_opt                            = 0,
zdamp                               = 5000.,  5000.,  5000.,
dampcoef                            = 0.2,    0.2,    0.2
khdif                               = 0,      0,      0,
kvdif                               = 0,      0,      0,
non_hydrostatic                     = .true., .true., .true.,
moist_adv_opt                       = 1,      1,      1,
scalar_adv_opt                      = 1,      1,      1,
/

&bdy_control
```

```
spec_bdy_width                      = 5,
spec_zone                           = 1,
relax_zone                          = 4,
specified                           = .true., .false.,.false.,
nested                              = .false., .true., .true.,
/

&grib2
/

&namelist_quilt
nio_tasks_per_group = 0,
nio_groups = 1,
/
```

توضیح و تفسیر هریک از پارامترهای استفاده شده در namelist به صورت مبسوط در راهنمای کاربری مدل و در وب‌گاه مدل به نشانی http://www.esrl.noaa.gov/gsd/wrfportal/namelist_input_options.html به طور کامل آورده شده است.پس از اعمال تغییرات مورد نظر و ذخیره آن، مدل آماده اجرا می‌باشد.در نظر داشته باشید اطلاعات زمان شروع و پایان انتگرال گیری و تفکیک و نقاط شبکه در namelist برنامه WPS و WRF باید دقیقاً یکسان باشد در غیر اینصورت اجرای مدل با خطا مواجه خواهد شد(یکی از رایج تریم خطاهای زمان اجرا!). در مرحله اول لازم است شرایط مرزی برای مدل فراهم شود. اینکار با اجرای دستور زیر امکان‌پذیر است:

```
> ./real.exe
```

اگر اجرا موفقیت آمیز باشد پیغام 'real_em: SUCCESS EM_REAL INIT' در انتها نشان داده خواهد شد و فایل‌هایی با نام wrfinput_d01 و wrfbdy_d01 باید تولید شده باشند. مرحله آخر اجرای دستور مربوط به شروع انتگرال گیری به صورت زیر است:

```
> ./wrf.exe
```

انتگرال گیری بسته به زمان، تعداد و تفکیک شبکه تعریف شده در namelist مدل و سخت‌افزار رایانه شما، می‌تواند از بیش از نیم ساعت تا روزها طول بکشد. پس از اتمام کار مدل، فایلهایی به شکل کلی wrfout_d<domain>_<date> باید تولید شده باشند که date تاریخ شروع انتگرال گیری است (مثلاً: wrfout_d01_2000-01-24_12:00:00).

3 WRF Domain Wizard

WRF Domain Wizard یک برنامه بسیار مفید برای تهیه namelist.wps و namelist.input هماهنگ با آن می‌باشد که به راحتی قابل نصب بوده و تحت Java اجرا می‌شود. این برنامه با فراهم کردن رابط گرافیکی کاربر، امکان تشکیل یک یا چند شبکه با تفکیک مناسب را آسان نموده و از بروز خطاهایی که به علت عدم تطابق namelistها و مشکلات تعریف شبکه به وجود می‌آید جلوگیری می‌نماید. این برنامه مفید و کاربردی را می‌توان از آدرس زیر دریافت و به راحتی نصب نمود:

http://esrl.noaa.gov/gsd/wrfportal/DomainWizard.html

4 نکات قابل توجه

ذکر این نکته لازم است که دستورالعمل فوق به زبان ساده برای کسانی ارایه شده است که قصد دارند به عنوان کاربر جدید از مدل WRF استفاده کنند. تشریح تمامی توانایی‌های مدل و همچنین استفاده از امکانات متفاوت و جالب آن برای یک پیش‌بینی عملیاتی موفق، مطلبی است که از حوصله این دستورالعمل خارج است. البته کاربران پس از آشنایی با مدل و استفاده از آن و کسب تجربه قادر خواهند بود مطابق راهنمای کاربر مدل از تمام امکانات آن استفاده کنند.

مدل WRF رابط گرافیکی نداشته و فقط از طریق ترمینال و دستورات خط فرمان(command line) قابل اجرا می‌باشد. دانستن برخی دستورات ساده، اجرای مدل را ساده‌تر می‌کند:

- در طی استفاده از مدل WRF گاهی مایل هستید فرایند اجرای هر برنامه و پیغام های نمایش داده شده بر روی ترمینال را به صورت یک فایل متنی ذخیره کنید. اجرای دستورات مدل به شکل زیر می‌تواند این هدف را برآورده کند. به طور مثال:

> ./ungrib.exe >& ungrib.out

پس از اتمام اجرای ungrib یک فایل متنی با نام ungrib.out را ایجاد می‌کند که محتویات آن پیاغم‌های نمایش داده شده در ترمینال هنگام اجرای آن است. همینطور سایر اجراهای مشابه:

> ./real.exe >& real.log

>./wrf.exe >& wrf-run1.txt

- باید دقت داشت که در هنگام اجرای هر برنامه، ترمینال نباید بسته شود. در غیر اینصورت فرایند پردازش قطع می‌شود. اما می‌توان با اجرای چند دستور ساده زیر برنامه اجرا را زمان‌بندی نمود و در زمان مقرر حتی اگر ترمینال بسته باشد، اجرای برنامه مورد نظر (در صورت روشن بودن رایانه) به صورت خودکار آغاز می‌شود. ابتدا برنامه مورد نیاز را با دستور زیر نصب می‌کنیم:

>sudo apt-get install at

به طور مثال اگر هدف اجرای wrf.exe باشد می‌توان به صورت زیر عمل کرد:

> date↵

Wed Aug 28 22:23:14 IRDT 2013

> at 22:24 28 Aug↵

at> ./wrf.exe >& wrf.log↵

at> Ctrl + D

job 1 at Wed Aug 28 22:24:00 2013

>

چنانچه در اجرای دستور date، تاریخ و زمان نمایش داده شده به صورت فارسی باشد می‌توان از مسیر زیر آنرا به انگلسیس تغییر داد:

system settings → Language support → Regional Formats →فارسی English (US) → Apply system-wide →close

سپس یک بار از کاربر خود خارج شده (log out) و مجدداً وارد شوید.

5 اجرای ARWpost

برای نمایش داده‌های خروجی مدل WRF از نرم افزارهای متعددی می‌توان استفاده نمود. یکی از ساده‌ترین نرم‌افزارها GrADS می‌باشد. اما قبل از آن لازم است خروجی مدل که به فرمت netcdf است به داده‌های باینری قابل استفاده برای نرم‌افزار گردس تبدیل شود. یکی از برنامه‌های پس‌پردازشگر (Post prossessing) ، برنامه ARWpost می‌باشد. برای اجرای آن نیاز است namelist.ARWpost واقع در زیرشاخه ARWpost ویرایش شود. تاریخ شروع و پایان و گام زمانی مطابق با namelist برنامه‌های WRF و WPS باید باشد. در بخش `output_root_name` قسمت سبز رنگ نام فایل خروجی است. خروجی اجرای این برنامه شامل یک فایل داده‌ای باینری و یک فایل کنترلی برای گردس بوده و تمام متغیرهای خروجی WRF را برمی‌گرداند. قسمت `fields` که با رنگ زرد مشخص شده متغیرهای دیگری را به خروجی اضافه می‌کند که در قسمت نارنجی تمام متغیرهای قابل محاسبه ذکر شده‌اند و کافی است به این قسمت اضافه شود. توضیحات بیشتر درباره پارامترهای مورد استفاده در namelist در راهنمای کاربری آن موجود می‌باشد.
http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/graphics/ARWpost/ARWpost.htm.

```
&datetime
 start_date = '2000-01-24_12:00:00',
 end_date   = '2000-01-25_00:00:00',
 interval_seconds = 21600,
 tacc = 0,
 debug_level = 0,
/

&io
 io_form_input  = 2,
 input_root_name = '/home/mmm/wrf/WRFV3/run/wrfout_d01_2000-01-24_12:00:00'
 output_root_name = '/home/mmm/wrf/grads/test'
 plot = 'all_list'
 fields = 'height,pressure,tk,tc'
 output_type = 'grads'
 mercator_defs = .true.
/
 split_output = .true.
 frames_per_outfile = 2

 output_type = 'grads'
 output_type = 'v5d'

 plot = 'all'
 plot = 'list'
 plot = 'all_list'
! Below is a list of all available diagnostics
 fields =
'height,geopt,theta,tc,tk,td,td2,rh,rh2,umet,vmet,pressure,u10m,v10m,wdir,wspd,w
d10,ws10,slp,mcape,mcin,lcl,lfc,cape,cin,dbz,max_dbz,clfr'


&interp
 interp_method = 0,
 interp_levels =
1000.,950.,900.,850.,800.,750.,700.,650.,600.,550.,500.,450.,400.,350.,300.,250.
,200.,150.,100.,
/
extrapolate = .true.

 interp_method = -1,     ! 0 is model levels, -1 is nice height levels, 1 is
user specified pressure/height

 interp_levels =
1000.,950.,900.,850.,800.,750.,700.,650.,600.,550.,500.,450.,400.,350.,300.,250.
,200.,150.,100.,
 interp_levels = 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00, 7.00,
8.00, 9.00, 10.0, 11.0, 12.0, 13.0, 14.0, 15.0, 16.0, 17.0, 18.0, 19.0, 20.0,
```

6 برنامه GrADS

زیر شاخه ARWpost حاوی تعدادی از اسکریپت‌های قابل استفاده در گردس نیز می‌باشد. همچنین اسکریپت‌های مفید و کاربری دیگری نیز در وب‌گاه گردس به آدرس‌های زیر موجود است.

http://www.met.wau.nl/education/atd/Practical/scripts/library_local.html

http://www.met.wau.nl/education/atd/Practical/functions/library.html