## ภาคผนวก ก

### ตัวอย่าง Scripting Language (main1.gs)

```
'open thail.ctl'
'set map 1'
'set mpdset hires'
'set mproj scaled'
'set vpage 0.0 11.0 0.0 8.5'
'set parea 1.2 10.0 1.0 7.5'
'set strsiz 0.2'
'set string 1 c'
'set lon 90 130';'set lat 6 30';'set t 1'
'set ccolor rainbow'
date=getdate()
while(1)
**********  Main Menu  **********
say ''
say ''
say ''
say '************************ Main Menu *****************************'
say '                                                        '
*say '        date = 'datime'   level = 'hpa' hPa   '
say '                                                        '
say ' a)  Height                    (8 levels)  |   Select level: '
say ' b)  Temperature               (8 levels)  |   ---------------'
say ' c)  U wind                    (8 levels)  |  1)   1000   hPa'
say ' d)  V wind                    (8 levels)  |  2)    850   hPa'
say ' e)  Vector wind (U+V)         (8 levels)  |  3)    700   hPa'
say ' f)  Vertical velocity         (8 levels)  |  4)    500   hPa'
say ' g)  Divergence                (8 levels)  |  5)    400   hPa'
say ' h)  Vorticity                 (8 levels)  |  6)    300   hPa'
say ' i)  Sea level Pressure        (1 level)   |  7)    200   hPa'
say ' j)  Sea level Temperature     (1 level)   |  8)    100   hPa'
say ' k)  Sea level U wind          (1 level)   |                 '
say ' l)  Sea level V wind          (1 level)   |                 '
say ' m)  Sea level wind (Vector)   (1 level)   |                 '
say ' n)  Total Moisture            (1 level)   |                 '
say ' o)  Total Converged Moisture  (1 level)   |                 '
say ' p)  Total Precipitation       (1 level)   |                 '
say ''
say ''
say ' q) quit                                                  '
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

```
say ' '
prompt ' Enter your selection : '
pull r

*************** levels: ********************
if (r = '1'); hpa=1000; endif
if (r = '2'); hpa=850;  endif
if (r = '3'); hpa=700;  endif
if (r = '4'); hpa=500;  endif
if (r = '5'); hpa=400;  endif
if (r = '6'); hpa=300;  endif
if (r = '7'); hpa=200;  endif
if (r = '8'); hpa=100;  endif
********** 8 levels variables above: **********
if (r = 'a'); rc=do_a(hpa,date); endif
if (r = 'b'); rc=do_b(hpa,date); endif
if (r = 'c'); rc=do_c(hpa,date); endif
if (r = 'd'); rc=do_d(hpa,date); endif
if (r = 'e'); rc=do_e(hpa,date); endif
if (r = 'f'); rc=do_f(hpa,date); endif
if (r = 'g'); rc=do_g(hpa,date); endif
if (r = 'h'); rc=do_h(hpa,date); endif
********* 1 level variables below: *****************
if (r = 'i'); v=9;  rc=do_i(date); endif
if (r = 'j'); v=10; rc=do_j(date); endif
if (r = 'k'); v=11; rc=do_k(date); endif
if (r = 'l'); v=12; rc=do_l(date); endif
if (r = 'm'); v=13; rc=do_m(date); endif
if (r = 'n'); v=14; rc=do_n(date); endif
if (r = 'o'); v=15; rc=do_o(date); endif
if (r = 'p'); v=16; rc=do_p(date); endif
********** contorls: **********
if (r = 'q'); disable print; quit; endif
endwhile
*'disable print'
say ' '
say 'type "RUN RR.GS" to return to Main Menu.'
say ' '

********** All functions: **********

********** Height *****************
function do_a(hpa,date)
'enable print hei'date'.gmf'
'clear'
'set xlint 2';'set ylint 2'
'set gxout contour'
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

```
'set cint 10'
'set csmooth on'
'set grads off'
'set lev 'hpa''
'd hei*10'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Height(m) at level 'hpa' mb'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

******** Temperature **************
function do_b(hpa,date)
'enable print temp'date'.gmf'
'clear'
'set xlint 2';'set ylint 2'
'set gxout contour'
'set cint 0.5'
'set csmooth on'
'set grads off'
'set lev 'hpa''
'd tem'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Temperature(celcius) at level 'hpa' mb'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

********* U wind *****************
function do_c(hpa,date)
'enable print Uwind'date'.gmf'
'clear'
'set xlint 2';'set ylint 2'
'set gxout contour'
'set grads off'
'set lev 'hpa''
'd u'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title U wind at level 'hpa' mb'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

********* V wind ***************
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

```
function do_d(hpa,date)
'enable print Vwind'date'.gmf'
'clear'
'set xlint 2';'set ylint 2'
'set gxout contour'
'set grads off'
'set lev 'hpa''
'd v'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title V wind at level 'hpa' mb'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

********* Wind vector (U+V) *********
function do_e(hpa,date)
'enable print Windvector'date'.gmf'
'set xlint 1';'set ylint 1'
'set gxout contour'
'set cint 1'
'set csmooth on'
'set grads off'
'set lev 'hpa''
'd mag(u,v)'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Wind(m/s) at level 'hpa' mb'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
'clear'
'set xlint 1';'set ylint 1'
'set gxout vector'
'set grads off'
'd u;v;mag(u,v)'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Wind vector at level 'hpa' mb'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

********** Vertical velocity *******************
function do_f(hpa,date)
'enable print Wwind'date'.gmf'
'clear'
'set xlint 1';'set ylint 1'
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

```
'set gxout contour'
'set grads off'
'set lev 'hpa''
'd w'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Vertical velocity (m/s) at level 'hpa' mb'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

************ Divergence ***********************
function do_g(hpa,date)
'enable print div'date'.gmf'
'clear'
'set xlint 1';'set ylint 1'
'set gxout contour'
'set cint 2'
'set grads off'
'set lev 'hpa''
'd div*1e6'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Divergence(*1e-6) at level 'hpa' mb'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

*********** Vorticity **********************
function do_h(hpa,date)
'enable print vor'date'.gmf'
'clear'
'set xlint 1';'set ylint 1'
'set gxout contour'
'set grads off'
'set lev 'hpa''
'd vor*1e5'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Vorticity(*1e-5) at level 'hpa' mb'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

********** Sea level pressure *************
function do_i(date)
'enable print sealevel'date'.gmf'
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

```
'set xlint 1';'set ylint 1'
'clear'
'set gxout contour'
'set grads off'
'd slp'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Sea level Pressure (mb)'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

********** Sea level temperature ***********
function do_j(date)
'enable print sealevel'date'.gmf'
'clear'
'set xlint 1';'set ylint 1'
'set gxout contour'
'set grads off'
'd slt'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Sea level Temperature (K)
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

*********** Sea level U wind **************
function do_k(date)
'enable print sealevel'date'.gmf'
'clear'
'set xlint 1';'set ylint 1'
'set gxout contour'
'set grads off'
'd slu'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Sea level U wind (m/s)'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

*********** Sea level V wind *************
function do_l(date)
'enable print sealevel'date'.gmf'
'clear'
'set xlint 1';'set ylint 1'
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

```
'set gxout contour'
'set grads off'
'd slv'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Sea level V wind (m/s)'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

*********** Sea level wind (vector) ********
function do_m(date)
'enable print sealevel'date'.gmf'
'clear'
'set gxout stream'
'set grads off'
'd slu;slv;mag(slu,slv)'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Streamline of Sea level Wind'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
prompt 'Press any key to continue ...'
pull dummy
'clear'
'set gxout vector'
'set grads off'
'd slu;slv;mag(slu,slv)'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Sea level wind'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

********* Total Moisture *************
function do_n(date)
'enable print mois'date'.gmf'
'clear'
'set gxout contour'
'set grads off'
'd vtq'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Total Moisture'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

```
return

************ Total converged moisture **********
function do_o(date)
'enable print mois'date'.gmf'
'clear'
'set gxout contour'
'set grads off'
'd vtdq'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Total Converged Moisture'
'draw xlab Longitude'
'draw ylab Latitude'
'print'
return

************ Total precipitation **************
function do_p(date)
'enable print precip'date'.gmf'
'clear'
'set grads off'
'set gxout contour'
'set cmin 10';'set cint 10';
'd pr'
*'draw string 5.5 8.1 'date
*'draw title Total Precipitation'
*'draw xlab Longitude'
*'draw ylab Latitude'
*'print'
*'clear'
'run cbar.gs'
'set gxout contour'
'set cmin 10'; 'set cint 10'
'd pr'
'draw string 5.5 8.1 'date
'draw title Total Precipitation'
*'draw xlab Longitude'
*'draw ylab Latitude'
'print'
return

function getdate()
res=read(time.dat)
ti=sublin(res,2)
date=substr(ti,3,8)
res=close(time.dat)
return date
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**ตัวอย่าง Descriptor File (thail.ctl)**

```
DSET  ^f01081000.dat
TITLE initial data
UNDEF  -100000.0
XDEF    81 LINEAR 90 0.5
YDEF    81 LINEAR 1 0.5
ZDEF   8 LEVELS 1000 850 700 500 400 300 200 100
TDEF   1 LINEAR 00z10Aug2001 1hr
VARS    14
hei  8 0 heights
tem  8 0 temperatures
u    8 0 u winds
v    8 0 v winds
w    8 0 vetical velocity
div  8 0 divergence
vor  8 0 vorticity
slp  0 0 sea level pressure
slt  0 0 sea level temperature
slu  0 0 sea level u winds
slv  0 0 sea level v winds
vtq  0 0 total moisture
vtdq 0 0 total converged moisture
pr   0 0 total precipitation
ENDVARS
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

## ภาคผนวก ข

### สมการของแบบจำลอง (Equation of Model)

ในการสร้างโมเดลใดๆก็ตามจะประกอบด้วยเซตของกฎการอนุรักษ์ต่างๆ สำหรับโมเดลในบรรยากาศขนาดกลาง จะประกอบไปด้วย กฎการอนุรักษ์ต่างดังนี้

1. กฎการอนุรักษ์มวล
2. กฎการอนุรักษ์ความร้อน
3. กฎการอนุรักษ์ของการเคลื่อนที่
4. กฎการอนุรักษ์ของน้ำ
5. กฎการอนุรักษ์สสารที่เป็นก๊าซและสสารที่เป็นละอองในอากาศ

ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการนำใช้กับแบบจำลอง LASG-REM โดยทำการจัดรูปแบบสมการให้อยู่ในพิกัดแนวดิ่งแบบ ETA และในแนวราบใช้ลักษณะการจัดตำแหน่งของข้อมูล (Grid point data) ในแนวราบเป็นแบบ E-grid กฎการอนุรักษ์ต่างๆจะต้องเปลี่ยนรูปไปให้เหมาะสมกับแบบจำลอง LASG-REM ดังนี้คือ

U-Momentum equation

$$\frac{\partial U}{\partial t} = -\sum_{m=1}^{3} l_m(U) - f^{*}V - P_x + P(D_{U_h} + D_{U_v}) \qquad (ข.1)$$

V-Momentum equation

$$\frac{\partial V}{\partial t} = -\sum_{m=1}^{3} l_m(V) + f^{*}U - P_y + P(D_{V_h} + D_{V_v}) \qquad (ข.2)$$

Thermodynamic energy equation

$$\frac{\partial \Pi}{\partial t} = -\sum_{m=1}^{3} l_m(\Pi) + S(C_0 + \frac{R\Pi}{C_P P})(\frac{1}{P\eta}\Omega^{(1)} + \Omega^{(2)}) + \frac{RP}{C_0}(D_{\Pi_h} + D_{\Pi_v} - \frac{L}{C_P}(E - C)) \qquad (ข.3)$$

Moisture balance equation

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -H_A(Q) - V_A(Q) + PP(D_{Q_h} + D_{Q_v} + E - C) \qquad (ข.4)$$

Continuity Equation

$$\frac{\partial P^2}{\partial t} = -\frac{1}{\eta_s}\int_0^{\eta_1} D_{xy'} d\eta \qquad (ข.5)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by Chiang Mai University
All rights reserved

Vertical velocity equation

$$\int_{\eta_2}^{\eta_1}(\frac{\partial P^2}{\partial t}+D_{xy})d\eta = P^2(\dot{\eta}_2-\dot{\eta}_1) \quad (ข.6)$$

Equation for geopotential

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \eta} = -C_0\frac{S\Pi}{P\eta} \quad (ข.7)$$

Boundary condition

$$\dot{\eta}\big|_{\eta=0;\eta_s} = 0 \quad (ข.8)$$

เมื่อกำหนดให้

Advection terms

$$l_1(F) = \frac{1}{2a\sin\theta}(2\frac{\partial Fu}{\partial\lambda} - F\frac{\partial u}{\partial\lambda})$$
$$l_2(F) = \frac{1}{2a\sin\theta}(2\frac{\partial Fv\sin\theta}{\partial\theta} - F\frac{\partial v\sin\theta}{\partial\theta}) \quad (ข.9)$$
$$l_3(F) = \frac{1}{2}(2\frac{\partial F\dot{\eta}}{\partial\eta} - \frac{\partial\dot{\eta}}{\partial\eta})$$

Pressure gradient force terms

$$P_x = P\frac{\partial\Phi}{a\sin\theta\partial\lambda} + C_0S\Pi\frac{\partial\ln P^2}{a\sin\theta\partial\lambda}; P_y = P\frac{\partial\Phi}{a\partial\theta} + C_0S\Pi\frac{\partial\ln P^2}{a\partial\theta} \quad (ข.10)$$

Energy conversion terms

$$\Omega^{(1)} = -\int_0^{\eta}D_{xy}d\eta; \Omega^{(2)} = V\frac{\partial\ln P^2}{a\partial\theta} + U\frac{\ln P^2}{a\sin\theta\partial\lambda} \quad (ข.11)$$

Mass convergence

$$D_{xy}\frac{1}{a\sin\theta}(\frac{\partial PV\sin\theta}{\partial\theta} + U\frac{\partial PU}{\partial\lambda}) \quad (ข.12)$$

Moisture advection terms in flux form

$$H_A(Q) = \frac{1}{a\sin\theta}(\frac{\partial QU}{\partial\lambda} + \frac{\partial v\sin\theta}{\partial\theta})$$
$$V_A(Q) = \frac{\partial Q\eta}{\partial\eta} \quad (ข.13)$$

Coriolis term

$$f^* = f + (\frac{cgt\theta}{a})u \quad (ข.14)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Horizontal diffusion terms

$$D_{U_h} = K_u^h P^{-4}\left|\Delta' u\right|\Delta' u; \Delta' u = \vec{\nabla}\cdot(P^2\vec{\nabla}u)$$
$$D_{V_h} = K_v^h P^{-4}\left|\Delta' v\right|\Delta' v; \Delta' v = \vec{\nabla}\cdot(P^2\vec{\nabla}v) \qquad (\text{ข}.15)$$
$$D_{\Pi_h} = K_T^h P^{-4}\left|\Delta' T\right|\Delta' T; \Delta' T = \vec{\nabla}\cdot(P^{2K+2}\vec{\nabla}\frac{T}{P^{2K}})$$
$$D_{Q_h} = K_q^h P^{-4}\left|\Delta' q\right|\Delta' q; \Delta' q = \vec{\nabla}\cdot(P^2\vec{\nabla}q)$$

Vertical diffusion terms

$$D_{U_v} = \frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial z}(K_u^z\frac{\partial u}{\partial z})$$
$$D_{V_v} = \frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial z}(K_v^z\frac{\partial v}{\partial z})$$
$$D_{\Pi_v} = \frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial z}(K_T^z\frac{\partial T}{\partial z}) \qquad (\text{ข}.16)$$
$$D_{Q_v} = \frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial z}(K_q^z\frac{\partial q}{\partial z})$$

Vertical eddy diffusivity

$$K_f^z = K_{z_0} + C_f\left|\frac{\partial f}{\partial z}\right|\frac{R_{ic}-R_i}{R_{ic}}; for R_i < R_{ic}$$
$$K_f^z = K_{z_0}; for R_i \geq R_{ic} \qquad (\text{ข}.17)$$
$$where \Rightarrow f = u, v, T, q$$

Richardson number

$$R_i = \frac{g}{\theta S_v}\frac{\partial\theta}{\partial z}$$
$$S_v = (\frac{\partial u}{\partial z})^2 + (\frac{\partial v}{\partial z})^2 \qquad (\text{ข}.18)$$

Critical Richardson number

$$R_{ic} = S_v^{\frac{1}{2}}\left|\frac{\partial\theta}{\partial z}\right|^{-1} \qquad (\text{ข}.19)$$

Constant coefficients

$$K_{z_0}, C_f and K_f^h(f = u, v, T, q) = CONSTANT \qquad (\text{ข}.20)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**วิธีการผลต่างจำกัด (Finite difference method)**

เนื่องจากสมการ Governing equations ข้างบนเป็นชุดของ Partial differential equations ซึ่งขึ้นอยู่กับหลายตัวแปรด้วยกัน เป็นการยากที่เราจะทำการหาคำตอบของสมการโดยตรงดังนั้นวิธีการ Finite difference approximation จึงนำมาใช้ในการหาคำตอบสมการ โดยดัดแปลงและประมาณค่าสมการ Partial differential equations ให้อยู่ในรูปแบบสมการที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete equations) ดังนั้นค่าตัวแปรต่างๆเช่น ความเร็วลม ความชื้น อุณหภูมิของอากาศ ความดันอากาศ ความหนาแน่นของอากาศ ที่จะนำมาประมาณค่าเพื่อหาคำตอบของสมการจะมีค่าที่ไม่ต่อเนื่องโดยจะมีค่าอยู่ที่ตำแหน่งที่เรียกว่า Grid point เมื่อพิจารณาความยาว L ช่วงหนึ่งซึ่งประกอบด้วย N+1 grid points อยู่ห่างเป็นระยะทางเท่ากันเท่ากับ $\Delta x = \frac{L}{N}$ แต่ละจุดอยู่ที่ตำแหน่ง $x_i = (i-1)\Delta x$ เมื่อ i=1, 2,…., N+1 ให้ $f_i$ แทนค่าของฟังก์ชัน f ที่จุด $x_i$ โดยใช้ Taylor expansion จะได้ว่า

$$f_{i+1} = f_i + f_i'\Delta x + f_i''\left(\frac{\Delta x^2}{2!}\right) + f_i'''\left(\frac{\Delta x^3}{3!}\right) + \ldots \tag{ข.21}$$

$$f_{i-1} = f_i - f_i'\Delta x + f_i''\left(\frac{\Delta x^2}{2!}\right) - f_i'''\left(\frac{\Delta x^3}{3!}\right) + \ldots \tag{ข.22}$$

จากสมการด้านบนสามารถหาค่า $f_i'$ ได้ตามลำดับดังนี้

$$f_i' = \frac{f_{i+1} - f_i}{\Delta x} - f_i''\left(\frac{\Delta x^2}{2!}\right) - f_i'''\left(\frac{\Delta x^3}{3!}\right) - \ldots \approx \frac{f_{i+1} - f_i}{\Delta x} \tag{ข.23}$$

$$f_i' = \frac{f_i - f_{i-1}}{\Delta x} + f_i''\left(\frac{\Delta x^2}{2!}\right) - f_i'''\left(\frac{\Delta x^3}{3!}\right) + \ldots \approx \frac{f_i - f_{i-1}}{\Delta x} \tag{ข.24}$$

เมื่อ Δx มีค่าน้อยๆเทอมที่มีอันดับสูงๆของ Δx สามารถละทิ้งได้ สมการ (2.50)นี้เรียกว่า forward finite difference approximation และ สมการ(2.51)เรียกว่า backward finite difference approximation เมื่อลบสมการ (2.48)ด้วยสมการ(2.49)จะได้

$$f_i' \approx \frac{f_{i+1} - f_{i-1}}{2\Delta x} \tag{ข.25}$$

เรียกสมการ(2.52)นี้ว่า centered finite difference approximation หรือ leap frog ทำนองเดียวกันสำหรับอนุพันธ์ของฟังก์ชันใดเทียบกับเวลาสามารถหาค่าประมาณได้เช่นเดียวกัน เช่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\frac{dU}{dt} \approx \frac{U^{n+1} - U^{n}}{\Delta t} \qquad (ข.26)$$

สำหรับ forward finite difference approximation เมื่อ n แทนสถานะที่เวลาเริ่มต้นใดๆและ n+1 แสดงสถานะที่เวลาต่อมา

8.1 Finite difference operators

$$\delta_{\lambda} F_i \equiv F_{i+\frac{1}{2}} - F_{i-\frac{1}{2}}$$
$$\delta_{\theta} F_j \equiv F_{j+\frac{1}{2}} - F_{j-\frac{1}{2}}$$
$$\delta_{\eta} F_k \equiv F_{k+\frac{1}{2}} - F_{k-\frac{1}{2}} \qquad (ข.27)$$
$$\delta_{\frac{1}{2}\Delta\lambda} F_i \equiv F_{i+\frac{1}{4}} - F_{i-\frac{1}{4}}$$
$$\delta_{\frac{1}{2}\Delta\theta} F_j \equiv F_{j+\frac{1}{4}} - F_{j-\frac{1}{4}}$$

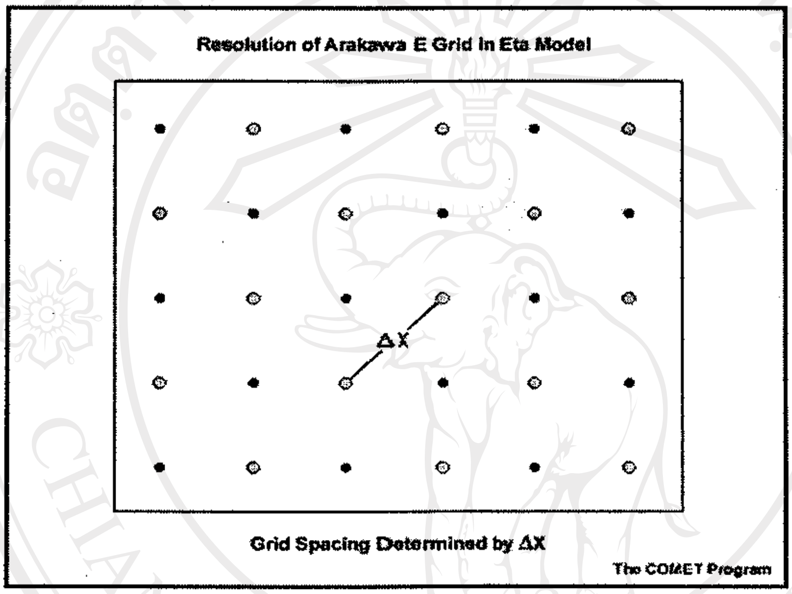
8.2 Average operators

$$\overline{F}_i^{\lambda} \equiv \frac{1}{2}(F_{i+\frac{1}{2}} - F_{i-\frac{1}{2}})$$
$$\overline{F}_j^{\theta} \equiv \frac{1}{2}(F_{j+\frac{1}{2}} - F_{j-\frac{1}{2}})$$
$$\overline{F}_k^{\eta} \equiv \frac{1}{2}(F_{k+\frac{1}{2}} - F_{k-\frac{1}{2}})$$
$$\overset{+}{F}_{i,j} \equiv \frac{1}{2}(\overline{F}_{i,j}^{\lambda} + \overline{F}_{i,j}^{\theta})$$
$$\overline{F}_{i,j}^{\lambda,\theta} \equiv \frac{1}{2}(\overline{F}^{\lambda}_{i,j+\frac{1}{2}} + \overline{F}^{\lambda}_{i,j-\frac{1}{2}}) = \frac{1}{2}(\overline{F}^{\theta}_{i+\frac{1}{2},j} + \overline{F}^{\theta}_{i-\frac{1}{2},j}) \qquad (ข.28)$$
$$\overline{F}_i^{\frac{1}{2}\Delta\lambda} \equiv \frac{1}{2}(F_{i+\frac{1}{4}} + F_{i-\frac{1}{4}})$$
$$\overline{F}_j^{\frac{1}{2}\Delta\theta} \equiv \frac{1}{2}(F_{j+\frac{1}{4}} - F_{j-\frac{1}{4}})$$
$$\overset{\times}{F}_{i,j} \equiv \frac{1}{2}(F_{i+\frac{1}{4},j+\frac{1}{4}} + F_{i-\frac{1}{4},j-\frac{1}{4}}) \equiv \frac{1}{2}(F_{i+\frac{1}{4},j-\frac{1}{4}} + F_{i-\frac{1}{4},j+\frac{1}{4}})$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**คำอธิบาย E-Grid**

E-Grid คือ การจัดวางตำแหน่ง grid ในรูปแบบที่เรียกว่า staggered กำหนดให้ตัวแปร (U,V) อยู่ตำแหน่งเดียวกัน ส่วนตัวแปรอื่นๆอยู่อีกตำแหน่งหนึ่งดังรูปที่ ข(1) การกำหนด grid แบบนี้เราเรียกว่า " Arakawa E Grid "




รูปที่ ข(1) แสดง Horizontal E-Grid Structure ในแบบจำลองของ Rucong Yu

-จุดสีเหลืองแสดงถึง ค่าสนาม โมเมนตัม (u-wind ,v-wind)

-จุดสีดำแสดงถึงค่าตัวแปรอื่นๆเช่น อุณหภูมิ(Temperature) ความชื้น (moisture)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ | นางสาวทิพย์สุคนธ์ คุ้มแสง |
| วัน เดือน ปี เกิด | 9 กันยายน 2520 |
| ประวัติการศึกษา | สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่6 ที่โรงเรียนอนุบาลพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก ปี 2532<br>สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี จังหวัดพิษณุโลก ปี 2535<br>สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี จังหวัดพิษณุโลก ปี 2538<br>สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2542 |
| ทุนการศึกษา | ได้รับทุนการศึกษาจากโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(พสวท.)<br>ได้รับทุนโครงการพัฒนาอาจารย์ สาขาอุตุนิยมวิทยา และพิบัติภัยธรรมชาติ จากสำนักงานคณะกรรมการงานอุดมศึกษา |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved