

MASS: EL MODEL DE PREDICCIÓ DEL TEMPS DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA

B. CODINA
Universitat de Barcelona

INTRODUCCIÓ

Els models de simulació atmosfèrica han esdevingut una eina essencial en la meteorologia operativa i de recerca durant els darrers vint-i-cinc anys. Avui dia, pràcticament tots els *homes del temps* basen els seus pronòstics en els mapes previstos per algun model numèric. Com que la potència computacional dels ordinadors és limitada i moltes qüestions de la física atmosfèrica no estan encara resoltes, existeixen diverses maneres d'afrontar el problema de la simulació, i això fa que s'hagin formulat molts models numèrics per tractar gran varietat de problemes.

En un extrem de l'espectre hi ha els models de circulació general, que comprenen tot un hemisferi, i que permeten investigar l'evolució a gran escala i a llarg termini de l'atmosfera. A fi d'optimitzar els recursos de computació, la seva resolució espacial és molt grollera i, per tant, han d'incloure parametritzacions de multitud de processos que tenen lloc a escales més petites. Com que els efectes de les escales més petites sobre les escales més grans són difícils d'estimar, la incertesa d'aquests models és molt gran.

En un altre extrem, hi trobem els models d'alta resolució o d'escala de núvol que permeten simular la morfologia i l'evolució de les tempestes. Amb la tecnologia computacional actual aquests models només es poden utilitzar en àrees molt limitades i, en general, no serveixen per fer prediccions en temps real.

Entre aquests dos extrems se situen els models d'escala sinòptica i els de mesoscala. Els primers més a prop dels de circulació general pel que fa al seu abast, i els segons pròxims als d'alta resolució pel detall en les parametritzacions. És probable que el lector estigui familiaritzat amb els models d'escala sinòptica, perquè són els que habitualment fan servir els homes del temps per confeccionar els seus pronòstics. En canvi, no són usuals els models de mesoscala que, tot just ara, es comencen a utilitzar rutinàriament en alguns serveis meteorològics.

El Departament d'Astronomia i Meteorologia de la Universitat de Barcelona posseeix un model de mesoscala que, en l'actualitat, funciona experimentalment, però que, en un futur proper, està previst utilitzar-lo per fer prediccions en temps real més acurades que les actuals, sovint basades en els models d'escala sinòptica que es fan córrer diàriament a molts centres meteorològics europeus.

MODELS DE MESOSCALA

És difícil donar una definició precisa de model de mesoscala. Fa uns quants anys, qualsevol model que tingués una resolució inferior a la dels models operatius era considerat de mesoscala. Així, per exemple, un model que treballés amb resolucions inferiors als 100 km ja tenia aquesta consideració, tot i que, segons la classificació d'Orlanski, aquests models només serien capaços de simular la circulació a escala meso- α .

A mesura que els ordinadors van esdevenir més potents, els científics van anar creant models més sofisticats. Avui dia, com que les resolucions dels models operatius arriben als 80 km, l'objectiu dels models de mesoscala ha passat a ser la meso- β , és a dir, entre els 10 i els 50 km.

Les coses s'han complicat recentment perquè alguns investigadors han començat a fer models a escala de núvol integrats en models d'escala més gran: una mena de models *niuats* o multiescala. Això fa que sigui impossible establir una definició rigorosa de model de mesoscala.

Malgrat que les simulacions a aquests nivells de resolució han experimentat un progrés substancial en els darrers temps, encara persisteixen nombroses àrees problemàtiques que cal afrontar:

1. La dificultat de parametritzar la convecció humida que té lloc a escales inferiors a la de la simulació.
2. La parametrització de la capa fronterera, on es troben arrelats molts núvols convectius.
3. La representació dels processos superficials, especialment els fluxos d'humitat entre el sòl i l'atmosfera.
4. La simulació dels núvols i la seva interacció amb els processos radiatius.
5. La disponibilitat de prou dades per representar els trets bàsics de la circulació mesoscalar a l'inici de la simulació. Tanmateix, la manca de dades inicials tampoc és un problema tan greu. Tot i que generalment s'inicialitzen les simulacions de mesoscala amb les mateixes dades meteorològiques que els models d'escala sinòptica la potència dels models de mesoscala és conseqüència d'una descripció més acurada dels processos que governen la circulació atmosfèrica a aquest nivell. De fet, el seu èxit rau en el fet que una quantitat important dels trets de la mesoscala són deguts a la interacció entre els trets grollers de l'escala resolta per les estacions de la xarxa sinòptica i l'efecte produït per l'escalfament diferencial a nivell de superfície: per exemple, les fronteres terra/aigua, la topografia, etc., que són constants en el temps i perfectament representades.
6. La integració en els models de dades no tradicionals (satèl·lits, radars...).
7. La necessitat imparable d'ordinadors més potents que permetin executar models operatius sense reduir-ne la sofisticació.

EL MODEL MASS

Fruit d'un conveni de col·laboració entre la Fundació Catalana per a la Recerca, l'empresa CLABSA (Clavegueram de Barcelona, SA) i el Departament d'As-

tronomia i Meteorologia de la Universitat de Barcelona, l'any passat es va instal·lar al Cray YMP del Centre de Supercomputació de Catalunya un model americà de predicció numèrica a mesoscala anomenat *MASS* (*Mesoscale Atmospheric Simulation System* o *Sistema de Simulació Atmosfèrica de Mesoscala*).

Es tracta d'un model hidrostàtic en equacions primitives, amb una resolució compresa entre els 10 i els 100 km en l'horitzontal i de 20 a 40 nivells en la vertical, que inclou la parametrització dels processos en la capa límit planetària del balanç radiatiu en ona curta i llarga i dels efectes de la convecció a escala inferior a la que corre el model. Per als més versats en la matèria, la taula següent inclou un resum més detallat de les característiques del model:

Mètodes numèrics
<ul style="list-style-type: none"> • Equacions primitives tridimensionals per a les components horitzontals de la velocitat del vent, la temperatura, la pressió a la superfície i la concentració de vapor d'aigua i gel en els núvols i en la precipitació • Aproximació hidrostàtica • Coordenada vertical σ_p seguint el terreny • Graella tipus Arakawa sobre una projecció estereogràfica • Diferenciació espacial de quart ordre • Esquema endavant-endarrere per als models inercials • Esquema Adams-Bashforth per als termes advection • Capa superior absorbent per esmoreir les ones verticals • Assimilació dinàmica de dades de diverses fonts
Física de la capa fronterera planetària
<ul style="list-style-type: none"> • Parametrització Blackadar d'alta resolució • Balanços detallats d'energia i d'humitat amb un esquema hidrològic de tres capes • Ús de bases de dades d'alta resolució per definir les característiques superficials: albedo, índex de vegetació...
Física de l'aire humit
<ul style="list-style-type: none"> • Equacions de pronòstic per a aigua i gel, tant en els núvols com en la precipitació • Esquema simplificat de la microfísica de núvols • Tres tipus de parametritzacions de la convecció humida: Kuo-Anthes, Kuo modificat i Fritsch-Chappel
Radiació
<ul style="list-style-type: none"> • Parametrització de la radiació d'ona curta i llarga en el balanç d'energia superficial i en l'atmosfera lliure. S'inclou la interacció amb els núvols i la precipitació

Una altra propietat interessant del model és que pot funcionar niuat; és a dir, els resultats obtinguts en una simulació a escala més gran es poden utilitzar tot seguit per efectuar una simulació a escala més petita.

El MASS, a més de contenir la formulació per simular el component de l'atmosfera una vegada fixat el seu estat inicial, també inclou un mòdul especial per representar correctament l'estat inicial de l'atmosfera a partir de dades meteorològiques brutes.

EXECUCIÓ D'UNA SIMULACIÓ

Tot seguit es resumeixen els passos que se segueixen per desenvolupar una simulació amb el model MASS:

1. Es discretitza la regió on s'efectuarà la simulació, en forma de xarxa o graella tridimensional. A les interseccions de la base de la graella, se'ls assigna, per interpolació, un valor determinat de les propietats superficials (altitud sobre el nivell del mar, índex de vegetació, ús del sòl, temperatura mitjana de l'aigua del mar, etc.). Aquest procés dura uns 10 segons en el Cray del Centre de Supercomputació de Catalunya, i només s'ha de fer una vegada cada quinze dies.
2. Es normalitzen les observacions meteorològiques. Les dades per inicialitzar el model provenen de la xarxa sinòptica internacional i de les estacions de radiosondatge. Cal depurar aquestes dades brutes i posar-les en uns fitxers normalitzats abans de poder-les utilitzar. En un Cray això dura aproximadament uns 40 segons.
3. S'assignen valors de les variables meteorològiques (temperatura, pressió, humitat i vent) a cada punt de la xarxa tridimensional. Com que això es fa pel mètode de la interpolació òptima, cal disposar, prèviament, d'estimacions d'aquestes dades a cada punt d'aquesta xarxa. Aquestes estimacions s'obtenen a partir de la sortida numèrica d'algun model d'escala més gran, com el model hemisfèric americà, o els pronòstics a mig termini del centre europeu de predicció del temps. La durada d'aquest procés és d'uns 4 minuts.
4. S'estableixen les condicions de contorn que regiran durant la simulació a partir de la sortida numèrica dels models numèrics esmentats a l'apartat anterior. Temps d'execució: 2 minuts.
5. Un cop acabat el procés d'inicialització s'executa el model pròpiament dit, que va calculant, a cada punt de la xarxa, el valor de les variables meteorològiques a intervals de temps regulars. En altres paraules, el model va calculant l'estat de l'atmosfera en funció del temps. En el nostre cas, utilitzant una xarxa de 20 nivells sobre una regió de 55 files i 55 columnes, amb una resolució de 55 km al punt central, el temps per fer una simulació de 24 hores és d'uns 80 minuts.
6. Les dades obtingudes en l'apartat anterior s'utilitzen per inicialitzar una nova simulació en una regió més petita compresa en la regió anterior: és l'anomenada *simulació niuada*. Fent servir una xarxa de 20 nivells, sobre una superfície de 55 files i 55 columnes, amb una resolució de 10 km al punt central, el temps de càlcul per a una simulació de 24 hores és de 4,5 hores. La considerable diferència entre aquesta simulació i la d'escala més gran és deguda al fet que el temps d'integració i la resolució del model no es poden prendre arbitràriament. En el nostre cas, el pas de temps és de 9 segons en la simulació a gran escala i de 15 segons en la niuada.

A les figures 1 i 2, s'hi representen les regions corresponents a les simulacions a gran escala i niuades, respectivament.

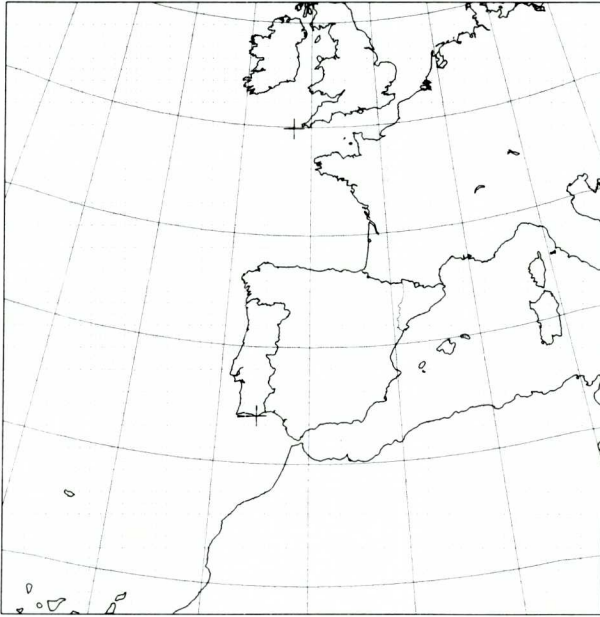


FIGURA 1. Marc geogràfic de la simulació a gran escala.

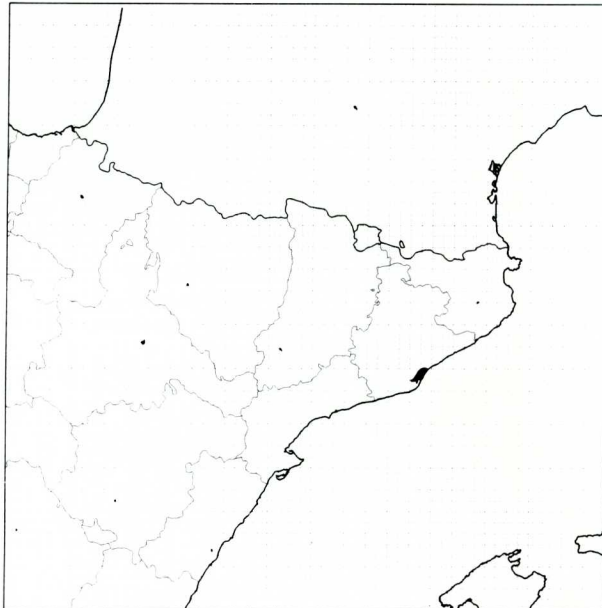


FIGURA 2. Marc geogràfic de la simulació niuada.

LES EXPECTATIVES DEL MASS

Durant el primer període de rodatge amb el MASS, s'han fet una sèrie de simulacions per avaluar-ne les capacitats predictives. A la ponència es mostraran alguns dels camps pronosticats pel model corresponents a diverses situacions meteorològiques, i es posarà en relleu l'èxit del model en la predicció dels aiguats del 10 d'octubre de 1994.

Per al proper any s'ha previst desenvolupar una campanya intensiva de simulacions diàries per acabar de confirmar la superioritat de les prediccions fetes amb el MASS, respecte als models sinòptics, a una escala més gran a la que actualment es fan les prediccions rutinàries del temps, i per estudiar la viabilitat d'utilitzar operativament el model.

Si els resultats d'aquesta campanya de simulacions són tan encoratjadors com els obtinguts fins ara, es dissenyarà un protocol per tal d'utilitzar el MASS com a eina operativa de predicció del temps a l'àmbit de Catalunya. Evidentment, això requerirà la depuració i la compactació del codi font actual del model, a fi de reduir-ne el temps d'execució i també la instauració d'algun mecanisme per alimentar el model amb dades meteorològiques brutes en temps real.