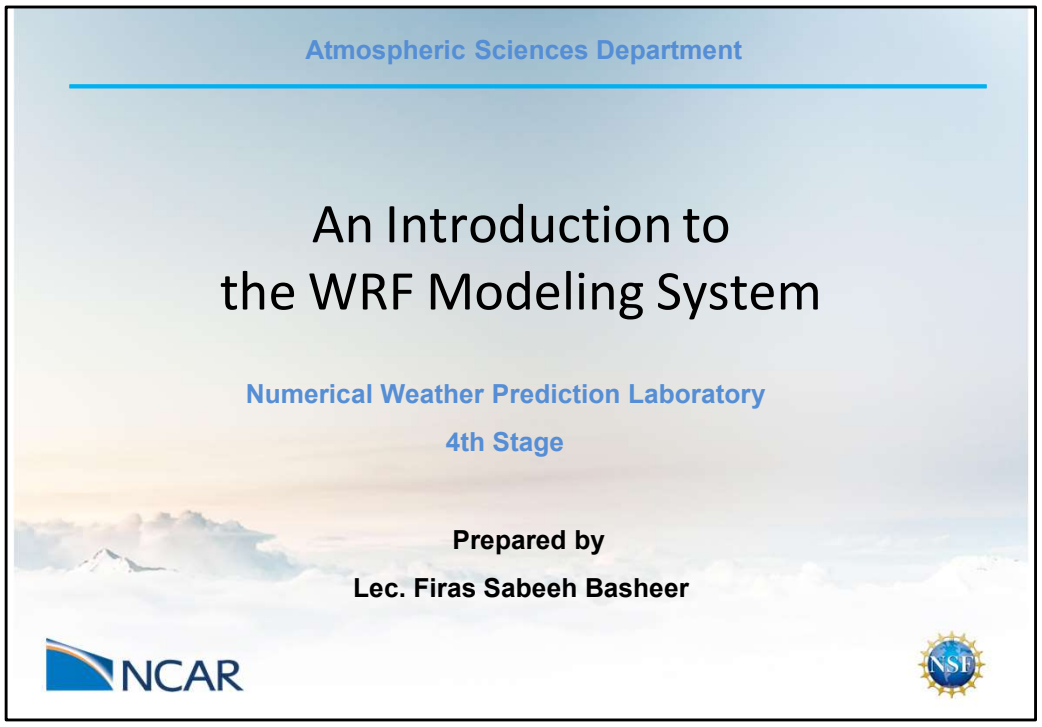


مقدمة لنظام نمذجة WRF

تعتمد هذه المادة على عمل مدعوم من المركز الوطني لأبحاث الغلاف الجوي National Center for Atmospheric Research (NCAR)

Outline

- What is WRF?
  - A brief history of WRF
  - WRF applications
- Some basic concepts about limited area modeling
- What does WRF look like to you, the user?
- What is covered in this tutorial?
- What should you expect to gain from this tutorial?

ما هوWRF ؟
- تاريخ موجز لـ WRF
- تطبيقات WRF

بعض المفاهيم الأساسية حول نمذجة المناطق المحدودة .
كيف يبدو نظام WRF بالنسبة لك كمستخدم؟
ما الذي تغطيه هذه الدراسة ؟
ما الذي يتوقع أن تكتسبه من هذا التدريب؟

What is WRF?

- WRF: Weather Research and Forecasting Model
- It is a supported "community model", i.e. a free and shared resource with distributed development and support
- Its development is led by NCAR, NOAA/ESRL and NOAA/NCEP/EMC with partnerships at AFWA, FAA, DOE/PNNL and collaborations with universities and other government agencies in the US and overseas

Mesoscale & Microscale Meteorology Laboratory / NCAR

3

ما هوWRF ؟

WRF:هو نموذج البحث والتنبؤ بالطقس .(Weather Research and Forecasting Model)
هو "نموذج مجتمعي" مدعوم، أي أنه مورد مجاني ومشترك مع تطوير ودعم موزعين .
يقود تطويره المركز الوطني لأبحاث الغلاف الجوي(NCAR) ، National Center for Atmospheric Research
والإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي(NOAA) ، National Oceanic and Atmospheric Administration
بالتعاون مع جهات مثل سلاح الجو الأمريكي(AFWA)، Air Force Weather Agency
وإدارة الطيران الفيدرالية(FAA) Federal Aviation Administration ، ووزارة الطاقة U.S. Department of Energy (DOE)، المختبر الوطني في شمال غرب المحيط الهادئ Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)
بالإضافة إلى جامعات ووكالات حكومية أخرى داخل وخارج الولايات المتحدة .

WRF Community Model

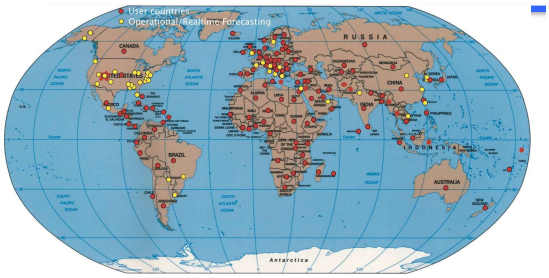
- Version 1.0 WRF was released December 2000
- Version 2.0: May 2004 (added nesting)
- Version 3.0: April 2008 (added global ARW version)
- … (major releases in April, minor releases between)
- Version 3.9: April 2017 (added hybrid v. coord)
  - Version 3.9.1 (August 2017)
- Version 4.0 (June 2018)
  - Version 4.0.1 (October 2018) – bug-fix release
  - Version 4.0.2 (November 2018) – bug-fix release
  - Version 4.0.3 (December 2018) – bug-fix release
- Version 4.1 (April 2019)
  - Version 4.1.1 (June 2019) – bug-fix release
  - Version 4.1.2 (July 2019) – bug-fix release
  - Version 4.1.3 (Nov 2019) – current release
- Version 4.7.1 (June 2025) – last major release
  - Version 4.2.1 (June 2025) – bug-fix release

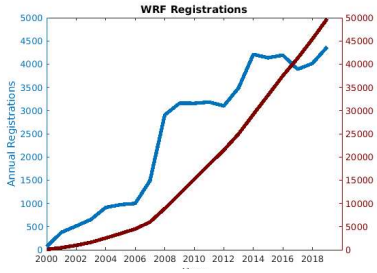
إصدارات النموذج

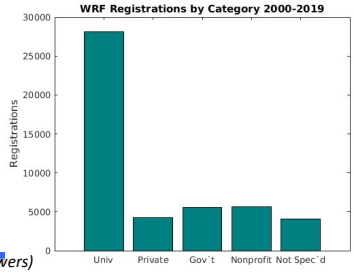
تم إصدار النسخة الأولى (Version 1.0) في ديسمبر 2000 .

تم تحديث النموذج إلى النسخة 4.7.1 في 2 يوليو 2025، وهي نسخة مخصصة لإصلاح الأخطاء (Bug-fix release).

WRF Users







As of Dec 2025:
No. of countries: 190
No. of users: 60000
US: 15000 (~ 25%)
Foreign: 45000

(From Powers)

Mesoscale & Microscale Meteorology Laboratory / NCAR

5

إحصائيات المستخدمين
حتى ديسمبر 2025:
عدد الدول: 190 دولة .
عدد المستخدمين: 60,000 مستخدم .
المستخدمون من الولايات المتحدة: حوالي 25%، والبقية (45,000) من دول أجنبية .
لقد نما مجتمع مستخدمي **WRF**بما يقارب **8,000 مستخدم جديد** بين عامي 2020 و2025. تمثل **الولايات المتحدة بشكل ثابت حوالي ربع قاعدة المستخدمين**.
الغالبية العظمى من المستخدمين هم **باحثون ومؤسسات دولية**، مما يعكس الانتشار العالمي لـ WRFفي مجالات الطقس والمناخ ودراسات جودة الهواء.

What is WRF-ARW?

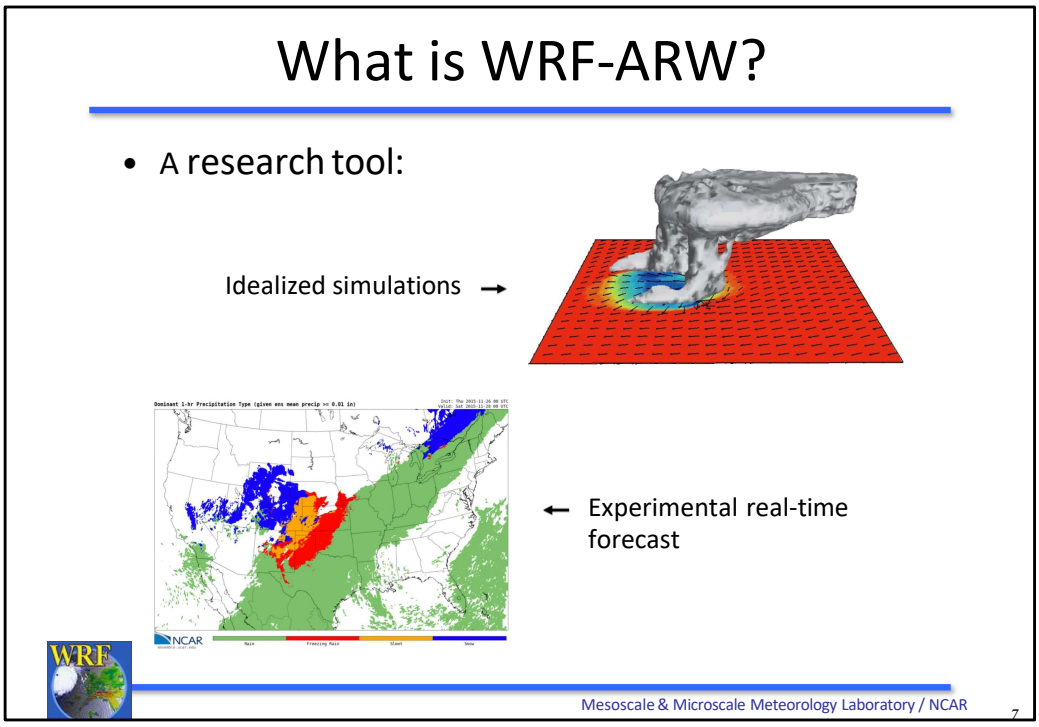
- WRF has two dynamical cores: The Advanced Research WRF (ARW) and Nonhydrostatic Mesoscale Model (NMM)
  - Dynamical core includes mostly advection, pressure-gradients, Coriolis, buoyancy, filters, diffusion, and time-stepping
- ARW development, maintenance and support are centered at NCAR/MMM
- NMM development was centered at NCEP/EMC and support is provided by NCAR/DTC (now only used for HWRF)
- This tutorial is only for the ARW core

ما هو WRF-ARW ؟

يحتوي WRF على نواتين ديناميكيتين للأبحاث المتقدمة (ARW) ونموذج المقياس الميزو غير الهيدروستاتيكي (NMM).

تركز هذه الدراسة التدريبية فقط على نواة ARW.

تطوير وصيانة ودعم ARW ممركز في مختبر MMM التابع لـ NCAR.



استخدامات WRF-ARW

أداة بحثية :

1- التنبؤ التجريبي في الوقت الحقيقي

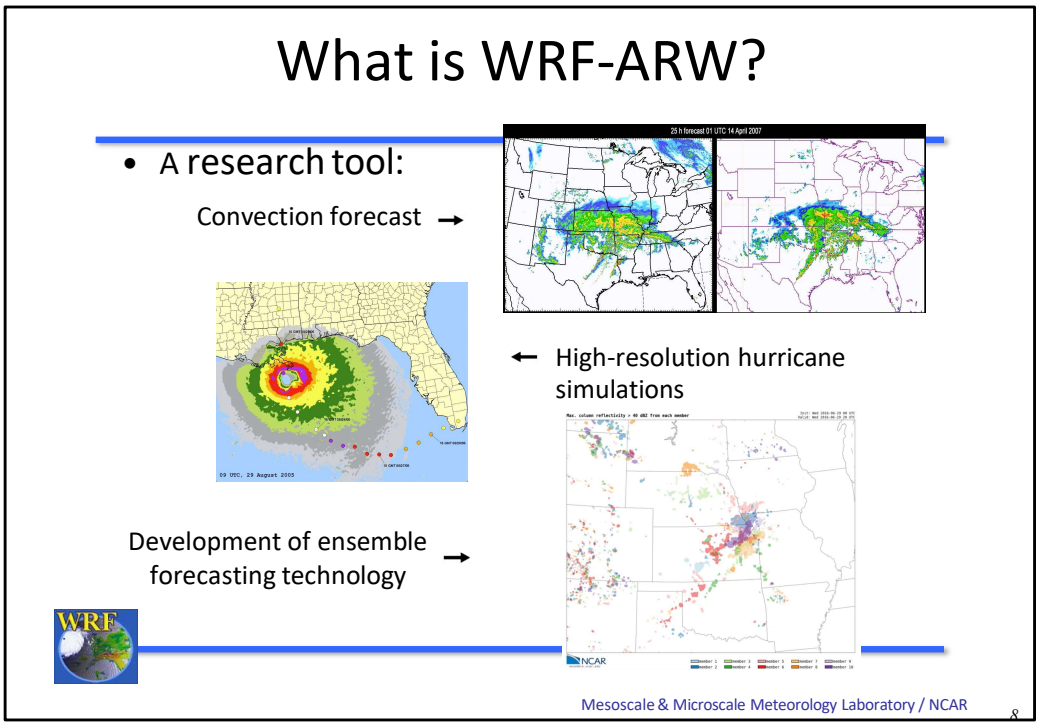
2- المحاكاة المثالية

يمكن استخدام النموذج لدراسة الظواهر الجوية باستخدام ظروف أولية مثالية.

تُظهر هذه الصورة محاكاة ثلاثية الأبعاد لعاصفة رعدية فائقة.

يمكن استخدام النموذج للتنبؤ التجريبي في الوقت الفعلي.

تُظهر هذه الصورة أنواع الهطول من تنبؤ جماعي.



استخدامات WRF-ARW

أداة بحثية :

3- محاكاة الأعاصير عالية الدقة

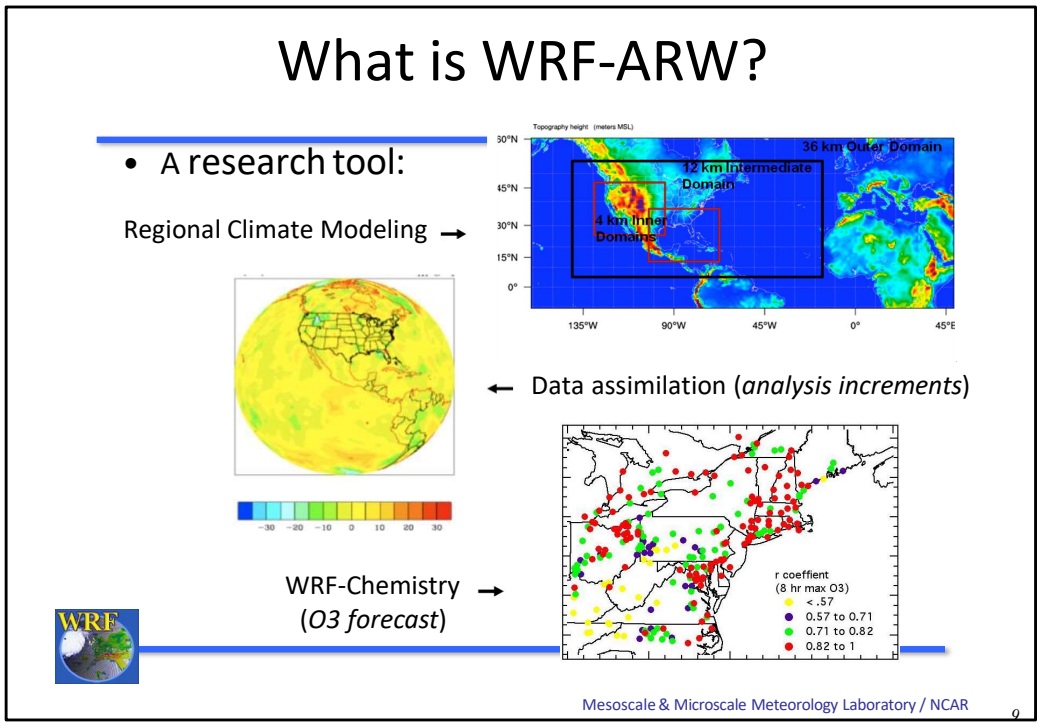
4- تطوير تقنيات التنبؤ التجميعي

5- التنبؤ بالحمل الحراري

يُستخدم النموذج غالبًا لمحاكاة الحمل الحراري القاري، كما هو موضح في هذه الصورة التي تُظهر انعكاسية الرادار المُحاكاة مقارنةً بانعكاسية الرادار الفعلية.

أو إعصار يضرب اليابسة، كما هو موضح في هذا الرسم البياني لرياح السطح المُحاكاة.

يُستخدم هذا النموذج أيضًا لتطوير منتجات التنبؤ الجماعي، مثل النموذج الموضح هنا لانعكاسية العمود التي تزيد عن 40 ديسيبل من أعضاء مجموعة تنبؤ الحمل الحراري الصريح.



استخدامات WRF-ARW

أداة بحثية :

6- استيعاب البيانات

7- النمذجة المناخية الإقليمية

8- الكيمياء الجوية (مثل التنبؤ بالأوزون)

كما يحظى النموذج بشعبية واسعة في أبحاث المناخ الإقليمي، وتطوير محاكاة البيانات، ومحاكاة العمليات الكيميائية.

What can WRF be used for?

- A tool for research
  - Develop and test physical parameterizations
  - Case-study research for specific weather events
  - Regional climate studies
  - Coupled-chemistry, fire, and hydrological applications
  - Data assimilation research
  - Teaching modeling and NWP

- A tool for numerical weather prediction
  - Hind-casting
  - Real-time (operational) forecasting
  - Forecasting for wind, solar and air quality (online and offline)

Mesoscale & Microscale Meteorology Laboratory / NCAR 10

تطبيقاتWRF

1- أداة بحثية:

1. تطوير واختبار معاملات فيزيائية
2. دراسات حالة لأحداث جوية محددة
3. دراسات مناخية إقليمية
4. تطبيقات مقترنة (كيمياء، حرائق، هيدرولوجيا)
5. أبحاث استيعاب البيانات
6. التعليم في النمذجة والتنبؤ العددي للطقس

2- أداة للتنبؤ العددي بالطقس:

1. إعادة التنبؤ(Hind-casting)
2. التنبؤ التشغيلي في الوقت الحقيقي
3. التنبؤات الخاصة بالرياح والطاقة الشمسية وجودة الهواء

باختصار، يُمكن استخدام النموذج لتطوير واختبار المعلمات الفيزيائية، ودراسة التدفقات الجوية، والظواهر الجوية الخاصة، والمناخ الإقليمي،
والبحوث التي تستخدم نماذج الكيمياء والهيدرولوجيا والحرائق المتكاملة، بالإضافة إلى استيعاب البيانات.
وقد استُخدم النموذج كأداة تعليمية في دورات التنبؤ العددي بالطقس. في العديد من المؤسسات، يُستخدم النموذج للتنبؤ بالطقس المحلي،
والتنبؤ بطاقة الرياح والطاقة الشمسية، والتنبؤ بجودة الهواء، سواءً عبر الإنترنت أو خارجه.

Some basic concepts

- How does a model work and what does time integration mean?

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = F(A)$$

ΔA = change in a forecast variable at a particular point in space

$F(A)$ = represents the dynamical and physical processes that can change the value of A

Δt = change in time

So a forecast is

$$A^{forecast} = A^{initial} + F(A)\,\Delta t$$

$$A^{N} = A^{initial} + F_1(A)\,\Delta t + F_2(A)\,\Delta t \ldots + F_N(A)\,\Delta t$$

(adapted from COMET)

مفاهيم أساسية

كيف يعمل النموذج؟

التنبؤ = الحالة الابتدائية + العمليات الديناميكية والفيزيائية × الزمن

كيف يعمل النموذج العددي؟ يبدأ النموذج العددي بحالة الغلاف الجوي، ثم يتقدم زمنيًا بحثًا عن حل في وقت مستقبلي، استنادًا إلى المعادلة الحاكمة للنموذج والفيزياء المستخدمة.

من حيث المبدأ، يمكن تصور النموذج في صورة معادلة تفاضلية بسيطة. هنا، A متغير نرغب في إيجاد حله المستقبلي، وt هو الزمن، وF هو القوة المؤثرة. وكما هو موضح في هذه المعادلة،

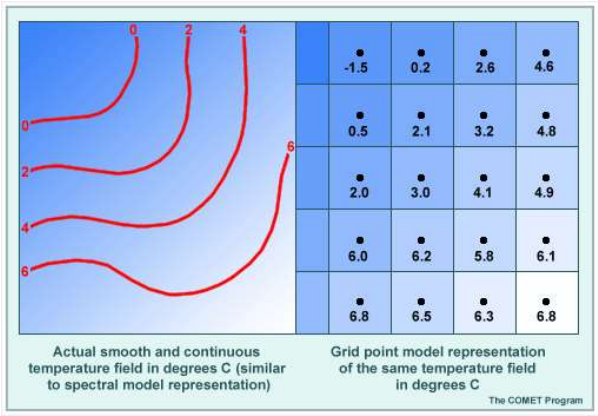
فإن تغير المتغير A مع الزمن يعتمد على القوة المؤثرة F، التي تمثل في نموذجنا جميع العمليات الجوية، الديناميكية والفيزيائية. وبالتالي، يمكن كتابة حل A في وقت مستقبلي على أنه قيمة Aعند نقطة البداية،

أي الشرط الابتدائي، مضافًا إليها القوة المؤثرة في النموذج مضروبةً في خطوة الزمن، Δt. ولأن القوة المؤثرة تتغير مع الزمن، لا يمكن الحصول على حل A في المستقبل بخطوة زمنية واحدة.

في هذا النموذج، يتم الحصول على الحل عبر خطوات زمنية عديدة، وهو ما يُعرف بالتكامل الزمني، كما هو موضح في المعادلة التالية. ستسمعوننا نتحدث كثيرًا عن الشروط الابتدائية للنموذج والتكامل الزمني في هذا الدراسة.

Some basic concepts

- How are data represented, and equations solved on a model grid?

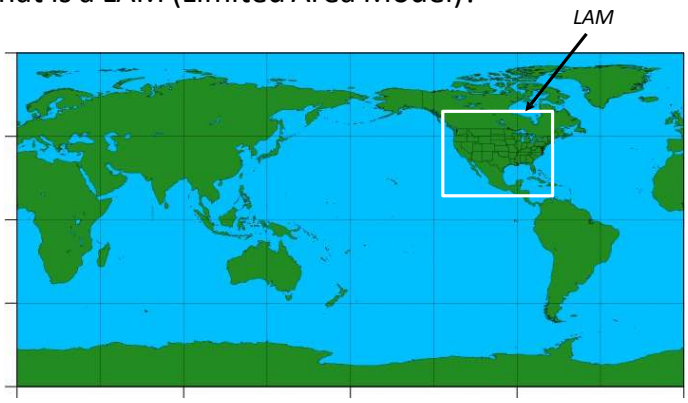


(from COMET)

الآن لدينا فكرة عن كيفية حصول النموذج العددي على حله. قد نتساءل عن كيفية تمثيل بيانات الغلاف الجوي في النموذج. هنا على اليسار، تُظهر الخطوط الحمراء درجات الحرارة التي يمكن رسمها على خريطة سطحية،
والتي تبدو سلسة ومتصلة. في النموذج العددي، تُمثل البيانات بقيمة واحدة فقط لكل خلية شبكية، كما هو موضح على اليمين،
وهي عملية تُسمى التقطيع. ويتم حل معادلات النموذج على هذه الخلايا الشبكية المُقطعة. يمكن تفسير القيمة في الخلية الشبكية على أنها قيم تمثيلية لمتوسطات تلك الخلية.

Some basic concepts

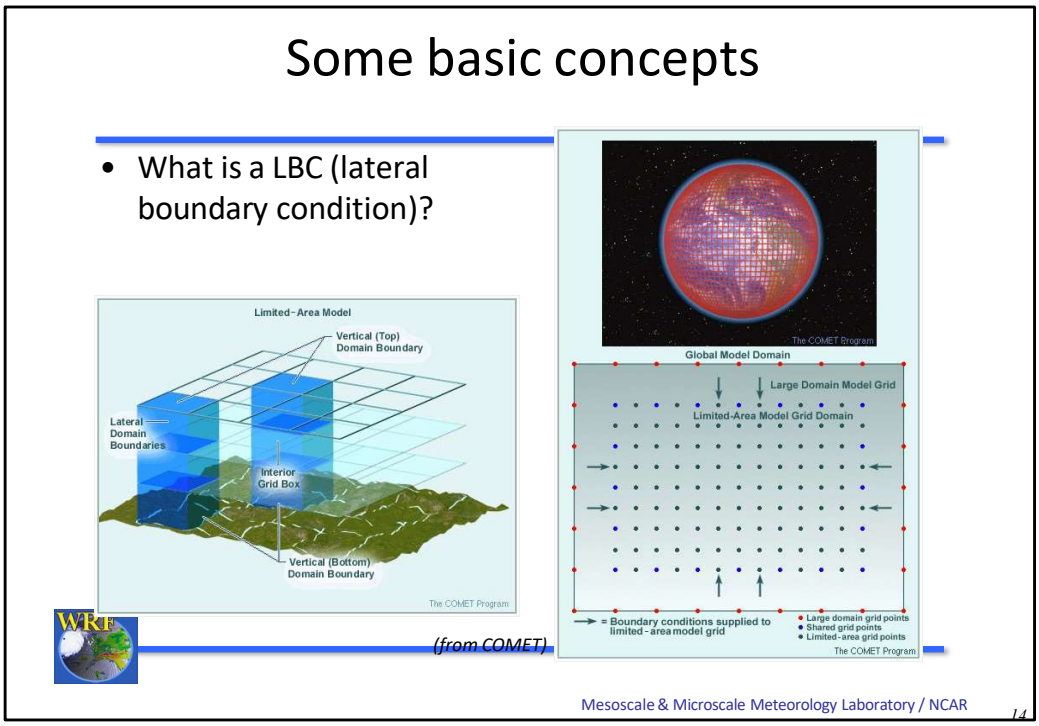
- What is a LAM (Limited Area Model)?



Global Model

النمذجة في النطاق المحدود:(LAM)

تعتمد على نماذج عالمية مع حدود جانبية(LBC)



النمذجة في النطاق المحدود:(LAM)

تعتمد على نماذج عالمية مع حدود جانبية(LBC)

الآن سنتحدث عن نموذج المنطقة المحدودة، وهو ما يُمثله نموذج WRF. تُظهر هذه الصورة خريطة للعالم. بالنسبة للنموذج العالمي، يحتاج النموذج إلى حالة ابتدائية للبدء، وهذا كل ما يحتاجه.

بالنسبة لنموذج منطقة محدودة أو نموذج إقليمي، من الواضح أن ذلك غير كافٍ. فبالإضافة إلى الحالة الأولية للغلاف الجوي داخل نطاق المنطقة المحدودة، نحتاج إلى معلومات تُبيّن لنا ما يحدث خارجها. وهنا يبرز مفهوم شرط الحدود الجانبية. يحتاج نموذج المنطقة المحدودة إلى بيانات من نموذج عالمي لتحديد حالة التدفق خارج النموذج الإقليمي.

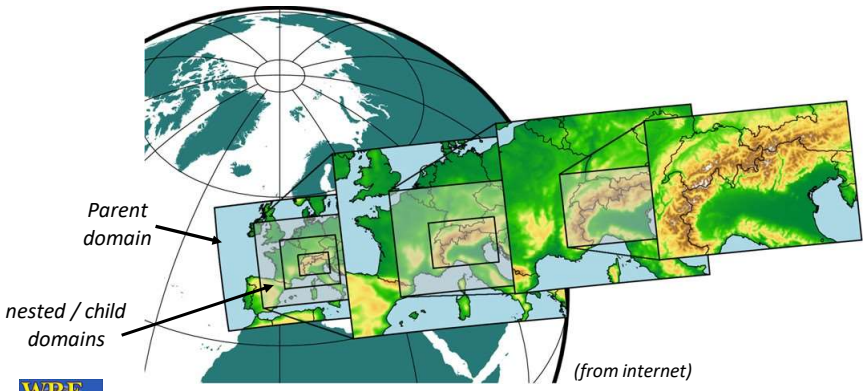
تُضاف البيانات العالمية إلى النموذج الإقليمي كبيانات عند الحدود الجانبية، كما هو موضح بالنقاط الزرقاء في هذا الشكل، والتي نسميها شرط الحدود الجانبية. هذا الشكل هو مجرد تمثيل ثلاثي الأبعاد لنموذج منطقة محدودة.

من الواضح أيضًا أننا نحتاج إلى البيانات عند الحدود الجانبية، ليس فقط في بداية النموذج، بل طوال فترة المحاكاة. إضافةً إلى ذلك، نحتاج إلى مراعاة الحد السفلي للنموذج.

فوق اليابسة، نحتاج إلى معرفة ما يحدث أسفل طبقات التربة السفلى. فوق الماء، غالبًا ما نحتاج إلى تحديد درجة حرارة سطح البحر أو الجليد البحري إذا لم يتوفر لدينا نموذج للمحيطات أو الجليد البحري.

Some basic concepts

- Nesting in limited area model

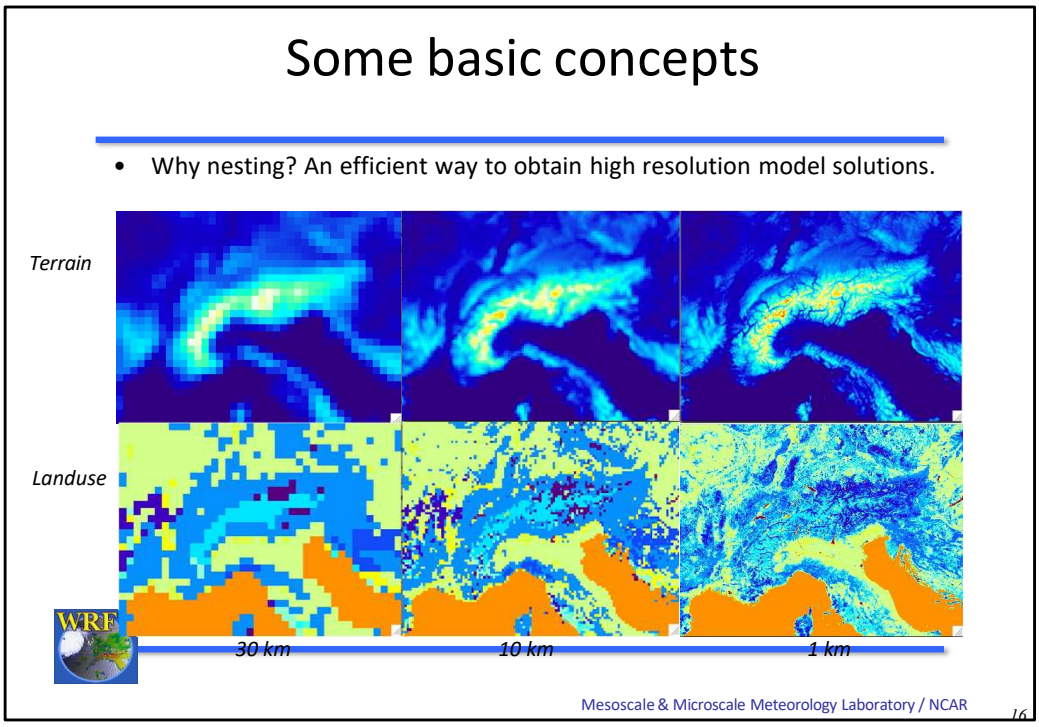


Mesoscale & Microscale Meteorology Laboratory / NCAR 15

. ضمن نموذج المنطقة المحدودة، يمكن إضافة نطاق آخر بدقة عالية، وهي طريقة تُعرف باسم التداخل. يمكن تشبيه التداخل في نموذج المنطقة المحدودة بتداخله في نموذج عالمي.

الفرق هو أن النطاق المتداخل في نموذج المنطقة المحدودة يُشغَّل مع نطاقه الأصلي، وبالتالي تُحدد قيم حدوده بواسطة النطاق الأصلي في كل خطوة زمنية.

يمكن تكرار عملية التداخل لنطاقات متعددة بدقة متزايدة تدريجيًا، كما هو موضح في هذه الصورة، التي تحتوي على أربعة نطاقات وثلاثة نطاقات متداخلة.



التداخل (Nesting):

وسيلة فعالة للحصول على حلول عالية الدقة عبر مجالات متداخلة (30 كم → 10 كم → 1 كم)

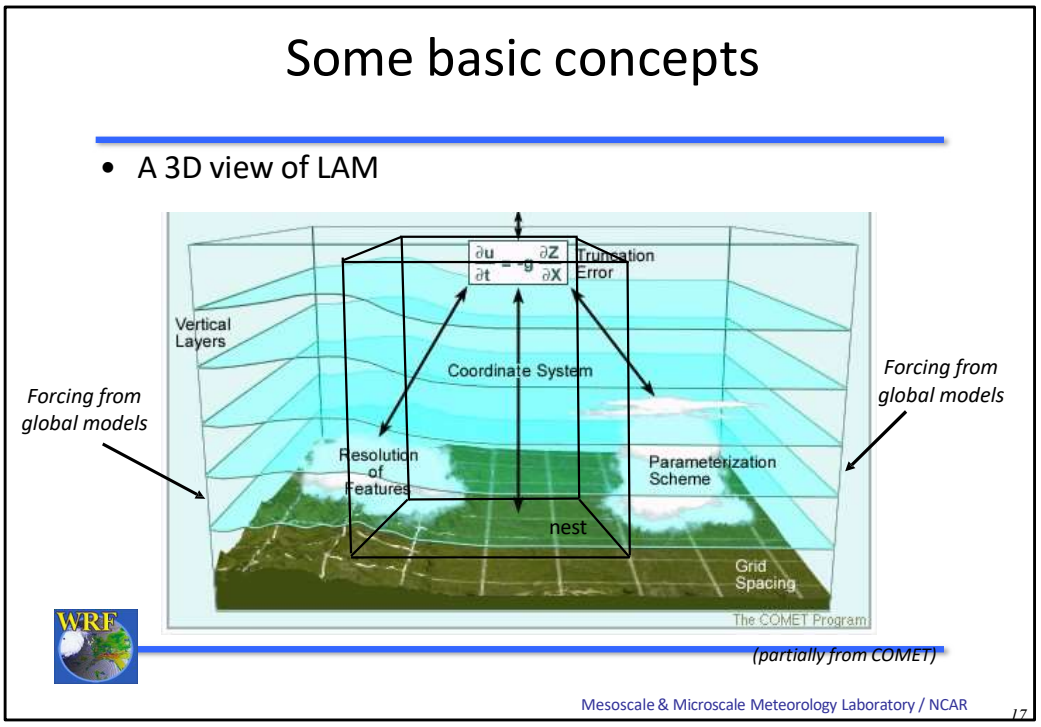
لماذا نستخدم التداخل؟ يُعد التداخل، إذا طُبِّق بشكل صحيح، طريقة فعالة لإنتاج حل نموذجي بدقة أعلى في منطقة محددة. في المنطقة ذات الدقة الأعلى،

يستطيع النموذج تمثيل التأثيرات السطحية بشكل أفضل، مثل التضاريس واستخدامات الأراضي ذات الدقة العالية. يُظهر الرسم البياني العلوي هنا التضاريس التي يمثلها النموذج بدقة 30 كيلومترًا، بينما يُظهر الرسم البياني السفلي استخدامات الأراضي. كما تلاحظ، يغطي هذا النطاق أوروبا وجبال الألب. عندما يقل حجم الشبكة إلى عشرة كيلومترات، نلاحظ تحسنًا في تمثيل التضاريس واستخدامات الأراضي. وعند الانتقال إلى حجم شبكة كيلومتر واحد، يصبح تمثيل المعالم أفضل.الآن، يمكنك رؤية الوديان في جبال الألب، وتصبح الخطوط الساحلية أكثر وضوحًا. عند دقة نموذج أعلى، يمكن أيضًا تمثيل خصائص تدفق الغلاف الجوي بشكل أفضل من خلال ديناميكيات النموذج.

قد تتساءل: "إذا كانت الحلول الناتجة عن نماذج ذات دقة أعلى أفضل، فلماذا لا نستخدم جميعًا نماذج ذات دقة أعلى؟" أحد الأسباب المهمة هو أن تشغيل نماذج ذات دقة أعلى يكلف أكثر بكثير.

فعند تغطية نفس المساحة والحفاظ على نفس عدد المستويات الرأسية، يكلف نموذج بدقة عشرة كيلومترات حوالي سبعة وعشرين ضعفًا مقارنة بنموذج بدقة ثلاثين كيلومترًا. أما نموذج الكيلومتر الواحد فيكلف ألفًا.

وأضعاف ذلك مقارنةً بنموذج العشرة كيلومترات.



قد يكون من المفيد أحيانًا رؤية نطاقنا المحدود في عرض ثلاثي الأبعاد. هنا، يُمثل المربع نطاقنا المحدود. يُظهر المربع الشبكة الأفقية للنموذج في الأسفل،
والتضاريس التي تتبع الإحداثيات الرأسية كما هو موضح بالأسطح الزرقاء الفاتحة، والتأثيرات من النماذج العالمية على الحدود الجانبية للمربع.
كما يُذكرنا هذا بوجود بعض العمليات التي يُمكن للنموذج تمثيلها أو حلها، مثل ميزة السحب الطبقية على الجانب الأيسر من المربع. وهناك عمليات أخرى لا يُمكن للنموذج حلها،
مثل السحب الحملية الظاهرة على الجانب الأيمن من المربع.
بالنسبة للعمليات التي لا يُمكن للنموذج تمثيلها أو حلها بشكل صريح، نقوم بتحديد معاييرها أو تصفيتها.
المربع الأسود في المنتصف هو مجرد توضيح لنطاق متداخل.

What does WRF look like to a user?

- A set of programs (mostly in Fortran) and executables
  - No GUI;
  - Command-line;
  - Simple graphic tools to use along the way.

كيف يبدو WRF للمستخدم؟

مجموعة برامج) معظمها بلغة(Fortran

لا يحتوي على واجهة رسومية GUI

، كيف يبدو العمل مع نموذج WRF؟ أولًا، برامج نظام النمذجة ليست مدفوعة بواجهة رسومية. نحن نعمل على محطات طرفية Unix ونستخدم أوامر Unix لتشغيل النموذج.

What does WRF look like to a user?

- A set of programs (mostly in Fortran) and executables
  - No GUI;
  - Command-line;
  - Simple graphic tools to use along the way.

```
> tar -xf WRF-4.1.2.tar.gz
> cd WRF-4.1.2
> configure
> compile em_real >& compile.log &
> cd run/
> ln -s ../../WPS-4.1/met_em.d01.* .
> mpirun -np 4 real.exe
> ls -l wrfinput* wrfbdy*
> mpirun -np 8 wrf.exe
```

كيف يبدو WRF للمستخدم؟

مجموعة برامج) معظمها بلغةFortran)

لا يحتوي على واجهة رسوميةGUI

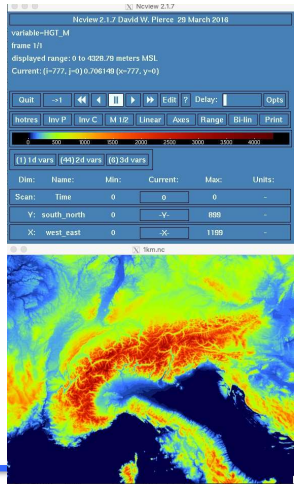
يعتمد على سطر الأوامر

لذلك سنتعلم كيفية الكتابة وسنرتكب الكثير من الأخطاء على طول الطريق. نستخدم أيضًا أدوات رسومية بسيطة لعرض وفحص البيانات التي تُنشئها برامج أنظمة النمذجة المختلفة.

يتميز نظام النمذجة بوظائف متعددة، وهناك طرق عديدة لتشغيل النموذج. يتطلب الأمر اتخاذ قرارات في كل خطوة، مثل تحديد بيانات الإدخال، وكيفية تكوين النطاق، وخيارات النموذج الأنسب للتطبيقات. كما أن اتباع أفضل الممارسات ضروري. الآن، سنقدم برنامج نظام نمذجة WRF.

What does WRF look like to a user?

- A set of programs (mostly in Fortran) and executables
  - No GUI;
  - Command-line;
  - Simple graphic tools to use along the way.



كيف يبدو WRF للمستخدم؟

مجموعة برامج) معظمها بلغة(Fortran

لا يحتوي على واجهة رسومية GUI

يعتمد على سطر الأوامر

أدوات رسومية بسيطة للمساعدة

يتطلب قرارات في كل خطوة (بيانات الإدخال، إعداد النطاق، خيارات النموذج)

يحتاج إلى اتباع أفضل الممارسات

نستخدم أيضًا أدوات رسومية بسيطة لعرض وفحص البيانات التي تُنشئها برامج أنظمة النمذجة المختلفة.

What does WRF look like to a user?

- A set of programs (mostly in Fortran) and executables
  - No GUI;
  - Command-line;
  - Simple graphic tools to use along the way.
- The modeling system programs have many functionalities
  - Many different ways to run a model;
  - Decisions needed at every step (input data, domain configuration, model options, etc.);
  - Best practices required.

كيف يبدو WRF للمستخدم؟

مجموعة برامج) معظمها بلغةFortran)

لا يحتوي على واجهة رسوميةGUI

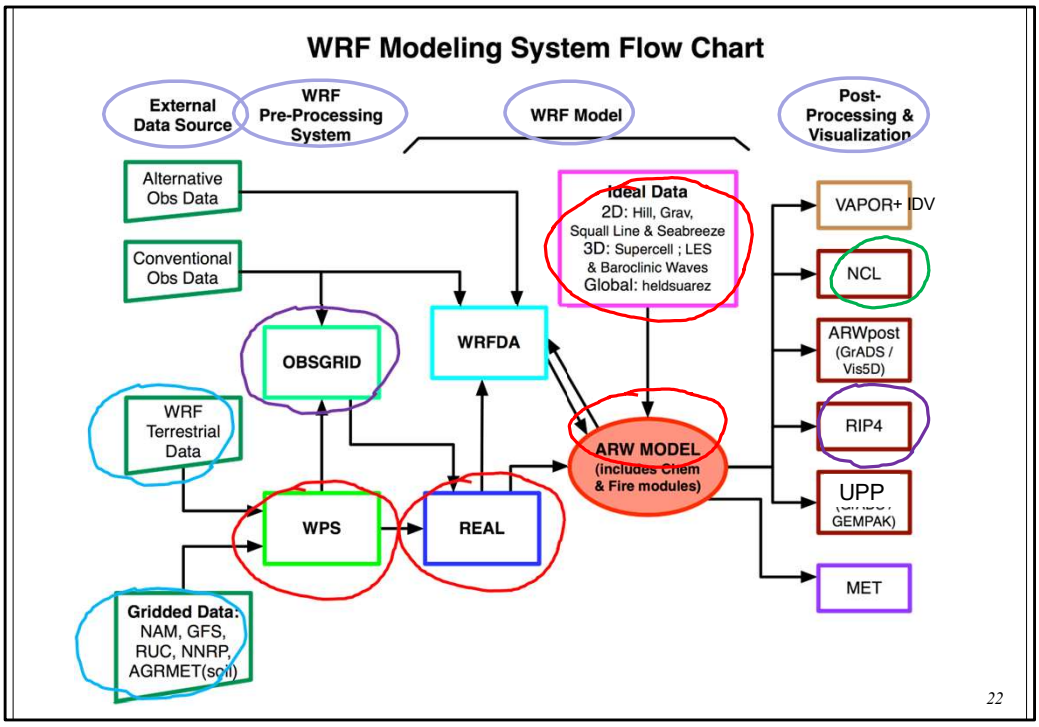
يعتمد على سطر الأوامر

أدوات رسومية بسيطة للمساعدة

يتطلب قرارات في كل خطوة (بيانات الإدخال، إعداد النطاق، خيارات النموذج)

يحتاج إلى اتباع أفضل الممارسات

يتميز نظام النمذجة بوظائف متعددة، وهناك طرق عديدة لتشغيل النموذج. يتطلب الأمر اتخاذ قرارات في كل خطوة، مثل تحديد بيانات الإدخال، وكيفية تكوين النطاق، وخيارات النموذج الأنسب للتطبيقات. كما أن اتباع أفضل الممارسات ضروري. الآن، سنقدم برنامج نظام نمذجة WRF.



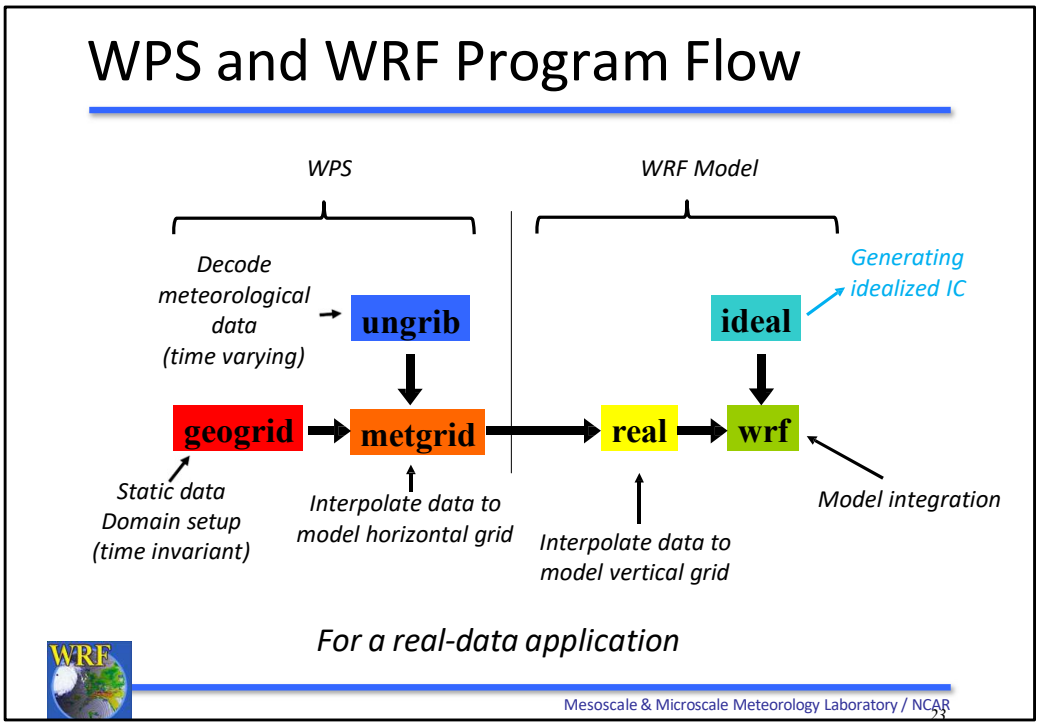
المخطط الانسيابي لعملWRF

يوضح هذا المخطط الانسيابي البرامج وتدفق البيانات في نظام النموذج. لدينا نموذج WRF، وبرامج المعالجة المسبقة، وبرامج المعالجة اللاحقة والتصور، والبيانات اللازمة لاستخدام البرامج المختلفة في النظام.

سنتناول هذه البرامج بتفصيل دقيق. هذه هي نماذج WRF نفسها، ولكن ليس الكيمياء وAFire. نظام المعالجة المسبقة لـ WRF. أداة واحدة للمعالجة اللاحقة، NCL.

سنتحدث عن البيانات المطلوبة لتشغيل النموذج في كل من البيانات الأرضية والأرصاد الجوية.

سنتناول بإيجاز برنامجي obsgrid، وهو برنامج لتحليل البيانات الموضوعية، وrib4 لحساب التشخيصات ورسم البيانات.



المخطط الانسيابي لعملWRF و WPS نظام المعالجة المسبقة:

geogrid:إعداد البيانات الثابتة

ungrib:فك ترميز بيانات الطقس

metgrid:إدخال البيانات إلى شبكة النموذج

WRF Model:

real:إعداد الظروف الابتدائية والحدودية

wrf:التكامل العددي للنموذج

ideal:توليد ظروف مثالية

فيما يلي نظرة أقرب على نظام المعالجة المسبقة لنموذج WRF وبرامجه.

يُستخدم برنامج geogrid لتصميم نطاق المحاكاة، كما يُستخدم لاستكمال البيانات الأرضية على نطاق النموذج.

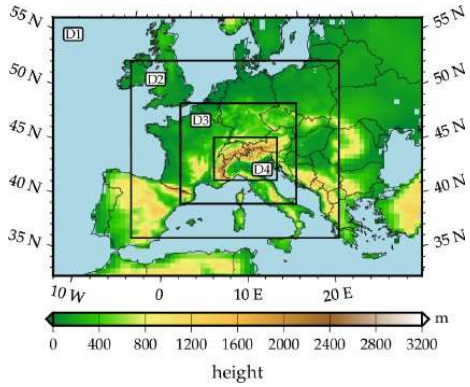
تُستخدم البيانات المُعالجة في geogrid عادةً في النموذج كحقل ثابت مع الزمن، مثل التضاريس واستخدامات الأراضي. يقوم برنامج ungrid بفك تشفير وإعادة تنسيق البيانات المناخية من نموذج آخر، وتتغير البيانات المُعالجة فيه عادةً مع الزمن،مثل درجة حرارة الغلاف الجوي والرياح. يأخذ برنامج metgrid معلومات النطاق من geogrid والبيانات من unggrid، ثم يستكملها على نطاق النموذج.

هذا الاستكمال أفقي فقط. بعد معالجة البيانات بواسطة WRF، يمكن استخدامها بواسطة برنامج vrul، الذي يُحدد الشبكة الرأسية للنموذج ويستكمل البيانات عليها.

تُعد البيانات من vrul مدخلات نموذج WRF. هذا مثال نموذجي لتدفق البيانات لتطبيق بيانات حقيقية للنموذج. يمكن أيضًا تشغيل النموذج بحالة ابتدائية مثالية، وذلك عبر البرنامج ideal.exe.

What will you learn in this tutorial?

a. Configuration of simulation domains



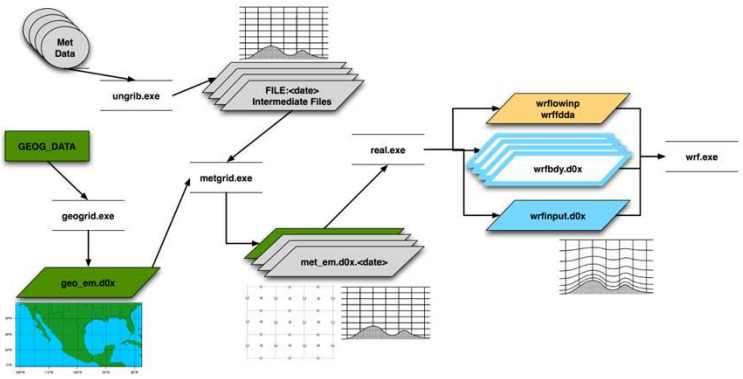
"ماذا ستتعلم في هذا التدريب العملي؟"

a. إعداد نطاقات المحاكاة

What will you learn in this tutorial?

a. Configuration of simulation domains

b. Preparation of data for initial and boundary conditions

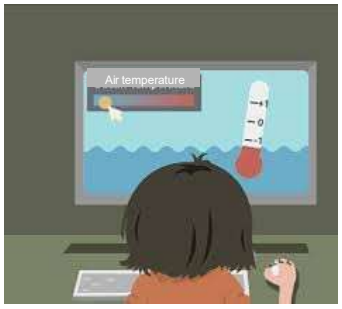


"ماذا ستتعلم في هذا التدريب العملي؟"

b. تجهيز بيانات الظروف الابتدائية والحدودية
ومعالجة البيانات، وإعداد الشروط الابتدائية والحدودية الجانبية للنموذج.

What will you learn in this tutorial?

a. Configuration of simulation domains
b. Preparation of data for initial and boundary conditions
c. Running the model



"ماذا ستتعلم في هذا التدريب العملي؟"

c. تشغيل النموذج

سنتعلم أيضًا كيفية تشغيل برامج المعالجة المسبقة والنموذج نفسه،

What will you learn in this tutorial?

a. Configuration of simulation domains
b. Preparation of data for initial and boundary conditions
c. Running the model
d. Model internals:
   i. Dynamics: formulation of compressible, non-hydrostatic equations

$$\frac{\partial W}{\partial t} + g\left(\mu_d - \frac{\alpha}{\alpha_d}\frac{\partial p}{\partial \eta}\right) = -\frac{\partial Uw}{\partial x} - \frac{\partial \Omega w}{\partial \eta}$$

$$\frac{\partial \mu_d}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial \Omega}{\partial \eta} = 0$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} + \frac{\partial U\theta}{\partial x} + \frac{\partial \Omega\theta}{\partial \eta} = \mu Q$$

$$\frac{d\phi}{dt} = gw$$

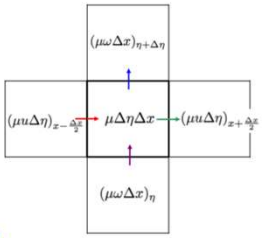
"ماذا ستتعلم في هذا التدريب العملي؟"

d. التعرف على ديناميكيات النموذج (المعادلات غير الهيدروستاتية)

سنتعلم أيضًا كيفية تشغيل برامج المعالجة المسبقة والنموذج نفسه، وكيفية عمل النموذج، بما في ذلك كيفية صياغته وكيفية حل معادلاته عدديًا.

What will you learn in this tutorial?

a. Configuration of simulation domains
b. Preparation of data for initial and boundary conditions
c. Running the model
d. Model internals:
   i. Dynamics: formulation of compressible, non-hydrostatic equations
   ii. Numerics: how to solve equations numerically

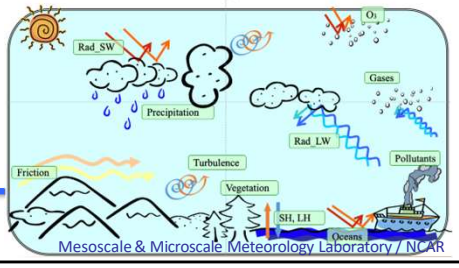


"ماذا ستتعلم في هذا التدريب العملي؟"

d. كيفية الحل العددي للمعادلات
وكيفية حل معادلاته عدديًا.

What will you learn in this tutorial?

a. Configuration of simulation domains
b. Preparation of data for initial and boundary conditions
c. Running the model
d. Model internals:
   i. Dynamics: formulation of compressible, non-hydrostatic equations
   ii. Numerics: how to solve equations numerically
   iii. Physics: how are physical processes are represented



Mesoscale & Microscale Meteorology Laboratory / NCAR

29

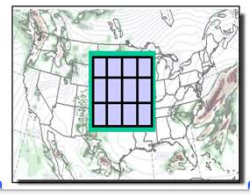
"ماذا ستتعلم في هذا التدريب العملي؟"

d. تمثيل العمليات الفيزيائية في الغلاف الجوي

سنتعرف على الفيزياء المستخدمة في النموذج والعمليات التي يمثلها في الغلاف الجوي.

What will you learn in this tutorial?

a. Configuration of simulation domains
b. Preparation of data for initial and boundary conditions
c. Running the model
d. Model internals:
   i. Dynamics: formulation of compressible, non-hydrostatic equations
   ii. Numerics: how to solve equations numerically
   iii. Physics: how are physical processes in the atmosphere are represented
   iv. Software and parallel computing



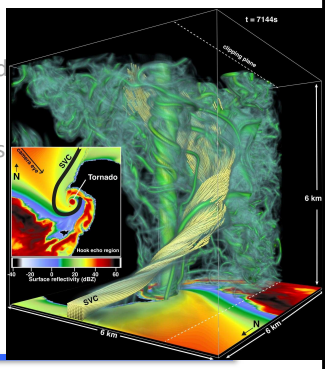
"ماذا ستتعلم في هذا التدريب العملي؟"

d. البرمجيات والحوسبة المتوازية

سنتعلم أيضًا بعض المعلومات عن برامج النموذج وكيفية تشغيله بكفاءة باستخدام أجهزة حاسوب قوية.

What will you learn in this tutorial?

a. Configuration of simulation domains
b. Preparation of data for initial and boundary conditions
c. Running the model
d. Model internals:
   i. Dynamics: formulation of compressible, non-hyd
   ii. Numerics: how to solve equations numerically
   iii. Physics: how are physical processes in the atmos
   iv. Software and parallel computing
e. Tools to view and analyze model output



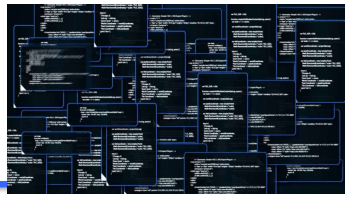
"ماذا ستتعلم في هذا التدريب العملي؟"

e. أدوات عرض وتحليل المخرجات

سنتناول بعض أدوات المعالجة اللاحقة لعرض بيانات النموذج وتحليلها.

What will you learn in this tutorial?

a. Configuration of simulation domains
b. Preparation of data for initial and boundary conditions
c. Running the model
d. Model internals:
   i. Dynamics: formulation of compressible, non-hydrostatic equations
   ii. Numerics: how to solve equations numerically
   iii. Physics: how are physical processes in the atmosphere are represented
   iv. Software and parallel computing
e. Tools to view and analyze model output
f. How to compile the modeling system code



"ماذا ستتعلم في هذا التدريب العملي؟"

f. كيفية ترجمة (compile) كود النظام

سنتعلم أيضًا أساسيات تثبيت كود نظام النمذجة،

What will you learn in this tutorial?

a. Configuration of simulation domains
b. Preparation of data for initial and boundary conditions
c. Running the model
d. Model internals:
   i. Dynamics: formulation of compressible, non-hydrostatic equations
   ii. Numerics: how to solve equations numerically
   iii. Physics: how are physical processes in the
   iv. Software and parallel computing
e. Tools to view and analyze model output
f. How to compile the modeling system code
g. Best practices and verifying model output

Mesoscale & Microscale Meteorology Laboratory / NCAR 33

"ماذا ستتعلم في هذا التدريب العملي؟"

g. أفضل الممارسات والتحقق من نتائج النموذج

وأفضل الممارسات عند استخدام النموذج، وما يجب مراعاته عند التحقق من مخرجاته

What will you gain from this tutorial?

a. Knowledge needed to run WRF for basic applications
   i. Some understanding on how the model works
   ii. Familiarity with the process to run the model
b. Recognize what you learn here is a starting point
   i. Continue to learn after the tutorial
   ii. Read more and experiment
   iii. Practice, practice, and practice…

Mesoscale & Microscale Meteorology Laboratory / NCAR

ما ستكسبه من هذا الدرس

1. المعرفة اللازمة لتشغيل WRF للتطبيقات الأساسية
2. فهم أولي لكيفية عمل النموذج
3. التعرف على خطوات تشغيل النموذج
4. إدراك أن هذا مجرد نقطة بداية
5. الاستمرار في التعلم والتجربة
6. الممارسة المستمرة

. باختصار، هدفنا هو تزويدكم بمعلومات كافية للبدء بتطبيقات النماذج الأساسية، وفهم كيفية عملها، والتعرف على عملية تشغيلها.

لكن اعتبروا هذا الشرح مجرد نقطة انطلاق، فما زال هناك الكثير لتتعلموه عن هذا النظام. أفضل نصيحة نقدمها لكم هي أن تقرأوا أكثر وتجربوا، وتتمرنوا باستمرار.

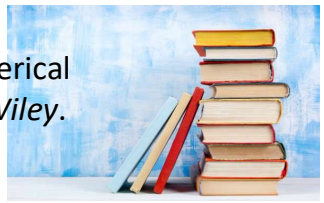
Reading Materials

Numerical Weather and Climate Prediction, 2011. By Thomas Warner, *Cambridge University Press*.

Warner, T., 2011. Quality assurance in atmospheric modeling. *Bull. Amer. Met. Soc. Dec. issue, p1601 – 1611.*

Stensrud, D., 2007. Parameterization Schemes: Keys to Understanding Numerical Weather Prediction Models. *Cambridge University Press*.

Haltiner G. and R. Williams, 1980. Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. *Wiley*.



المصادر

بعض الكتب التي قد تفيدكم في تعلم المزيد عن النمذجة العددية وكيفية تطبيقها في أبحاثكم.