

УДК 004.9:504:519.6

**ПРОГРАММНАЯ ОБОЛОЧКА СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ
WRF-УКРАИНА**

С.Н. Дидковская, О.М. Гузий, И.В. Ковалец, М.И. Железняк
Институт проблем математических машин и систем НАН Украины
e-mail: sveta@ucewp.kiev.ua

Введение. Вопрос прогнозирования погоды был и остается актуальным во все времена. Как обычных людей, так и научных работников всегда интересовало, какая погода будет завтра, начиная от того брать зонт на работу или не брать и заканчивая тем, будет ли наводнение через 2 дня. Если в варианте с зонтиком иногда хватает прогноза синоптика, который основывается не только на стандартных методиках, но зачастую – на личном опыте (поэтому такие прогнозы называются ‘субъективными’), то во втором случае дорога каждая минута, и необходим точный прогноз пространственно-временного распределения выпавших осадков. Поэтому, в последнее время для производства метеорологических прогнозов во всем мире используются численные модели прогноза погоды, основанные на решении уравнений гидротермодинамики атмосферы (например, [1]). Но, как известно даже математические модели не могут дать точный прогноз на достаточно длительный промежуток времени (больше месяца), поскольку незначительные ошибки в начальных данных со временем приводят к очень большим отклонениям прогнозируемой величины от истинного значения. Вследствие этого периодическое и частое обновление прогнозов – необходимое условие успешной системы прогнозирования погоды. Однако, при частом обновлении возникает ряд затруднений, связанных с необходимостью вмешательства человека в процесс прогнозирования, например, при скачивании входных данных, обработке результатов. В системе ВРФ-Украина, которая функционирует в ИПММС НАНУ, такое вмешательство сведено к минимуму. Автоматизация функционирования ВРФ-Украина, и является предметом настоящей работы.

Модель. В WRF-Украина в качестве расчетной прогностической метеорологической модели используется модель WRF (The Weather Research and Forecasting model) [1], которая рассчитывает прогностические метеорологические поля с заблаговременностью до 7 суток на 30 км сетке с шагом вывода по времени $\Delta t = 1$ час. Одновременно, следует отметить, что временной шаг τ , с которым рассчитываются метеорологические поля значительно меньше шага вывода: $\tau \sim 1-100$ с. Это связано с тем, что WRF – негидростатическая метеорологическая модель, описывающая самые разнообразные физические процессы, такие как: адвективный перенос метеорологических полей ветром, внутренние и звуковые волны, турбулентное перемешивание, микрофизические процессы в облаках, процессы излучения и рассеяния инфракрасного и ультрафиолетового излучения, процессы теплопереноса в верхнем слое почвы. Поэтому, требования устойчивости при решения систем уравнений, описывающих все эти процессы приводят к большим ограничениям на шаг по времени. Модель использует численные методы высоких порядков аппроксимации, которые включают схемы интегрирования по времени Рунге-Кутты второго и третьего порядка, а так же схемы переноса второго и шестого порядков как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях. Интегрально, время расчетов прогноза заданной заблаговременности обратно пропорционально кубу горизонтального шага сетки: $T \sim \frac{1}{h^3}$. Одним из преимуществ модели WRF является то, что она может работать в режиме параллельных вычислений, что существенно снижает время расчета [2]. Обновление прогнозов в WRF-Украина производится 4 раза в сутки.

Подробности используемых входных данных и конфигураций физических опций WRF представлены в работе [3].

Структура системы. На Рис. 1 схематично представлены основные компоненты системы, и соответствующие действия, выполняемые ими. На этапах 1, 2, 3 вычисления автоматически запускаются планировщиком задач cron (система работает в OS Linux). Сначала (этап 1 на Рис. 1) с сайта National Centers for Environmental Prediction (NCEP) при помощи программы (DownloadClient) реализованной в Java производится загрузка данных фактической погоды в Grib формате (Gridded Data). Далее (этап 2 на Рис. 1) запускается WRF launcher – скрипт написанный на Python который формирует конфигурационные файлы для WPS, WRF, WPP, PostProcessor и потом запускает выше перечисленные программы на выполнение.

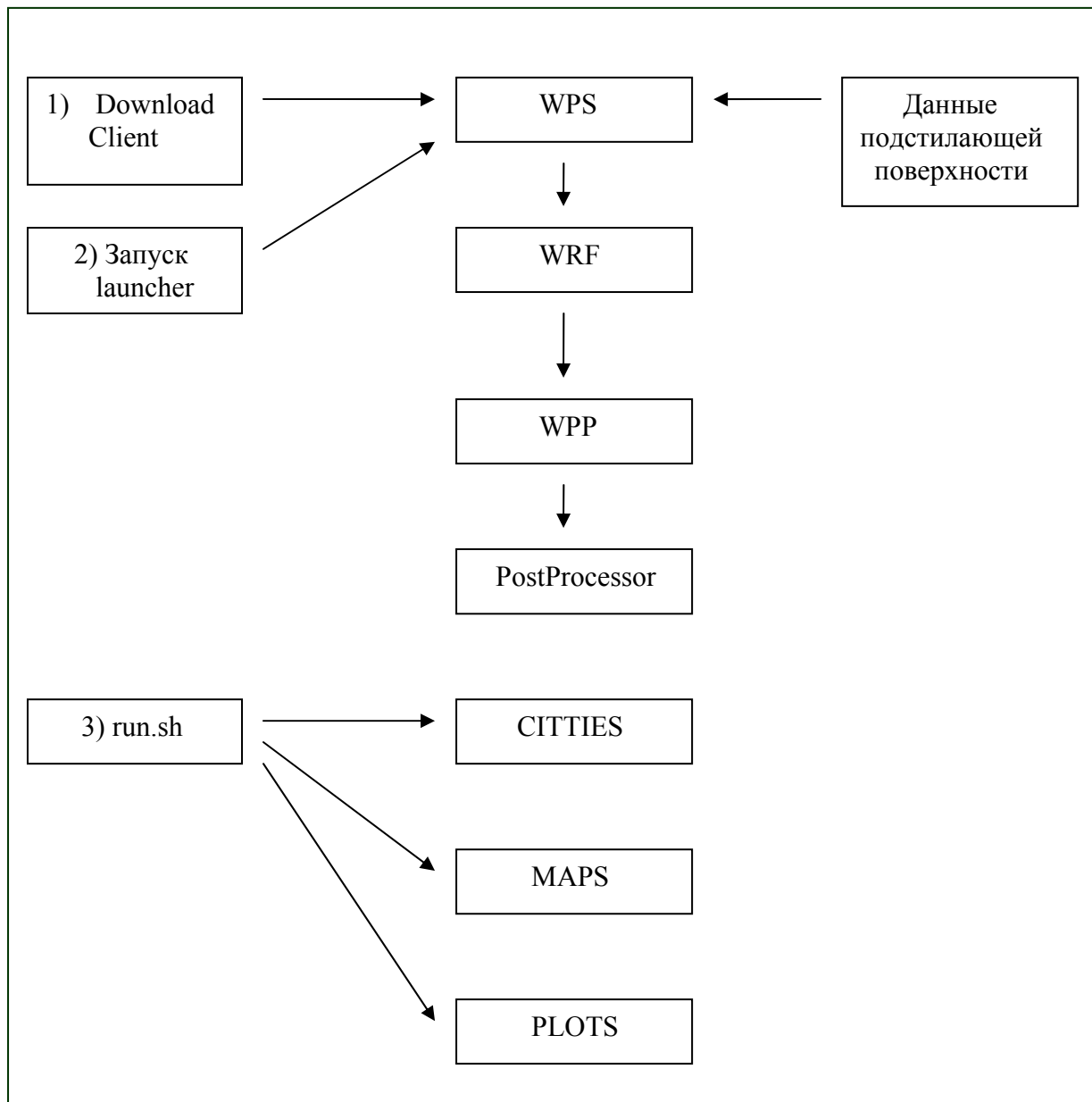


Рисунок 1

Опишем вкратце функциональное назначение частей расчетной модели WPS, WRF, WPP. Функции WPS включают:

- 1) определение вычислительной области, формирование вычислительной сетки;
- 2) интерполяция данных подстилающей поверхности (например, типов почвы) к вычислительной области;

- 3) интерполяция метеорологических данных модели глобального прогноза погоды, в которой используется более грубая сетка, на сетку новой вычислительной области;

Помимо данных глобальной модели прогноза погоды, WPS использует также статические данные подстилающей поверхности, которые, в настоящее время, берутся из базы данных Географической службы США. Модуль WRF – это расчетное ядро системы, которое вкратце описано выше. Пакет WPP интерполирует все переменные (температуру, влажность, облачность и т.д.) с уровней WRF на уровни давления, а также рассчитывает некоторые дополнительные переменные, например, дальность видимости.

Далее запускается PostProcessor – комбинация скрипта, реализованного на C-Shell, с библиотекой NetCDF, Java и Fortran программами; PostProcessor выбирает из данных WRF только те, которые требуются для представления на сайте, и сохраняет эти данные в специальном формате MM5 (так называемый grc файл). При этом размеры grc файлов в десятки раз меньше размеров первоначальных выходных файлов WRF.

На третьем этапе (3 на Рис. 1) формируются данные прогноза в том формате, удобном для использования конечным потребителем. На этапе 3 используются следующие составляющие:

- 1) CITTIIES – интерполяция всех переменных из grc файлов с сетки модели в место расположения конкретного населенного пункта

- 2) MAPS – интерполяция всех переменных grc файлов на сетку с меньшим шагом, для последующего графического вывода изолиний с помощью скриптов программы GMT

- 3) PLOTS – на основе выходных текстовых файлов CITTIIES создает текстовые файлы, которые используются при построении метеограмм

Поскольку система автоматическая, то для отслеживания ошибок был создан набор скриптов который проверяет правильность отработки всей цепочки и, если на каком-то из этапов произошел сбой, то на e-mail разработчиков приходят соответствующие уведомления.

Выводы. Система численного прогноза погоды WRF-Украина работает в автоматическом режиме и требует незначительных усилий по ее администрированию. Программная оболочка системы совершенствуется, снижая необходимость влияния человека на ее работу.

Литература

1. Skamarock W.C., Klemp J.B., Dudhia J., Gill D.O., Barker D.M., Wang W., Powers J.C. A description of the advanced research WRF version 2. NCAR Technical Note NCAR/TN-468+STR. National Center for Atmospheric Research. – 2005. – 88p.
2. Гузий О.Н., Ковалец И.В., Кушан А.А., Железняк М.И. Использование средств параллельных вычислений для повышения эффективности систем прогнозирования погоды MM5- и WRF-Украина. //Сб. Докл. Конф. СППР2009. - с. 55-58. http://conf.atsukr.org.ua/files/conf_dir_10/Guziy_sppr2009.pdf
3. Гузий О.М., Ковалец И.В., Кушан А.А., Железняк М.И., 2008. Система численного прогноза погоды WRF-Украина. //Математические машины и системы №4. – с. 123-131