



СЪОБЩЕНИЕ

Конфигуриране, настройка и пускане в оперативна експлоатация на клъстера за високопроизводителни изчисления WOLF за целите на регионалната числена прогноза на времето в НИМХ

**Преслав Константинов, Константин Младенов, Милен Цанков,
Андрей Богачев, Боряна Ценова, Илиан Господинов**

*Национален институт по метеорология и хидрология,
Цариградско шосе 66, 1784 София, България*

Резюме: В края на 2020 г. в НИМХ беше доставена нова изчислителна машина, по чиято конфигурация и пускане в експлоатация беше работено от екипа ни през последните две години. В настоящото съобщение накратко са представени конфигурацията на клъстера и състоянието на числената прогноза на времето в института.

Ключови думи: клъстер, числена прогноза на времето, ALADIN-BG, AROME-BG.

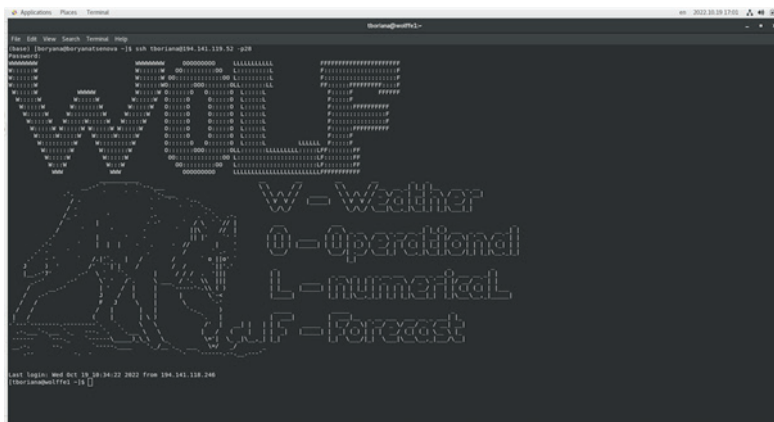
1. КОНФИГУРАЦИЯ НА КЛЪСТЕРА WOLF

Клъстерът WOLF (Weather Operational numerical Forecast) е изграден от седемнадесет отделни изчислителни машини (Фиг.1), свързани заедно с цел паралелна работа. Тези компоненти са свързани помежду си посредством две технологии – EDR 100 Gbps Infiniband и 10 Gbps Ethernet. В Ethernet мрежата са двойно свързани и мрежово устройство за съхранение на данни QNAP и управляващ сървър. На този сървър е разположен софтуерът, който управлява системата и достъпа до нея. Системата се състои от общо 29 машини, както физически, така и виртуални. Връзката с мрежата на института се осъществява чрез малък 100 Mbps рутер.



Фиг. 1. Високопроизводителен изчислителен клъстер WOLF в НИМХ

За намиране на най-подходяща операционна система и компилатори за целите на високопроизводителните изчисления беше направено проучване, включващо десетки системни администратори от цял свят. Избраните операционна система (Linux, CentOS 8), компилатори и библиотеки (*Intel® oneAPI* и *openMPI*) позволяват на седемнадесетте изчислителни машини да комуникират по време на работа, използвайки средства за многопроцесорна паралелна комуникация между възлите (Message Passing Interface – MPI) върху Infiniband мрежа. Проведени бяха поредица от тестове, използвайки различни настройки и библиотеки, с цел намиране на конфигурация с възможно най-голямо бързодействие. Инсталирана и настроена да работи с MPI средствата беше и програмата за управление, контрол и наблюдение на ресурсите SLURM, чрез която се осъществява достъпът до ресурсите на отделните изчислителни машини и едновременната им работа върху една и съща задача. За всяка задача се осигурява и собствена временна високоскоростна разпределена файлова система, основана на SSD дисковете на отредените ѝ изчислителни възли и Infiniband мрежата. Успешни тестове бяха извършени за работата на системата за контрол върху задачите *ecFlow* на Европейският център за средносрочни прогнози за времето (ECMWF) със SLURM. Инсталирани бяха всички компоненти от обкръжаващата среда за компилация и работа на числените модели за прогноза на времето, в това число софтуерът за компилация на библиотеки *smake*, *perl*, *eccodes*, *gribex*, *bufrdc*, *openJPEG*, *netCDF*, *hdf*, *boost* библиотеки за *c++* и *fortran*, *gmkpack*, *libxml* и др.



Фиг. 2. Антетка на кълъстера WOLF

Системата за управление на работната среда в Linux environment-modules, позволява лесен достъп само до нужните за моментната работа компилатори и програми като осигурява безконфликтното им използване /взаимодействие.

За улеснение на работата по компилацията и изчисленията на моделите бяха създадени персонализирани скриптове за системата за управление на ресурси SLURM, както и няколко скрипта, позволяващи отдалеченото наблюдение на статуса на изчислителните машини. Конфигурирана е йерархична система, позволяваща отчет на ресурса, използван от всеки потребител на кълъстера. Има възможност и за предварително планиране и осигуряване на ресурси за периодичното оперативно изпълнение на моделите независимо от натовареността на кълъстера с други задачи.

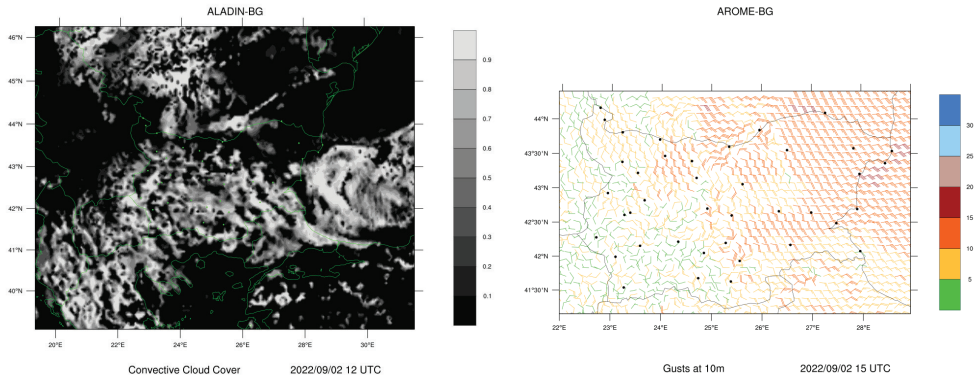
Също така е инсталирана системата Anaconda за работа с динамични модули и среди, използващи популярния език за програмиране Python.

2. КОНФИГУРАЦИИ НА ОПЕРАТИВНИТЕ ЧИСЛЕНИ МОДЕЛИ ЗА ПРОГНОЗА НА ВРЕМЕТО

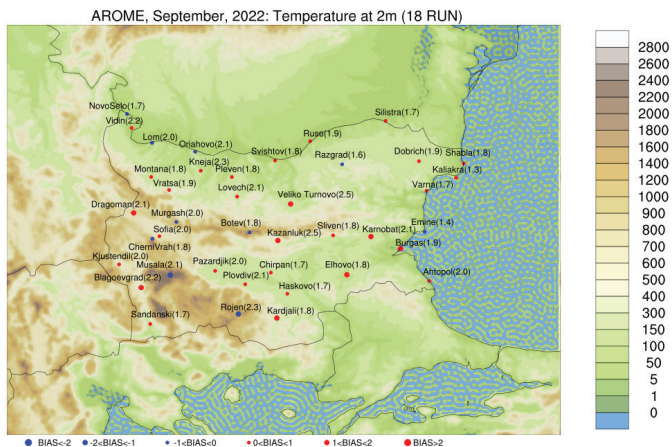
В НИМХ, като член на международния консорциум ACCORD, се пускат и поддържат числените модели ALADIN-BG (хидростатичен) и AROME-BG (нехидростатичен) за регионалната числена прогноза на времето. Оперативната прогноза от все още оперативния кълъстер VMODELS е базирана на CY43T2, а конфигурациите на моделите са следните: хоризонтална стъпка 5 км, 105 вертикални нива, домейн на интеграция от 200x256 точки с център [42.75, 25.50] за ALADIN-BG и хоризонтална стъпка 2.5 км, 60 вертикални нива, домейн на интеграция от 240x320 точки с център [42.75, 25.50] за AROME-BG. И двата модела се пускат 4 пъти в денонощието в 00, 06, 12 и 18 UTC. Сроктът на прогнозата е 72

часа за ALADIN-BG и 36 часа за AROME-BG. За начални и гранични условия ALADIN-BG ползва прогнозата от френския глобален модел ARPEGE, докато AROME-BG – тази от ALADIN-BG.

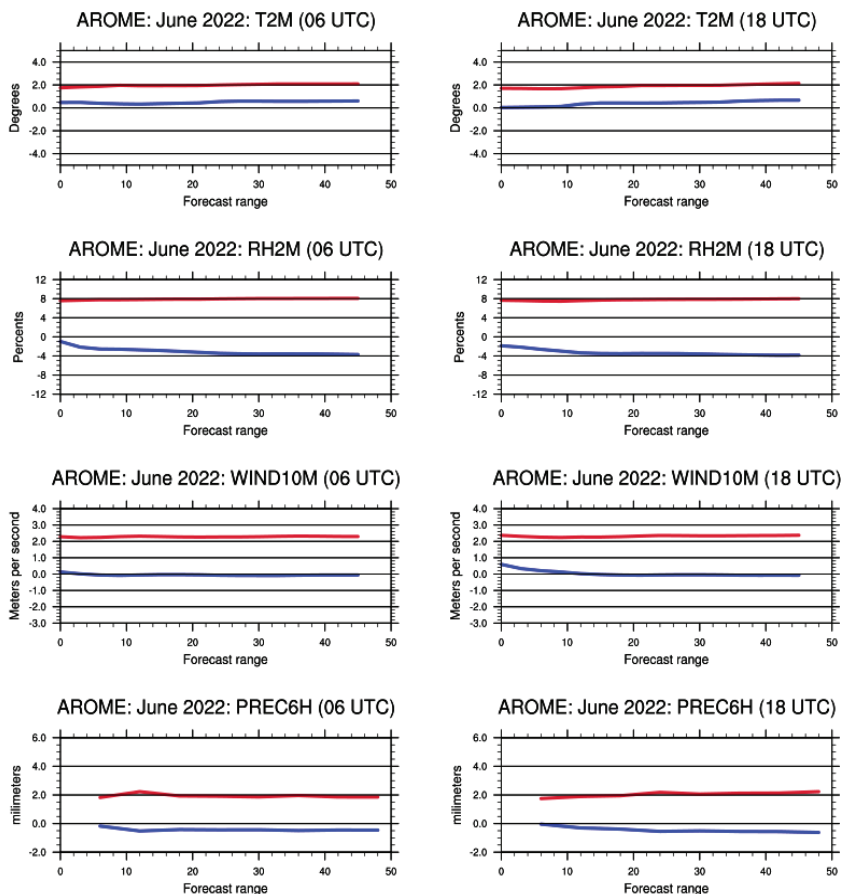
Множество тестове бяха направени на новия клъстер WOLF за свързване и настройване на различни аспекти на компилацията на кода на моделите ALADIN и AROME (като настройки на NPROMA и други параметри). Бяха компилирани четири версии на моделите, базирани на CY40T1, CY43T2, CY46T1, както и на най-новата все още тестова версия CY48T3. От началото на 2022 г. и двата модела базирани на CY43T2 се пускат автоматично и на WOLF, където конфигурацията на ALADIN-BG е същата като тази на VMODELS, докато конфигурацията на AROME-BG е различна. На новата машина са увеличени броят на вертикалните нива (от 60 на 90) и срокът на прогнозата (от 36 на 48 часа). На WOLF интегрирането на ALADIN-BG отнема средно 15 минути (използвайки около 41 GB памет), а на AROME-BG – средно за 35 минути (използвайки около 111 GB памет). За сравнение, на VMODELS интегрирането на ALADIN-BG отнема около 40 минути, а това на AROME-BG – около 80 минути. Голяма част от програмите и скриптовете, осигуряващи данни на крайните потребители, както и скриптовете, изградени в НИМХ за ежедневната работа на моделите (като визуализация на числената прогноза), бяха преправени и работят в оперативен режим на новата машина. Като пример от автоматичната визуализация на числената прогноза на Фигура 3 са показани прогнозите от ALADIN-BG за конвективната облачност в 12 UTC и за поривите на вятъра на 10 м за 15 UTC на 02/09/2022. Преработени за новата машина бяха и скриптовете за асимилация на данни. Цялата работа по компилацията на модела беше документирана. От средата на август 2022 г. почти всички външни клиенти се обслужват от WOLF, където е пренесена и подобрена схемата за верификация на моделите. На Фигура 4 са показани резултатите от верификацията на прогнозата на температурата на 2 м от модела AROME-BG за месец септември 2022 г, като информация за средномесечното BIAS за всяка станция е дадена от цвета и размера на съответните точки, а средномесечното RMSE е указано до надписа на съответната станция. Фигура 5 показва средномесечната оценка на прогнозата за температура и относителна влажност на 2 м, скорост на вятъра и 6 часов валеж от AROME-BG като функция на срока на прогнозата за месец юни 2022 г.



Фиг. 3. Автоматична визуализация посредством NCAR Command Language (NCL) на числените прогнози от моделите ALADIN-BG и AROME-BG на WOLF



Фиг. 4. Автоматична визуализация на средномесечната пространствена оценка на прогнозата от AROME-BG, даваща информация за средномесечните аритметично средноквадратично отклонения BIAS и RMSE по станции на WOLF



Фиг. 5. Автоматична визуализация на WOLF на средномесечната оценка на прогнозата от AROME-BG, с информация за средномесечните BIAS (в синьо) и RMSE (в червено)

3. БЪДЕЩИ ПЛАНОВЕ

Предстои плавното прехвърляне на цялата оперативна мрежа по регионалната числена прогноза на времето на WOLF. Също така, след тестов период от няколко месеца – въвеждане на асимилационен цикъл в числената прогноза с AROME-BG. Очаква се и включване на допълнителна прогноза с модела ALADIN-BG, използвайки като гранични условия данните от IFS. Ще бъдат тествани и въведени нови статистически методи за постпроцесинга на числената прогноза.