

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СХЕМЫ УСВОЕНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ НА БАЗЕ ЛОКАЛЬНОГО АНСАМБЛЕВОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА

А.В. Шляева, В.Г. Мизяк, М.А. Толстых

Одной из задач, требующих эффективных вычислений, на протяжении многих лет остается численный прогноз погоды. Блок усвоения данных подготавливает начальные поля для старта численной модели прогноза погоды. В качестве исходных данных он принимает данные наблюдений (например, данные наземных станций, метеозондов, спутниковые наблюдения) и первое приближение --- краткосрочный прогноз модели на заданный срок. Оба источника данных содержат априори неизвестную ошибку. Задача усвоения данных заключается в получении поля анализа --- наилучшей оценки состояния атмосферы в заданный момент времени. Для разрешенных сеток современных глобальных моделей атмосферы, а также используемых для них на сегодняшний день наблюдений, можно ограничиться предположением о гауссовости и взаимной независимости ошибок наблюдений и первого приближения. Также часто вводится ограничение на несмещенность ошибок. В этом случае ошибки первого приближения и наблюдений можно описать их матрицами ковариаций. В настоящее время широко распространены две группы методов усвоения данных: вариационное усвоение и усвоение с помощью ансамблевых фильтров Калмана (активно развивается гибридное усвоение, учитывающее достоинства обеих групп методов). Ансамблевые фильтры Калмана были предложены Evensen [1], и представляют собой синтез идей метода Монте-Карло и фильтра Калмана. Применение для вычисления матрицы ковариаций ошибок первого приближения классического фильтра Калмана для современных моделей атмосферы (с размерностями порядка $10^{*}10$ и выше) практически невозможно. Идея ансамблевых фильтров Калмана заключается в статистической оценке матрицы ковариаций по ансамблю первых приближений (в этом случае в цикле усвоения (анализ--прогноз) участвует не один прогноз, а несколько, порядка 40--100, по которым рассчитывается оценка матрицы ковариаций). Такой подход позволяет учесть особенности потока, достаточно несложен в реализации по сравнению с вариационными методами, но предполагает дополнительные вычислительные затраты для расчета большего числа прогнозов.

В данной работе обсуждается разработанная параллельная реализация схемы усвоения на базе локального ансамблевого фильтра Калмана с преобразованием ансамбля [2]. Основные особенности выбранного алгоритма: уменьшение размерности задачи за счет решения ее не в физическом пространстве модели, а в пространстве ансамбля; возможность параллельного вычисления анализа в различных точках сетки. Вторая особенность алгоритма позволяет эффективно распараллеливать его на массивно--параллельных вычислительных машинах, поскольку вычисления могут проводиться на некотором наборе точек независимо.

В текущей версии программной реализации алгоритма усвоения усовершенствована схема распределения данных по вычислительным процессам. В предыдущей версии [3] данные распределялись между процессами равномерно с точки зрения количества обрабатываемых узлов сетки (по широтным полосам). При этом вычислительная сложность задачи зависит от числа обрабатываемых локальных (расположенных на расстоянии не больше заданного) наблюдений, а наблюдения распределены неравномерно, кроме того, широтные полосы в областях, близких к полюсам, покрывают меньшую площадь, чем широтные полосы в областях, близких к экватору. Таким образом, большая часть вычислительных процессов простаивала в ожидании выполнения анализа процессами, на которые за счет большей площади и большего числа наблюдений приходилась большая нагрузка. В новой схеме распределения учитываются указанные особенности? и распределение данных происходит по широтно-долготным кускам сетки с учетом близости к полюсам. Планируется дальнейшее усовершенствование алгоритма распределения данных (в зависимости от плотности наблюдений в областях), а также реализация более эффективного алгоритма выбора локальных наблюдений из множества всех наблюдений.

Также в докладе обсуждается функциональность некоторых процедур стандарта MPI-2. В частности, рассматривается вопрос эффективности использования односторонних коммуникаций вместо групповых обменов данными между процессами для данной задачи.

Разработанная параллельная реализация схемы усвоения была протестирована на трехмерной глобальной модели атмосферы ПЛ-АВ [4] с разрешением $1,4 \times 1,125, 28$ уровней по вертикали (размерность пространства модели порядка $10^{*}7$) с использованием псевдонаблюдений, сгенерированных из реанализа 2 NCEP/NCAR. Приводятся первые результаты усвоения. В дальнейшем предполагается опробовать разрабатываемую систему усвоения на глобальном среднесрочном численном прогнозе погоды.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 10-05-01066.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Evensen, G. 1994. Sequential data assimilation with a nonlinear quasigeostrophic model using Monte-Carlo methods to forecast error statistic. J. Geophys. Res., 99, pp. 10143-10162.

2. Hunt, B.R., Kostelich, E.J. and Szunyogh, I. 2007. Efficient data assimilation for spatiotemporal chaos: a Local Ensemble Transform Kalman Filter. *Physica D*, 230, pp. 112-126.
3. А.В. Шляева, В.Г. Мизяк. Параллельная реализация схемы усвоения данных на базе локального ансамблевого фильтра Калмана с преобразованием ансамбля. - Материалы конференции "Параллельные вычислительные технологии 2011", М. - 2011.
4. М.А. Толстых. Глобальная полулагранжева модель численного прогноза погоды. М, Обнинск: ОАО ФОРС, 111 стр.