

Параллельная реализация схемы усвоения данных на базе локального ансамблевого фильтра Калмана с преобразованием ансамбля

А.В. Шляева, В.Г. Мизяк

ГУ «Гидрометцентр России»

Усвоение данных является задачей нахождения оптимального анализа по имеющимся его оценкам (первому приближению, являющемуся, как правило, краткосрочным прогнозом, и наблюдениям), содержащим неизвестную ошибку. В усвоении с помощью ансамблевых фильтров Калмана на каждом шаге усвоения матрица ковариаций ошибок первого приближения аппроксимируется статистикой, полученной по ансамблю первых приближений. Как правило, используется ансамбль из 40-100 участников. Учитывая сложность современных моделей атмосферы, использование для усвоения методов на базе ансамблевого фильтра Калмана влечет за собой распараллеливание задачи по участникам ансамбля. Идея локальных ансамблевых фильтров заключается в том, что локализация приводит к уменьшению размерности, в которой решается задача (и к увеличению количества задач, которые необходимо решить). Одним из достоинств локализации является возможность эффективного распараллеливания усвоения, так как анализ можно вычислять параллельно в разных точках сетки. В данной работе описывается реализация локального ансамблевого фильтра Калмана с преобразованием ансамбля (Local Ensemble Transform Kalman Filter, LETKF), предложенного в работе [1] и представляющего собой детерминированный фильтр квадратного корня, использующий локализацию. Алгоритм распараллелен с использованием технологии MPI. Поскольку LETKF позволяет вычислять анализ в каждой из точек сетки независимо от остальных, алгоритм распараллелен по данным: каждый из вычислительных узлов получает свою область, в которой проводятся расчет анализа. Реализованная схема усвоения LETKF проверена [2] на полулагранжевой двумерной модели мелкой воды на сфере с форсингом [3]. Исследовалось усвоение с помощью данной схемы в непрерывном цикле усвоения. В качестве наблюдений использовались псевдонаблюдения, сгенерированные из данных реанализа 2 NCEP/NCAR. Фильтр стабильно работает на временах порядка года, при этом нормированная ошибка анализа (по сравнению с данными псевдонаблюдений в случайно выбранных точках) квазистационарна. Были проведены исследования влияния выбора различных параметров фильтра на качество усвоения, показавшие, в частности, что для исследованной задачи количество участников ансамбля может составлять 40–60. Проводится исследование данной схемы на трехмерной модели циркуляции атмосферы. В работе приводятся также результаты распараллеливания при использовании различного количества участников ансамбля. Обсуждается эффективность распараллеливания. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 10-05-01066-а.

Литература

1. 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, 112 – 126.
2. Shlyayeva A.V., Tolstykh M.A., 2009. Local Ensemble Transform Kalman Filter for Semi-Lagrangian Barotropic Model of Atmosphere. The 5th WMO Symposium on Data Assimilation Extended Abstracts, 2009, Melbourne, p.216.1-216.5.
3. M.A. Tolstykh. Vorticity-divergence semi-Lagrangian shallow-water model on the sphere based on compact finite differences, *J. Comput. Phys.*, 2002, v. 179, pp. 180-200.