

Параллельный алгоритм численного моделирования развития неустойчивости Рихтмайера-Мешкова

Р.В. Жалнин

*Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, Саранск
zhrv@appmath.mrsu.ru*

Был разработан параллельный вычислительный алгоритм на основе стандарта MPI (Message Passing Interface). При построении алгоритма использовался принцип геометрического распараллеливания, то есть параллелизм по данным. Суть его в том, что область данных разбивается на конечное число подобластей, по количеству используемых процессоров. И каждая новая подобласть обрабатывается своим процессором (вычислительным узлом). Данный подход удобен с точки зрения преобразования существующего последовательного вычислительного алгоритма, ввиду того, что на каждом узле вычисления проводятся по одинаковой схеме, а процессоры обмениваются между собой, в основном, относительно небольшим объемом граничных данных. И обмен происходит между соседними процессорами. При этом необходимо продумать способ декомпозиции области, определить число вычислительных узлов, чтобы получить наиболее оптимальные, с точки зрения времени, вычислительные затраты. При разработке программного комплекса были реализованы возможности одно-, двух- и трехмерной декомпозиции расчетной области.

Был проведен анализ эффективности декомпозиции расчетной области.

Разработанный алгоритм был реализован в программном комплексе GDWENOPAR_3D, предназначенном для моделирования трехмерных газодинамических течений. Программный комплекс состоит из трех основных модулей: подпрограмма инициализации (Init3D), подпрограмма расчета одного шага по времени (GasDinStep), подпрограмма межпроцессорного обмена (ExchangeBoundConditions).

Реализация механизмов межпроцессорного взаимодействия и работы программного комплекса в параллельном режиме осуществлялась с использованием библиотеки MPICH версии 1.2.5, реализующей интерфейс MPI.

Для обеспечения однородности вычислений на каждом процессоре вводятся слои фиктивных ячеек по каждой границе расчетной подобласти. Если подобласть является приграничной, то на соответствующей границе значения в фиктивных ячейках вычисляются из граничных условий (BoundCond). В противном случае значения получаются посредством межпроцессорного обмена от соседних процессоров.

В разработанном программном комплексе использованы парные обмены с блокировкой. Это вызвано тем, что в предлагаемом параллельном алгоритме в обменах участвуют только попарно два процессора, а синхронизация необходима для того, чтобы к моменту обмена все вычислительные узлы достигли до одной и той же точки алгоритма.

Также разработаны два дополнительных модуля - модуль перераспределения вычислительных узлов (Decomp3D) и модуль визуализации (VisualRes). Модуль Decomp3D выполняет декомпозицию расчетной области, при изменении сетки вычислительных узлов. Модуль VisualRes позволяет визуализировать результаты, используя возможности библиотеки подпрограмм DISLIN.

Дополнительно была разработана подпрограмма вычисления ширины зоны турбулентного перемешивания по 2%-му изменению средней по сечению массовой концентрации газа.

Модуль визуализации был разработан с использованием библиотеки DISLIN.

Подпрограммы одномерной визуализации позволяют строить графики для отображения результатов расчетов одномерных задач и величин, получаемых в модуле интерпретации результатов.

Подпрограммы двумерной визуализации позволяют графически отображать результаты расчетов как для двумерных, так и для трехмерных задач. Указанные подпрограммы позволяют строить линии уровня для газодинамических величин (для трехмерного случая в указанном сечении), а также позволяют строить трехмерные поверхности, отвечающие значениям указанных газодинамических параметров. Имеется возможность отображения линий уровня для модуля завихренности **rot7** двумерного течения газа или жидкости.

Подпрограммы трехмерной визуализации позволяют строить изоповерхности для заданных газодинамических величин, изоповерхности модуля завихренности **rot7** трехмерного течения.

Предусмотрена возможность трехмерного отображения изолиний для соответствующих величин в заданных сечениях расчетной области.