УДК 519.634

Разработка параллельной версии алгоритма для вариационного метода построения трехмерных расчетных сеток

В.А. Гаранжа[1] , Л.Н. Кудрявцева[2]

Вычислительный центр им. Дородницына ФИЦ ИУ РАН

Московский физико-технический институт (государственный университет)

garan@ccas.ru[1], liukudr@yandex.ru[2]

Алгоритмы построения расчетных сеток должны быть надежными, и должны позволять получать сетки, удовлетворяющие заданным требованиям, за приемлемое время. В настоящее время существуют программные пакеты с большими возможностями для построения расчетных сеток. При этом создание надежного автоматического алгоритма построения качественных сеток по-прежнему является актуальным. В частности, востребованным является эффективный алгоритм распутывания трехмерных сеток в областях сложной формы.

В данной работе рассматривается реализация параллельной версии алгоритма вариационного метода построения расчетных сеток на основе технологии MPI. Вариационный алгоритм базируется на результатах нелинейной теории упругости [1]. Решается задача построения упругой деформации, минимизирующей значение функционала запасенной энергии деформации. Решение ищется численно методом градиентного спуска с предобусловливателем. Управление степенью неявности метода осуществляется за счет выбора предобусловливателя – положительно-определенной блочно-диагональной части матрицы Гессе.

Явным методом в этом случае можно считать метод, у которого остается диагональная или блочно-диагональная с блоками небольшой размерности часть матрицы Гессе. Для параллельной реализации этого метода сетка разбивается на число подобластей, равное числу процессов, с наложением в один ряд вершин. Для корректного вычисления значения функционала, градиента и предобусловливателя, вершины и ячейки каждой подобласти маркируются как «белые», т.е. принадлежащие данной подобласти, и «черные», заимствованные у соседних подобластей. На практике явный метод оказывается неэффективным для решения задачи распутывания сетки.

В неявном методе в качестве предобусловливателя остаются диагональные блоки матрицы Гессе большой размерности, и для его реализации необходимо решать систему линейных уравнений. Попытка дополнительно редуцировать матрицу для независимого решения системы на каждом процессе приводит к тому, что на границе подобластей метод ведет себя как явный. Это приводит к тому, что для получения приемлемого результата требуется большое число итераций с решением системы линейных уравнений большой размерности на каждом процессе.

На рис.1. показано разбиение двумерной области.

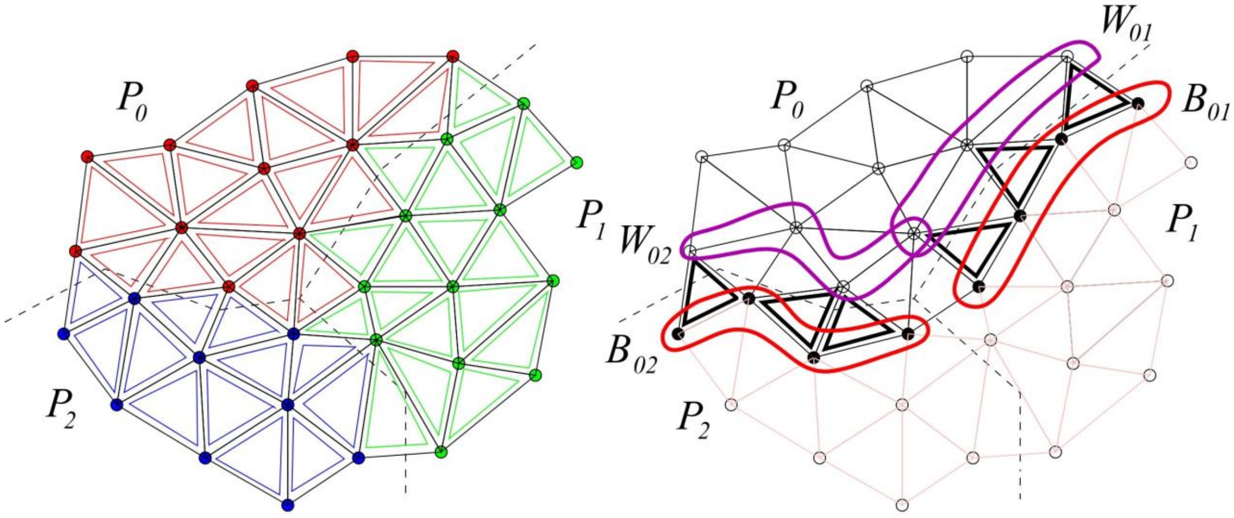

Рис. 1. Разбиение на подобласти, и разделение на «белые» и «черные» вершины на примере области P0

Для реализации неявного метода используется параллельный решатель системы линейных уравнений [2]. Для эффективной реализации неявного алгоритма с двойным масштабированием предобусловливателя зону наложения необходимо расширять на один уровень для того, чтобы избежать обменов на этапе балансировки матрицы.

Литература

1. *Garanzha V.A., Kudryavtseva L.N., Utyzhnikov S.V.* Untangling and optimization of spatial meshes // Journal of Computational and Applied Mathematics. – 2014. – October. – V. 269 – P. 24–41.
2. *И. Е. Капорин, О. Ю. Милюкова.* Оптимизация факторизованных предобусловливаний метода сопряженных градиентов для решения систем линейных алгебраических уравнений с симметричной положительно определенной матрицей // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. – 2013. – 013 - 17с