

4. Площадь – площадь фигуры, ограниченной графиком вегетационного ряда сверху и пороговой прямой снизу;
 5. Мощность – отношение Площади к Длительности;
 6. Относительная дата максимального значения индекса вегетации;
 7. Отклонение графика вегетационного индекса от симметрии относительно оси, проходящей через середину интервала наблюдений вегетационного индекса.
 8. Среднее значение вегетационного ряда;
 9. Дисперсия вегетационного ряда;
 10. Асимметрия плотности распределения вегетационного ряда.
 12. Максимальное значение первой производной вегетационного ряда на участке от начала цикла до точки максимума вегетационного ряда;
 13. Точка максимума первой производной вегетационного ряда на участке от начала цикла до точки максимума вегетационного ряда;
 14. Максимальное значение второй производной вегетационного ряда на участке от начала цикла до точки максимума вегетационного ряда.
- Основные результаты проведенной работы следующие:
- 1) Определен набор характеристик, описывающих поведение временных рядов вегетационных индексов для использования в задаче распознавания типов культур.
 - 2) Разработан автоматический метод обнаружения типов культур на основе временных рядов вегетационных индексов.
 - 3) Проводятся научно-исследовательские работы по оценке состояния сельхозкультур и прогнозирования урожайности на основе совместного использования снимков низкого, среднего разрешения и наземных наблюдений.

Список литературы

1. Vorobiova, N.S. State estimation of agricultural lands by using remote sensing / N.S. Vorobiova, A.V. Chernov // 9-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: Conference Proceedings in 2 volumes. Vol. 2 / N.I. Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. – Nizhni Novgorod, the Russian Federation, 2008. – P. 295-298.
2. Tou, J. T. Pattern Recognition Principles / J. T. Tou, R. C. Gonzalez – Addison-Wesley, 1974.
3. Song, C. Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects? / C. Song, C. E. Woodcock, K. C. Seto, M. P. Lenney, Scott A. Macomber // Remote Sensing Environment, 2001. – Vol. 75. – P.230–244.
4. Fukunaga, K. Introduction to Statistical Pattern Recognition (Second Edition) / K. Fukunaga – Academic Press, 1990. – P. 592.

УДК 519.6(075)

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА НА СУПЕРКОМПЬЮТЕРЕ "СЕРГЕЙ КОРОЛЕВ"

Дегтярев А.А., Козлова Е.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Для расчета процессов распространения электромагнитного излучения в оптических средах используются математические модели, основанные на дифференциальных уравнениях Максвелла, волновых уравнениях, уравнениях Гельмгольца. В общем случае рассчитываемое электромагнитное поле является четырехмерным, т.е. зависит от трех пространственных и одной временной координат. Но даже в трехмерном случае задача оказывается трудно решаемой на современных персональных компьютерах вследствие

недостатка оперативной памяти и огромной трудоемкости (сотни миллиардов и более вычислительных операций).

В настоящей работе рассмотрен вопрос численного решения нелинейного уравнения Гельмгольца, учитывающего так называемый эффект самовоздействия среды (нелинейность Керра), а также зависимость коэффициента показателя преломления от пространственных координат в сечении, перпендикулярном направлению распространения излучения. Для решения уравнения строится итерационная разностная схема расщепления, в основу которой положена схема Писмена-Рэкфорда.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} - E_{ij}^s}{0,5h_z} = \frac{l}{2k} \left[\Lambda_{h_x} E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} + \Lambda_{h_y} E_{ij}^s + k_{ij}^2 - \bar{k}^2 E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} \right] + \frac{l\pi}{\lambda_0 \bar{n}} \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_0} F E_{ij}^{s+\frac{1}{2}}, \quad i = \overline{1, I-1}; \quad j = \overline{1, J-1}; \\ \frac{E_{ij}^{s+1} - E_{ij}^{s+\frac{1}{2}}}{0,5h_z} = \frac{l}{2k} \left[\Lambda_{h_x} E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} + \Lambda_{h_y} E_{ij}^{s+1} + k_{ij}^2 - \bar{k}^2 E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} \right] + \frac{l\pi}{\lambda_0 \bar{n}} \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_0} F E_{ij}^{s+\frac{1}{2}}, \\ j = \overline{1, J-1}; \quad i = \overline{1, I-1}; \quad s = \overline{0, S-1}; \\ E_{ij}^s \Big|_{s=0} = \psi_{ij}, \quad i = \overline{0, I}, \quad j = \overline{0, J}; \\ E_{ij}^s \Big|_{i=0} = E_{ij}^s \Big|_{i=I} = 0, \quad s = \overline{1, S}, \quad j = \overline{1, J-1}; \\ E_{ij}^s \Big|_{j=0} = E_{ij}^s \Big|_{j=J} = 0, \quad s = \overline{1, S}, \quad i = \overline{1, I-1}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где $\Lambda_{h_x} E_{ij}^s = \frac{E_{i+1j}^s - 2E_{ij}^s + E_{i-1j}^s}{h_x^2}$, $\Lambda_{h_y} E_{ij}^s = \frac{E_{ij+1}^s - 2E_{ij}^s + E_{ij-1}^s}{h_y^2}$ – разностные операторы

Лапласа по переменным x и y соответственно, $F E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} = \left| E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} \right|^2 E_{ij}^{s+\frac{1}{2}}$ – функция учитывающая эффект Керра.

Конечно-разностная схема Писмена-Рэкфорда (1) при любых шагах является устойчивой.

Для расчета решения была разработана последовательная программа. Однако, в связи с нелинейностью, быстро накапливается вычислительная погрешность. Для повышения точности расчета необходимо использование мелких сеток, а так же увеличение количества итераций уточнения, что зачастую делает проблематичным и даже невозможным решение задачи по указанным выше причинам. Для преодоления этой сложности были разработаны параллельные алгоритмы расчета. Первый алгоритм основан на решении СЛАУ методом встречных прогонок с циклическим разбиением, второй на решении СЛАУ методом правой прогонки с циклическим разбиением области.

Было произведено тестирование алгоритмов на персональном компьютере и суперкомпьютере «Сергей Королев». На рисунке 1 приведены графики ускорений параллельных алгоритмов по сравнению с последовательным для суперкомпьютера «Сергей Королев». На рисунке 2 приведены графики ускорений работы программы на суперкомпьютере «Сергей Королев» по сравнению с персональным компьютером, для конкретных алгоритмов.

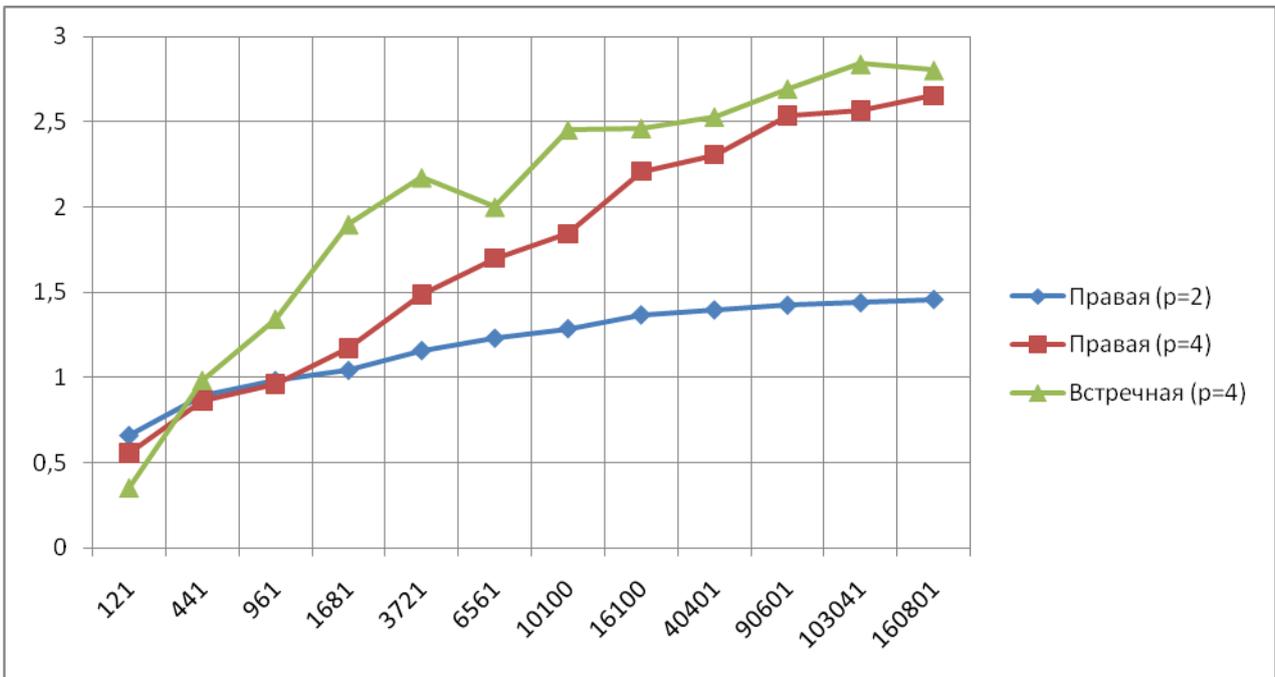


Рисунок 1. Ускорение на суперкомпьютере «Сергей Королев»

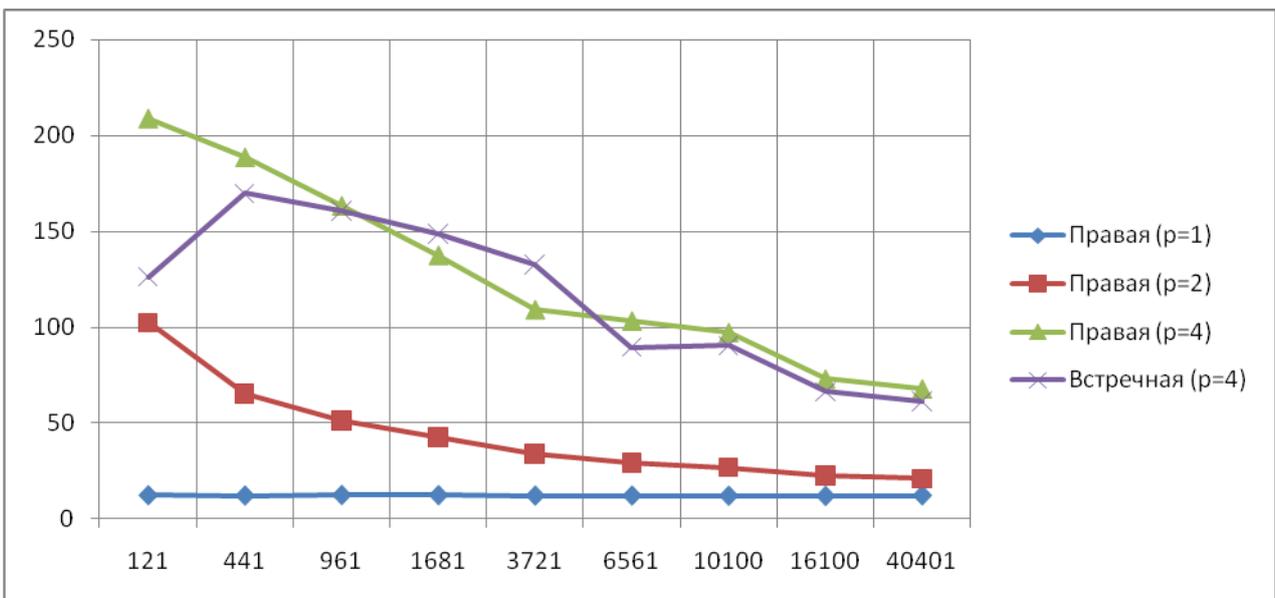


Рисунок 2. Ускорение на суперкомпьютере «Сергей Королев» по сравнению с персональным компьютером

Список литературы

1. М.Б. Виноградова, О.В. Руденко, А.П. Сухоруков Теория волн // М: Наука, 1979.
2. М. Адамас, С.Г. Кривошлыков, В.А. Черных, И.С. Сисакян Введение в теорию оптических волноводов // М: Мир, 1984. – 512 с.
3. А.А. Самарский Численные методы // М: Наука, 1958.
4. Голуб, Дж. Матричные вычисления / Дж. Голуб, Ч. Ван Лоун - М.:Мир, 1999.- 548 с.