входной, радиальный и выходной. Радиальные элементы берутся по одному на каждое обучающее наблюдение (элемент из обучающего множества). Каждый из них представляет гауссову функцию с центром в этом наблюдении. Каждому классу, по которым будет производиться классификация, соответствует один выходной элемент. Каждый такой элемент соединен со всеми радиальными элементами, относящимися к его классу, а со всеми остальными радиальными элементами он имеет нулевое соединение. Таким образом, выходной элемент просто складывает отклики всех элементов, принадлежащих к его классу. В основе этой сети лежит байесова статистика, в которой правильность модели оценивается по имеющимся достоверным данным.

Данная модель также представляется неподходящей для нас вследствие необходимости введения большого числа радиальных элементов, что обусловлено размером обучающего множества. Число нейронов в выходном слое также необходимо выбрать большим, поскольку для обеспечения необходимой точности потребуется создание большого количества классов.

Задачей на следующем этапе является практический анализ данных моделей нейронных сетей. Реализовав данные модели нейронных сетей с помощью имеющегося программного обеспечения, необходимо спрогнозировать потребление электроэнергии и выбрать оптимальную модель сети на практике. После необходимо проанализировать получившиеся результаты с помощью математического аппарата, а именно с помощью статистических методов. На данном этапе необходимо определить характер получившихся в результате прогнозирования отклонений. Основной же целью работы является получение критериев отбора архитектуры нейронной сети, которые зависят от поставленной задачи.

Список литературы

1. **Каллан Р.** Основные концепции нейронных сетей / пер. с англ. и ред. А. Г. Сивака. М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. 287 с.
2. **Комашинский В. И.** Нейронные сети и их применение в системах управления и связи / В. И. Комашинский, Д. А. Смирнов. М.: Горячая линия-Телеком, 2003. 94 с.
3. **Лю Б.** Теория и практика неопределенного программирования / пер. с англ. Ю. В. Тюменцева, Ю. Т. Каганова; под ред. Ю. В. Тюменцева. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 416 с.
4. **Основы теории нейронных сетей** [Электронный ресурс]: курс лекций / Интернет университет информационных технологий; авт. курса Г. Э. Яхъева. URL: http://www.intuit.ru/department/ds/neuronnets/1
5. **Осовский С.** Нейронные сети для обработки информации / пер. с польского И. Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ СТРОЧНО ОРИЕНТИРОВАННАЯ СХЕМА (2,1)-МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЖЕСТКИХ ЗАДАЧ

Ващенко Геннадий Васильевич
Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск

Представлены параллельная строчно ориентированная схема (2,1)-метода из класса (m, k)- методов численного решения начальной задачи для жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, а также параллельный алгоритм ориентированный на многопроцессорные вычислительные системы кластерной архитектуры с применением топологии полный граф и гиперкуб.

Введение

Во многих приложениях возникает необходимость численного решения задачи Коши для жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Стремление к более точному описанию физических процессов приводит к постоянному росту размерности и жесткости соответствующих задач. Одним из методов численного решения жестких задач являются (m, k)- методы [Новиков, Шитов, Шокин, 1988]. В работе представлены параллельная вычислительная схема (2,1)-метода и алгоритм, ориентированный на применение в многопроцессорных вычислительных системах кластерной архитектуры с применением топологии полный граф и гиперкуб. Основной подход при формировании параллельного алгоритма (2,1)- метода состоял в использовании декомпозиции на подзадачи и установлении взаимосвязи между ними [Воеводин, Воеводин, 2002], [Hendrickson, Kolda, 2002].

1. Последовательный (2,1)-метод

Рассматривается задача Коши для автономной системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка

$$y' = f(y),\ y(t_0) = y^0 \tag{1}$$

Для численного решения задачи (1) применяется (2,1) - метод из семейства (m, k) -методов, (n +1)-й шаг этого метода задается формулами

$$y^{(n+1)} = y^{(n)} + p_1 K_1^{(n)} + p_2 K_2^{(n)}, \tag{2}$$

$$D_n = E - a h_n f'_n,\ D_n K_1^{(n)} = h_n f_n,\ D_n K_2^{(n)} = K_1^{(n)}$$

Конкретный вид (2) определяется коэффициентами a, p_1 и p_2 [Новиков, 2008], [Новиков, 1997].

Для определенности зададимся некоторым отрезком [t_0, T] и введем равномерную сетку w_n= {t_k; $t_k = kh$,

$1 \le k \le M\}$. На сетке w_n в начальный момент времени t_0 зададим вектор начального условия $y^{(0)} = (y_1^{(0)}, y_2^{(0)}, \dots, y_N^{(0)})$. Тогда определение значений компонент вектора приближенного решения осуществляется по формуле (2), записанной для вычисления каждой компоненты вектора $y^{(n+1)}$,

$$y_i^{(n+1)} = y_i^{(n)} + p_1 k_{1,i}^{(n)} + p_2 k_{2,i}^{(n)},\ i = 1, 2, \dots, N, \tag{3}$$

где N - размерность исходной системы, коэффициенты $k_{1,i}^{(n)}$ и $k_{2,i}^{(n)}$ определяются на каждом n-ом шаге интегрирования из системы уравнений

$$D_n K_1^{(n)} = hf_n,\ D_n K_2^{(n)} = K_1^{(n)} \tag{4}$$

Введем обозначения для элементов матрицы D_n и вектор - функции f(y) правой части исходной системы (1).

$$d_{ij}^{(n)} = \begin{cases} 1 - ahf_{ii}^{(n)}, i = j \\ -ahf_{ij}^{(n)}, i \ne j \end{cases},\quad hf_n = g_n = (g_1^{(n)}, g_2^{(n)}, \dots, g_N^{(n)})^T .$$

Здесь $f_{ij}^{(n)} = \left(\dfrac{\partial f_i(y)}{\partial y_j} \right)_{\substack{i=1,2,\dots,N \\ j=1,2,\dots,N}}$ - элементы матрицы Якоби правой части системы (1), вычисленной на векторе $y^{(n)}$.

Предложение 1. Пусть задана система (1) правая часть которой есть гладкие по всем своим аргументам y_i, $i = 1, 2, \dots, N$ вещественные N-мерные функции $f(y)$ и пусть на заданном $[t_0, T]$ определена равномерная сетка w_n, в каждом n-ом узле которой выполняются условия $D_n \in R^{N\text{x}N}$ и $D_n^{(k)} \ne 0$ - главные миноры матрицы D_n, $k = 1, 2, \dots, N-1$. Тогда для $(n + 1)$-го шага (2,1)- метода имеют место формулы

$$k_{1,N}^{(n)} = \frac{g_N^{(n)} - \sum\limits_{p=1}^{N-1} \dfrac{d_{i,p}^{(p)}}{d_{p,p}^{(p)}} g_p^{(n)}}{d_{N,N}^{(N)}};\ k_{1,i}^{(n)} = \frac{g_i^{(n)} - \sum\limits_{p=1}^{i-1} \dfrac{d_{i,p}^{(p)}}{d_{p,p}^{(p)}} g_p^{(n)} - \sum\limits_{p=i+1}^{N} d_{i,p}^{(p)} k_{1,p}^{(n)}}{d_{i,i}^{(i)}},\ i = N-1, \dots, 1; \tag{5}$$

$$k_{2,N}^{(n)} = \frac{g_N^{(n)} - 2\sum\limits_{p=1}^{N-1} \dfrac{d_{i,p}^{(p)}}{d_{p,p}^{(p)}} g_p^{(n)}}{\left[d_{N,N}^{(N)} \right]^2};\ k_{2,i}^{(n)} = \frac{k_{1,i}^{(n)} - \sum\limits_{p=i+1}^{N} d_{i,p}^{(p)} k_{2,p}^{(n)}}{d_{i,i}^{(i)}},\ i = N-1, \dots, 1; \tag{6}$$

$$y_i^{(n+1)} = y_i^{(n)} + p_1 k_{1,i}^{(n)} + p_2 k_{2,i}^{(n)},\ i = 1, 2, \dots, N.$$

Доказательство. Прежде всего, отметим, что гладкость $f(y)$ обеспечивает условие существования единственного решения задачи Коши на $[t_0, T]$.

Условие $D_n^{(k)} \ne 0,\ k = 1, 2, \dots, N-1$ обеспечивает выполнение LU-факториза ции матрицы D_n в каждом узле сетки w_n [Фадеев, Фадеева, 1963], [Ващенко, 2005], [Хайрер, Ваннер, 1999]. Выполняя факторизацию с замещением и разрешая полученную систему относительно $k_{1,i}^{(n)}$ получим формулы (5), а разрешая систему относительно $k_{2,i}^{(n)}$ - формулы (6).

Практическая реализация вычислений по приведенным формулам зависит от системы программирования, способа организации вычислений правой части системы (1) и способа факторизации (способа выбора ведущих элементов), а также от подходов к формирования числовых массивов и доступа к их элементам.

2. Параллельная строчно ориентированная схема и алгоритм

При разработке параллельной строчно ориентированной схемы будем основываться на последовательной схеме (5), (6). Для определенности предположим, что вычислительная система состоит из p компьютеров.

Предложение 2. Пусть выполнены условия предложения 1 и пусть размерность N системы (1) превосходит размерность вычислительной системы p, $N > p$ и матрица D_n имеет блочно строчную схему размещения и хранения,_ $d_{l_z}^{(n)} \in Comp(z),\ z = 1, 2, \dots, p;\ l_z = (z-1)m + 1, \dots, zm$. Тогда для $(n + 1)$-го шага (2,1)- метода имеет место параллельная вычислительная схема

$$k_{1,mp}^{(n)} = \frac{g_{mp}^{(n)} - \sum_{j=1}^{mp-1} \frac{d_{mp,j}^{(j)}}{d_{j,j}^{(j)}} g_j^{(n)}}{d_{mp,mp}^{(mp)}}; \; k_{1,l_z}^{(n)} = \frac{g_{l_z}^{(n)} - \sum_{j=l_z}^{l_z-1} \frac{d_{mp,j}^{(j)}}{d_{j,j}^{(j)}} g_j^{(n)} - \sum_{j=l_z+1}^{mp} d_{l_z,j}^{(j)} k_{1,j}^{(n)}}{d_{l_z,l_z}^{(l_z)}},$$

$$z = 1, \dots, p; \; l_z = (z-1)m+1, \dots, zm; \tag{7}$$

$$k_{2,mp}^{(n)} = \frac{g_{mp}^{(n)} - 2\sum_{j=1}^{mp-1} \frac{d_{mp,j}^{(j)}}{d_{j,j}^{(j)}} g_j^{(n)}}{\left[d_{mp,mp}^{(mp)}\right]^2}; \; k_{2,l_z}^{(n)} = \frac{k_{1,l_z}^{(n)} - \sum_{j=l_z+1}^{mp} d_{l_z,j}^{(j)} k_{2,j}^{(n)}}{d_{l_z,l_z}^{(l_z)}}, \tag{8}$$

$$z = 1, \dots, p; \; l_z = (z-1)m+1, \dots, zm.$$

$$y_{l_z}^{(n+1)} = y_{l_z}^{(n)} + p_1 k_{1,l_z} + p_2 k_{2,l_z}, \; z = 1, 2, \dots, p; \; l_z = (z-1)m+1, \dots, zm \; .$$

Доказательство. Положим $N = mp$, тогда матрица $\underline{D_n}$ будет размещена на p компьютерах по m строк, $d_{l_z}^{(n)} \in Comp(z), \; z = 1, 2, \dots, p; \; l_z = (z-1)m+1, \dots, zm$.

Выполняя блочную по строкам LU -факторизацию с одновременным решени ем нижнетреугольной системы,

$$g_{l_z}^{(n)} = g_{l_z}^{(n)} - \sum_{j=l_z}^{l_z-1} \frac{d_{mp,j}^{(j)}}{d_{j,j}^{(j)}} g_j^{(n)}, \; z = 1, \dots, p; \; l_z = (z-1)m+1, \dots, zm,$$

затем разрешая блочно строчную верхнетреугольную систему относительно $k_{1,l_z}^{(n)}$ получим формулы (7), а разрешая систему относительно $k_{2,l_z}^{(n)}$ - формулы (8).

Обобщенный строчно ориентированный параллельный алгоритм вычисле ния вектора приближенного решения $y^{(n+1)}$ сформулируем следующим образом.

Алгоритм. Пусть задана система (1), правая часть которой гладкая по всем аргументам y_i, $1 \le i \le N$ и пусть на заданном отрезке $[t_0, T]$ определена равномерная сетка w_n, в каждом узле которой выполнены условия LU-фактори зации. Тогда для решения задачи Коши (2,1)-методом в вычислительной системе из p компьютеров, $Comp(z)$, $1 \le z \le p$, и строчной схемой хранения, $d_{l_z}^{(n)} \in Comp(z), \; z = 1, 2, \dots, p; \; l_z = (z-1)m+1, \dots, zm$, справедлив следующий параллельный алгоритм.

Шаг 1. пересылка y^0 из $Comp(1)$ всем $Comp(z), z = 1, 2, \dots, p$

в каждом $Comp(z), z = 1, 2, \dots, p$ построение блока из

l_z – строк матрицы D_n

Шаг 2. декомпозиция $D_n = \mathrm{Par\_LU\_Decompos}(D_n)$

Шаг 3. вычисление $K_1^{(n)} = \mathrm{Par\_LU\_Solution}(D_n, g)$

Шаг 4. вычисление $K_2^{(n)} = \mathrm{Par\_LU\_Solution}(D_n, K_1^{(n)})$

Шаг 5. в $Comp(z), z = 1, 2, \dots, p$ вычисление $y_{l_z}^{(n+1)} = y_{l_z}^{(n)} + p_1 k_{1,l_z}^{(n)} + p_2 k_{2,l_z}^{(n)}$;

пересылка $y_{l_z}^{(n+1)}$ от $Comp(z)$ всем

на $Comp(1)$ формирование вектора $y^{(n+1)}$.

Пересылка $y_{l_z}^{(n+1)}$ всем компьютерам необходима для построения строк матрицы D_n в следующем $(n+1)$-м узле сетки и формирования на $Comp(1)$ полученного вектора приближенного решения $y^{(n+1)}$. Для расчета в одном узле сетки w_n число пересылок составит $3p(p\text{-}1) \approx O(3p^2)$. При высокой размерности исходной задачи (1) затраты на пересылку являются определяющими для времени решения (1). Сокращение затрат в общем случае можно уменьшить укрупнением блоков хранения и размещения.

3. Заключение

Предложенный параллельный алгоритм может служить основой для разработки алгоритмов решения задачи Коши (2,1)-методом с контролем точности вычислений и устойчивости численной схемы.

Как показали исследования представленного параллельного алгоритма и вариантов его организации, подходящими топологиями для реализации могут быть полный граф и гиперкуб.

Список литературы

1. **Ващенко Г. В.** Вычислительная математика. Основы конечных методов решения систем линейных алгебраических уравнений. Красноярск: СибГТУ, 2005. 80 с.
2. **Воеводин В. В., Воеводин Вл. В.** Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 806 с.

3. **Новиков Е. А.** Алгоритм интегрирования переменной структуры для решения жестких задач на основе явного и L-устойчивого методов // Вестник СибГАУ. 2008. № 1 (18). С. 75-78.
4. **Новиков Е. А.** Явные методы для жестких систем. Новосибирск: Наука, 1997. 197 с.
5. **Новиков Е. А., Шитов Ю. А., Шокин Ю. И.** Одношаговые методы решения жестких систем // ДАН СССР. 1988. № 6. Т. 301. С. 1310-1314.
6. **Фадеев Д. К., Фадеева В. Н.** Вычислительные методы линейной алгебры. М.: Физматгиз, 1963. 734 с.
7. **Хайрер Э., Ваннер Г.** Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие и дифференциально-алгебраические задачи. М.: Мир, 1999. 685 с.
8. **Hendrickson B., Kolda Tamara G.** Graph partitioning models for parallel computing // Parallel computing. 2002. № 12. V. 26. P. 181-197.

РОТАЦИОННОЕ РЕЗАНИЕ КАК КАЧЕСТВЕННЫЙ СКАЧОК В ЭВОЛЮЦИИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Гатитулин Мавлет Нигаматович, Сметанин Сергей Дмитриевич
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Общая закономерность познания такова, что сначала исследуются качественные различия вещей, явлений, а затем их количественные закономерности, это позволяет глубже познать их сущность.

Резание - один из наиболее развитых способов обработки материалов, основанный на использовании механического движения инструмента относительно обрабатываемой заготовки. Принципиально этот процесс не изменился за время своего существования. Независимо от метода обработки, конструкции и материала инструмента, взаимодействие последнего с обрабатываемым материалом рассматривается как взаимодействие трущихся поверхностей: одна из них, принадлежащая обрабатываемой заготовке и поверхности резания непрерывно скользит по другой, принадлежащей инструменту. При этом процесс трения со стороны первой поверхности осуществляется непрерывно обновляющимися участками, образующимися при отделении стружки от основного материала. Таким образом, процесс резания - это процесс трения инструмента об обрабатываемую поверхность заготовки, вследствие чего механическое движение преобразуется в деформации инструмента и заготовки с образованием стружки и выделением теплоты.

Данное открытие использовалось древними людьми для добывания огня трением. Но при резании материалов теплота играет двоякую, противоречивую роль. С одной стороны, происходит нагрев детали и облегчается процесс резания вследствие снижения ее прочности. С другой стороны, происходит нагрев инструмента, его твердость и прочность тоже снижаются. Но нагревается уже обработанный участок поверхности заготовки, в то время как инструмент продолжает обрабатывать новые, еще не нагретые участки поверхности заготовки, в то время как у него нагревается один и тот же рабочий участок. Указанные особенности приводят к тому, что совершение механического движения при традиционном резании неотделимо от трения скольжения между поверхностями обрабатываемой заготовки и инструмента и износом последнего.

Потребности общественного производства требуют высокопроизводительной работы инструмента. Это, в свою очередь, предполагает применение высоких режимов обработки: скорости резания и подачи. Количественное увеличение скоростей механического движения приводит к увеличению количества теплоты, выделяемой в процессе резания, к интенсивному нагреву инструмента и к снижению его стойкости. Современные направления в повышении стойкости инструментов, заключающиеся в совершенствовании инструментальных материалов, обладающих высокой прочностью, износостойкостью и не теряющих своих свойств при высоких температурах, в настоящее время себя практически исчерпали. Но прогресс техники и технологий, необходимость резания труднообрабатываемых сплавов и композитов с обеспечением высокой точности и низкой шероховатости поверхностей требуют дальнейшего и многократного повышения производительности обработки резанием.

Известно, что стойкость инструмента со скоростью резания связаны гиперболической зависимостью [1]. С увеличением скорости резания до бесконечно большого значения, стойкость единичного режущего лезвия инструмента стремится к своему нулевому значению. С уменьшением скорости резания до нулевого значения, стойкость режущего лезвия стремится к бесконечно большому значению. Но в этом случае резко падает производительность обработки. При нулевой скорости процесс резания невозможен. То есть, при обработке традиционным инструментом всегда возникает необходимость принятия компромиссного решения между скоростью резания и стойкостью инструмента.

Очевидно, что для разрешения основных противоречий в процессе резания необходимо создать условия для инструмента, при которых кинетическое трение в контактной зоне будет минимальным [3]. С этой целью дальнейшее развитие получили способы обработки резанием, включающие наряду с обновлением трущихся поверхностей обрабатываемого материала заготовки также и обновление трущихся поверхностей инструмента. Решение этого вопроса привело к созданию ротационного инструмента, имеющего режущее лезвие круглой формы, вращающееся в процессе обработки вокруг своей оси. Отличительной особенностью ротационного резания является придание круглому режущему лезвию дополнительного движения, близкого по величине геометрической сумме ранее известных движений - скорости резания и скорости подачи [2, 4]. Тем самым снимается первое противоречие процесса резания. Направление дополнительного движения