

6. Вовлечение всех структур муниципалитета в процесс реализации мероприятий программы.

7. Создание благоприятных условий для развития предпринимательства и его поощрение за соблюдение норм охраны труда (например, предоставление льгот, субсидий и прочего).

8. Привлечение нецентрализованных средств и средств негосударственных структур (в их сочетании) и стимулирование последних.

9. Совершенствование системы контроля за деятельностью предприятий, расположенных на территории региона; применение системы аудирования и сертификации по международному стандарту OHSAS 18001:2007.

10. Ориентация на местные ресурсы при разработке мероприятий программы.

11. Снижение, исключение дублирования мероприятий, предусмотренных другими программами (согласование действий в процессе разработки и реализации мероприятий).

12. Упорядочение и оптимизация функций, задач и на этой базе экономия затрат на содержание большого числа контролирующих организаций и учреждений; создание единой системы информации, анализа, контроля, мониторинга природопользования путем объединения усилий и возможностей существующих организаций.

13. Удовлетворение потребностей в области охраны труда.

14. Обеспечение оптимальных условий работы и фактического соблюдения положений по охране труда.

15. Изыскание резервов оптимизации охраны труда, снижения травматизма и затрат на это.

B. V. Sevastyanov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

E. A. Chernykh, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

R. O. Shadrin, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Prediction Indicative Factors Necessary to Develop the Program on Improvement of Workmen Labor Conditions and Protection in Udmurt Republic

Programs on improvement of workmen labor conditions and protection in Udmurt Republic, Tatarstan and Bashkortostan over 2002-2012 are analyzed. Indicators of their formation are established. Activities are described in details, necessary to ensure the stable, long-term, sustainable, socially and economically safe development of the region within the target planned activity.

Key words: regional programs, labor protection, indicative factors of labor protection, program and target planning.

УДК 004.942

Е. С. Косов, аспирант, Чайковский технологический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОКУСИРУЮЩИХ СВОЙСТВ АКСИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Рассматриваются способы кодирования очередей заданий для применения в генетическом алгоритме. Предложен метод оценки и ранжирования заданий и вычислительных узлов для оптимального составления расписания и распределения заданий на множестве вычислительных ресурсов.

Ключевые слова: генетический алгоритм, прецизионная фокусировка, распределенные вычисления, составление расписаний.

Технологии прецизионного воздействия мощных ионных потоков находят широкое применение в различных областях науки и техники, в частности при изготовлении специальных видов стекла, керамики, полупроводниковых материалов, модификации оптических, механических, каталитических и других характеристик материалов, ионной имплантации [1, 2]. Особый интерес для прецизионной фокусировки представляют аксиально-симметричные магнитные поля со степенной зависимостью [3]. Использование аксиально-симметричных магнитных полей [4] и линейно-

протяженных ионных источников [5] позволяет фокусировать потоки мощностью $W = 2,57 \cdot 10^4$ Вт в области $r = 5$ мкм и достигать плотности мощности $\sigma_w = 3,27 \cdot 10^{14}$ Вт/м² в микронной области вещества. Сопоставимые плотности энергии ($\sigma \approx 10^{11} - 10^{15}$ Вт/м²) до сих пор были получены только в случае фокусировки лазерного луча [6].

Широта применения устройств подобного рода требует проведения множества ресурсоемких расчетов для подбора требуемой конфигурации (основных параметров) прибора, подходящей к той или иной

задаче. Возникает необходимость в проведении распределенных вычислительных экспериментов.

В существующих системах распределенных вычислений [7] планировщики заданий для составления оптимальных расписаний используют информацию о заданиях, полученную эмпирическим путем [8].

В данном случае математическая модель и канонический метод интегрирования уравнений движения заряженных частиц в аксиально-симметричных магнитных полях [9] не позволяют взять за предпологаемое время обработки одного набора данных время, затраченное на обработку других начальных данных (численные значения могут быть близкими, но количество шагов интегрирования может различаться существенно).

Возникает необходимость в разработке такого планировщика заданий, который автоматически проводил бы оценку (ранжировал) задания в очереди, после чего и составлял бы расписание.

Основной задачей системы является оптимальное распределение заданий на вычислительные узлы. Будем рассматривать эту задачу в следующем варианте постановки. Исходными данными для построения расписания являются: 1) множество наборов начальных данных (ННД); 2) множество ресурсов – вычислительных узлов (ВУ); 3) критерий оптимальности расписания (целевая функция) и функция его вычисления по заданным атрибутам – ННД и ВУ.

Расписание обработки заданного множества ННД определено, если для каждого ННД задана привязка к одному из ВУ. Привязка – это всюду определенная на множестве ННД функция, которая задает распределение наборов начальных данных по вычислительным узлам. Расписание является корректным, если каждый ННД назначен на ВУ, притом лишь на один ВУ.

Для однозначного распределения ННД по вычислительным узлам необходимо для каждого набора знать номер узла, на котором он будет выполняться.

Информацию о процессе выполнения программы удобно представлять в виде строки следующего вида: 1) количество чисел в строке (длина строки) соответствует количеству ННД; 2) каждая позиция строки соответствует одному ННД, порядковый номер которого в очереди равен номеру позиции в строке; 3) число в позиции строки показывает, на каком ВУ будет выполняться данная работа.

Например, строка <12213> обозначает, что для упорядоченного списка из 5 ННД выполнение на системе, состоящей из 3 вычислительных узлов, будет осуществляться по схеме: 1-й и 4-й набор начальных данных будут отправлены на 1-й вычислительный узел, 2-й и 3-й – на 2-й ВУ, а 5-й – на 3-й узел. Имея эту информацию, информацию о порядке выполнения процессов об относительной сложности модели (вес задачи), а также о времени обработки каждой работы t_i , $i = 1, \dots, N$ можно рассчитать для каждой из работ время начала выполнения $t_{0,i}$, $i = 1, \dots, N$, где N – количество работ, а t – безразмерная величина характеризующая время выполнения заданий, $t = W/P$, где W – вес задачи; P – мощ-

ность вычислительного узла (рейтинг производительности).

Зная время выполнения работы t_i и время начала выполнения работы $t_{0,i}$, можно посчитать время завершения работы $T_i = t_{0,i} + t_i$. Критерием эффективности данной системы планирования является время выполнения всех работ (время обработки всех наборов начальных данных). Исходя из данного критерия, целевой функцией является уменьшение максимального времени окончания обработки $F = \min(\max T_i), i = 1, \dots, N$.

Генетический алгоритм выполняется по классической схеме: 1) генерация начальной популяции; 2) скрещивание; 3) мутация; 4) формирование новой популяции; 5) оценка приспособленности новой популяции [10, 11].

Начальная популяция генерируется случайным образом. Номера вычислительных узлов преобразуются в двоичные значения, которыми оперирует генетический алгоритм.

Преобразование кода ВУ в код Грея: $G_i = B_i \oplus B_{i+1}$, где G_i – представление номера ВУ в хромосоме; B_i – номер ВУ; B_{i+1} – номер ВУ сдвинутый вправо на 1 бит.

Скрещивание проводится по следующей схеме: 1) из популяции с вероятностью $P_S(S_i)$ выбираются две строки (две родительские хромосомы); 2) производится разрыв строки, место которого выбирается случайным образом; 3) строки обмениваются значениями по месту разрыва.

Вероятность попадания в родительские хромосомы: $P_S(S_i) = F(S_i) / \sum_{k=1}^{N_{ids}} F(S_k)$, где $P_S(S_i)$ – вероятность попадания в родительские хромосомы для особи S_i ; $F(S_i)$ – приспособленность i -й хромосомы; $\sum_{k=1}^{N_{ids}} F(S_k)$ – приспособленность популяции в целом; N_{ids} – количество хромосом в популяции. Вероятность мутации $P_M(S_i)$ равняется $1 - P_S(S_i)$.

После скрещивания и мутации необходимо определить приспособленность новой популяции, для чего нужно произвести обратное преобразование кода Грея в номер ВУ $G_i = B_i \oplus B_{i+1}$, где B_i – номер ВУ; G_i – представление номера ВУ в хромосоме; B_{i+1} – номер ВУ сдвинутый вправо на 1 бит.

Вычисление приспособленности хромосомы: $F(S_k) = \max_{n=1, N_n} \left(\sum_{j=1}^{N_{ids}} W_{ids_j}^n \right)$, где $F(S_k)$ – приспособленность k -й хромосомы, $k \in [1, N_{ids}]$; $\sum_{j=1}^{N_{ids}} W_{ids_j}^n$ – суммарное время обработки ННД на n -м ВУ; N_{ids} – количество ННД (хромосом) в популяции; N_n – количество доступных ВУ; n – номер ВУ; j – номер ННД.

Критерием останова алгоритма служит неулучшение целевой функции для лучшей из строк на протя-

жении заданного числа шагов C . Кроме того, после проведения ряда экспериментов можно выбрать количество итераций алгоритма C , необходимое для получения оптимального решения, и в дальнейшем останавливать алгоритм после такого числа итераций.

Весы ННД, моделей и мощности ВУ необходимо оценить таким образом, чтобы можно было ранжировать их относительно друг друга.

На первом шаге необходимо запустить эталонную модель для эталонного ННД на эталонном компьютере (какие именно модели и ННД будут считаться эталонными, решается модулем сбора сведений и оценки веса задач, в качестве эталонного ВУ используется сервер на котором расположен планировщик). В результате будет получено эталонное время t_3 .

Для оценки мощности ВУ эта же модель с тем же ННД должна быть запущена на всех доступных ВУ. В результате, для каждого ВУ будет получено время, необходимое для обработки эталонной модели, которое можно сравнивать с временем обработки на эталонном компьютере $P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n, \dots, p_{N_{\text{ВУ}}-1}, p_{N_{\text{ВУ}}}\}$ – множество мощностей всех ВУ, где p_n – время прогона эталонной модели на ВУ с номером n ($n \in [1, N_{\text{ВУ}}]$); $N_{\text{ВУ}}$ – количество доступных ВУ, $N_{\text{ВУ}} \in N$.

Для оценки веса модели она запускается на эталонном компьютере с эталонным ННД. В результате будет получено время прогона W_M^3 .

Наиболее важным является вес ННД, для его оценки необходимо рассчитать время обработки ННД на эталонном ВУ, сравнивая значения эталонного и расчетного ННД (1), а затем, сравнивая мощности эталонного ВУ с остальными ВУ, можно получить предполагаемое время обработки ННД на данном ВУ (2).

$$W_{ids_{id}}^{M3} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{N_1} parp_i^{id} / \sum_{j=1}^{N_2} paro_j^{id} \right)}{\left(\sum_{k=1}^{N_1} parp_k^3 / \sum_{l=1}^{N_2} paro_l^3 \right)} \cdot W_M^3, \quad (1)$$

где $W_{ids_{id}}^{M3}$ – время обработки ННД с номером id ($id \in N$) на эталонном компьютере, для модели M ; $parp_i^{id}$ – значение i -го параметра в составе ННД с номером id ($id \in N$), влияющего прямо пропорционально на время расчетов, $i \in [1, N_1]$; $paro_j^{id}$ – значение j -го параметра в составе ННД с номером id ($id \in N$), влияющего обратно пропорционально на время расчетов, $j \in [1, N_2]$; $parp_k^3$ – значение k -го параметра в составе эталонного ННД с номером id ($id \in N$), влияющее прямо пропорционально на время расчетов, $k \in [1, N_1]$; $paro_l^3$ – значение l -го параметра в составе эталонного ННД с номером id ($id \in N$), влияющее обратно пропорционально на время расче-

тов, $l \in [1, N_2]$; N_1 – кол-во входных параметров модели M , влияющих прямо пропорционально, $N_1 \in N$; N_2 – кол-во входных параметров модели M , влияющих обратно пропорционально, $N_2 \in N$; W_M^3 – время прогона модели M с эталонным ННД, на эталонном компьютере; M – номер модели, $M \in N$.

$$W_{ids_{id}}^{Mn} = W_{ids_{id}}^{M3} \cdot \frac{t_3}{p_n}, \quad (2)$$

где $W_{ids_{id}}^{Mn}$ – время обработки ННД с номером id ($id \in N$) на ВУ с номером n ($n \in [1, N_{\text{ВУ}}]$), для модели с номером M ($M \in N$); $W_{ids_{id}}^{M3}$ – время обработки ННД с номером id ($id \in N$) на эталонном компьютере, для модели M ($M \in N$); t_3 – время обработки эталонной модели на эталонном компьютере; p_n – время обработки эталонной модели на ВУ с номером n ($n \in [1, N_{\text{ВУ}}]$); $N_{\text{ВУ}}$ – количество доступных ВУ.

Таким образом, предложенный метод оценки и ранжирования заданий и вычислительных узлов дает возможность использовать генетический алгоритм для оптимального составления расписания проведения ресурсоемких вычислений. Данный генетический алгоритм используется в программном комплексе «Моделирование фокусирующей системы», применяемом для расчетов основных параметров приборов прецизионной обработки материалов.

Библиографические ссылки

1. Физическая энциклопедия. Т. 2. – М. : Большая Российская Энциклопедия, 1992. – С. 197–199.
2. Рудаков Л. И. Сильноточные пучки заряженных частиц // Статьи соросовского образовательного журнала. – 1996. – С. 105–110.
3. Зигбан К., Нордлинг К. Электронная спектроскопия : пер. с англ. – М. : Мир, 1973. – с. 493.
4. Пат. № 2427056. Фокусирующая система (варианты) / Е. А. Морозов, И. Н. Ефимов. – Зарег. в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 августа 2011 г.
5. Пат. № 2389105. Устройство создания ионных потоков / Е. А. Морозов, И. Н. Ефимов. – Зарег. в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 мая 2010 г.
6. Горизонты петаваттных лазерных комплексов / А. В. Коржиманов [и др.] // Успехи физических наук. – 2011. – Т. 181. – С. 9–32.
7. Топорков В. В. Модели распределенных вычислений. – М. : Физматлит, 2004. – 320 с. : ил.
8. Филамофитский М. П. Система поддержки метакомпьютерных расчетов X-Com: архитектура и технология работы // Вычислительные методы и программирование. – 2004. – Т. 5. – С. 123–137.
9. Ефимов И. Н., Морозов Е. А. Каноническое интегрирование динамических систем. – Екатеринбург ; Ижевск : Изд-во Ин-та экономики УРО РАН, 2006. – С. 199.
10. Holland J. H. Adaptation in natural and artificial systems. – Ann Arbor : University of Michigan Press, 1975. – 211 p.
11. Goldberg D. E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. – Reading (MA) : Addison-Wesley, 1989. – 372 p.

E. S. Kosov, Post-graduate, Tchaikovsky Technology Institute (branch) of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Genetic Algorithm for Researching Focus Advantages of Axial Symmetric Magnetic Fields

The paper considers the ways of job queue coding as applied to a genetic algorithm. The method is proposed to estimate and rank jobs and computation nodes for optimal jobs scheduling and distributing within the set of computational resources.

Key words: genetic algorithm, high-precision focusing, distributed computing, scheduling.

УДК 519.71

Д. Р. Шишов, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова
А. М. Сметанин, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ПОИСК ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ДОМИНИРОВАНИИ И ФОНОВОГО АЛГОРИТМА

Рассматривается решение задачи о доминировании для оптимизации поиска объектов в дескрипторной информационной системе с использованием графовых моделей. Предлагается алгоритм информационного поиска в фоновом режиме. Предложенные алгоритмы и решения позволяют уменьшить временные затраты на соответствующие операции при задаче восстановления информации.

Ключевые слова: задача о доминировании, фоновый поиск, дескрипторные информационные системы, информационный граф.

Задачу о доминировании (как и задачу интервального поиска) можно отнести к интенсивно развивающемуся сейчас направлению, называемому вычислительной геометрией, связанному с геометрической интерпретацией необязательно геометрических объектов [1]. Многомерная задача о доминировании состоит в поиске в конечном подмножестве n -мерного пространства всех тех точек, которые по каждой из компонент не больше, чем запрос, являющийся точкой данного пространства ($n \geq 1$). Опишем тип задач поиска, соответствующий n -мерной задаче о доминировании.

Пусть $Y_{dom} = [0, 1]^n$ и $X_{dom} = [0, 1]^n$ – множества записей и запросов соответственно. Пусть на X_{dom} задано вероятностное пространство $\langle X_{dom}, \sigma, P \rangle$, где P задается плотностью распределения вероятностей $p(x)$. Отношение поиска ρ_{dom} , определенное на $X_{dom} \times Y_{dom}$, задается следующим образом:

$$(x_1, \dots, x_n) \rho_{dom} (y_1, \dots, y_n) \Leftrightarrow \forall i = \overline{1, n} \quad y_i \leq x_i.$$

Тип $S_{dom} = \langle X_{dom}, Y_{dom}, \rho_{dom}, \sigma, P \rangle$ назовем типом задач о доминировании.

Последовательные алгоритмы решения задачи о доминировании

Пусть

$$G_1 = \left\{ g_{i, \dots, m}(x_1, \dots, x_n) = \max(1,]x_i \cdot m[) : i \in \overline{1, n-1} \right\};$$

$$G_2 = \left\{ g_{i, <, a}(x_1, \dots, x_n) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_i < a \\ 2, & \text{если } x_i \geq a \end{cases} : i \in \overline{1, n-1} \right\};$$

$$F_1 = \left\{ f_{n, \geq, a}(x_1, \dots, x_n) = \begin{cases} 0, & \text{если } x_n < a \\ 1, & \text{если } x_n \geq a \end{cases} : a \in [0, 1] \right\};$$

$$a \in [0, 1], \tilde{F} = \langle F_1, G_1 \cup G_2 \rangle.$$

Справедливо следующее утверждение.

Если ЗИП $I = \langle X_{dom}, V, \rho_{dom} \rangle$ – n -мерная задача о доминировании, т. е. задача типа S_{dom} , а $|V| = k$, F – базовое множество, определенное выше, $n \geq 1$. Тогда если функция плотности распределения вероятностей ограничена сверху некоторой константой c , то существует граф U объема

$$Q(U) = C_{k+n-1}^n + (3+c) \cdot \sum_{i=1}^{n-1} C_{k+i-1}^i, \text{ для которого спра-}$$

ведливы следующие оценки сложности:

$$\sum_{y \in V} P(O(y, \rho_{dom})) < T(I, \tilde{F}) \leq \sum_{y \in V} P(O(y, \rho_{dom})) + 2n - 1.$$

Данная теорема доказывается в [2].

Приведем теперь примеры алгоритмов, на которых достигаются данные оценки для одномерного и многомерного случаев.

Одномерный случай. Пусть $n = 1$, $V = \{y^1, \dots, y^k\}$, где $y^i \in [0, 1]$, $i = \overline{1, k}$. Будем считать, что записи в V упорядочены в порядке возрастания.

Тогда ИГ U , изображенный на рис. 1, разрешает ЗИП I , и его сложность при объеме $Q(U) = n$ равна

$$T(U) = 1 + \sum_{i=1}^{k-1} P(O(y^i, \rho_{dom})) \leq \sum_{i=1}^k P(O(y^i, \rho_{dom})) + 1.$$