



ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ
им. Л. А. Мелентьева СО РАН

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Труды молодых ученых
ИСЭМ СО РАН

выпуск 43

Иркутск
2013 г.

УДК 620.9.001.57

Системные исследования в энергетике / Труды молодых ученых ИСЭМ СО РАН, Вып. 43. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2013. – 232 с.

ISBN 978-5-93908-111-5

Рассматриваются разносторонние вопросы в области исследования, функционирования и развития систем энергетики, а также управления ими. Обсуждаются подходы к численному описанию процессов в энергетических установках, трубопроводных и электроэнергетических системах, а также затрагивающих топливно-энергетический комплекс. Исследуются возможности применения новых информационных технологий для решения задач энергетики.

Сборник адресован научным работникам и специалистам в области системных исследований в энергетике, может быть полезен студентам и аспирантам энергетических специальностей.

ISBN 978-5-93908-111-5

© Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

Работы, вошедшие в сборник, представлены на ежегодной конференции научной молодежи ИСЭМ, которая проходила с 18 марта по 3 апреля 2013г. На сорок третьей конференции заслушан тридцать один доклад в четырех секциях, двадцать девять из них вошли в данный сборник. Обсуждение докладов проходило в течение двух недель на Ученом совете института и его секциях. Кроме молодых сотрудников и аспирантов ИСЭМ с докладами выступили представители ИрГТУ и ИГУ.

Оргкомитет конференции выражает благодарность рецензентам докладов и научным редакторам.

*Оргкомитет XLIII конференции-конкурса
научной молодежи ИСЭМ СО РАН*

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие		3
Оглавление		4
Специализированные системы энергетики		
Бучинский Е.А.	Линейное оценивание состояния по данным PMU методом контрольных уравнений	8
Воробьев С.В.	Анализ перспективных возможностей существующей газотранспортной системы при вводе в эксплуатацию Бованенковского месторождения	17
Криворот А.В.	Применение Теорем Штурма и Бюдана-Фурье для анализа динамики синхронных машин в многомашинной ЭЭС	24
Криворот А.В.	Влияние распределенной генерации на динамическую устойчивость ЭЭС	30
Луценко А.В.	Оптимизация гидравлических режимов распределительных тепловых сетей по технологическим критериям	37
Негодяев А.В.	Компьютерное моделирование динамики потокового фронта в гидравлических сетях	45
Нечаев И.А.	Среднесрочное планирование выработки электроэнергии в условиях оптового рынка	52
Семенов К.А.	Модель развития генерирующих мощностей в условиях несовершенного рынка электроэнергии и мощности	59
Соколов П.В.	Исследование влияния распределенной генерации на структуру распределительной сети	68
Тихонов А.В.	Опыт внедрения ПВК оценивания состояния: проблемы, результаты, перспективы	79
Хажеев И.И.	Исследование отклонений потребности в топливе на отопление на основе многолетних метеонаблюдений	89
Научно-технический прогресс в энергетике		
Быкова С.М.	Газодинамическое заливание парожидкостного потока при различных параметрах засыпки из боросиликатного стекла	98
Донской И.Г., Свищев Д.А.	Расчет слоевой газификации угля с помощью термодинамической модели с макрокинетическими ограничениями	104

Епишкин Н.О.	Исследование эффективности пылеугольного энергоблока на суперсверхкритические параметры пара мощностью 660 МВт	111
Ижганайтис М.И.	Технико-экономическая оценка использования топлива различного состава, включая отходы предприятий углеобогащения, для серосвязывания и улучшения экологических показателей котлоагрегата	118
Никитин И.С.	Постановка задачи выбора оптимальных вариантов энергоснабжения малоэтажных жилых зданий	125
Чалбышев А.В.	Оптимизация режимов работы ТЭЦ при работе на оптовом рынке электроэнергии	132
Межотраслевые, региональные и экологические проблемы развития энергетического комплекса		
Губий Е.В.	Энергетические плантации: иностранный опыт и оценка применимости в России	146
Сафаров А.С.	Применение уравнения турбулентной диффузии распределения примесей для оценки влияния Ново-Иркутской ТЭЦ на акваторию оз. Байкал	151
Ступин П.В.	Качество исходной информации и требования к точности долгосрочного прогнозирования развития энергетики	157
Прикладная математика и информатика		
Блохин А.А.	Разработка инструментального средства для организации информационной поддержки мультицентровых исследований качества жизни	164
Гальперов В.И.	Проектирование и реализация инструментального средства преобразования данных в ходе вычислительного эксперимента в исследовании проблем энергетической безопасности	169
Колосницын А.В.	Решение задач выпуклой недифференцируемой оптимизации методом аналитических центров	177
Костромин Р.О.	Создание и тестирование вычислительного кластера для решения ресурсоемких вычислительных задач в области энергетики	184

УДК 004.621.311.22

СОЗДАНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ РЕСУРСООЕМКИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

Р.О. Костромин

Введение

Современные инженерно-технические задачи все чаще требуют значительных вычислительных ресурсов. Возникает необходимость учета большого числа параметров. Для нахождения качественных решений достаточно часто требуется решать несколько взаимосвязанных задач. Вариантные расчеты не всегда удовлетворяют исследователя. Возникает необходимость решения оптимизационных задач с различным количеством оптимизируемых параметров и ограничений. Такие задачи существенно увеличивают вычислительную сложность и требуют использования высокопроизводительной вычислительной техники.

В Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН существует большое количество задач, требующих значительных вычислительных ресурсов, следует отдельно выделить набор задач оптимизации параметров теплоэнергетических установок и долгосрочного прогнозирования природообусловленных факторов энергетики с использованием стохастической оптимизации, а так же задачи глобальной оптимизации и др.

К таким задачам, несомненно, относятся расчеты технологических схем теплоэнергетических установок, в которых протекают различные физико-химические процессы: сгорание органического топлива, газификация твердого топлива, расширение и сжатие рабочих тел, испарение жидкостей и конденсация пара, радиационный и конвективный теплообмены и т.д.

В ИСЭМ СО РАН разработан программно-вычислительный комплекс «Система машинного построения программ» (СМПП) [1], который позволяет на основе технологической схемы теплоэнергетического оборудования производить автоматическое построение математической модели этого оборудования, алгоритма его расчета и программы на языке программирования высокого уровня. Результаты работы этого программно-вычислительного комплекса активно используются для решения задач проектирования и функционирования теплоэнергетических установок. При этом решение задач проектирования не накладывает существенного ограничения на время расчета, в то время как для задач функционирования, в особенности оперативного, необходимо получать результат за определенное, достаточно короткое время. Учитывая, что количество переменных в подобного рода задачах весьма значительно, а сами задачи относятся к классу задач нелинейного математического программирования, обеспечение необходимого быстродействия получения результатов является весьма существенной проблемой.

Одним из возможных путей решения проблемы быстродействия является распараллеливание расчетов и использование для их проведения многопроцессорных рабочих станций и серверов. Следует отметить, что ресурсов одного компьютера, даже многопроцессорного и многоядерного, не всегда достаточно, поэтому для повышения производительности вычислительных узлов необходимо объединить узлы в единый

вычислительный кластер. *Вычислительный кластер* – это сложный программно-аппаратный комплекс, состоящий из группы компьютеров, объединенных высокоскоростными каналами связи, и представляющий с точки зрения пользователя единый аппаратный ресурс, который позволяет эффективно распределять нагрузку между его узлами.

Виды вычислительных кластеров и динамика их развития

Обычно различают следующие основные виды кластеров [2]:

- отказоустойчивые кластеры (High-availability clusters, кластеры высокой доступности);
- кластеры с балансировкой нагрузки (Load balancing clusters)
- высокопроизводительные вычислительные кластеры (High performance computing clusters);
- Grid-вычисления.

Первая в СЭИ ЭВМ – БЭСМ-2 появилась уже в 1961 г., всего через год после создания института, и использовалась для инженерно-технических расчетов. Ограниченные ресурсы ЭВМ позволяли разрабатывать автономные программы, обрабатывающие небольшие массивы данных; программирование осуществлялось в кодах ЭВМ или с использованием Ассемблера. Достижением этого периода являлось то, что были разработаны постановки оптимизационных задач и заложены основы численных методов оптимизации для задач большой размерности [2].

В конце 1960-х - начале 1970-х гг. вычислительная база института была представлена двумя ЭВМ БЭСМ-4 с внешней памятью на магнитных лентах, которые коммутировались вручную перед началом. В 1970-80-х гг. в СЭИ активно использовался программно-аппаратный комплекс БЭСМ-6 для эффективной поддержки научных исследований [2].

От программирования в машинных кодах стали переходить к первым языкам программирования – появились трансляторы для языков Алгол, Фортран, Эпсилон, Альфа. Технология обработки данных оставалась прежней. Тем не менее, уже на БЭСМ-4 появились первые прототипы программных комплексов, например для прогнозных исследований ТЭК, для исследования режимов ЭЭС (СДО) и др. Были созданы эффективные реализации численных методов линейного и нелинейного программирования, решения систем алгебраических уравнений большой размерности.

Во второй половине 1990-х в ИСЭМ велись работы по проведению расчетов на транспьютерах, но в силу сложности ПО и быстро развивающихся ЭВМ транспьютерные системы не получили большого развития.

История создания кластеров из обыкновенных персональных компьютеров во многом обязана проекту Parallel Virtual Machine. В 1989 г. это ПО для объединения компьютеров в виртуальный суперкомпьютер открыло возможность мгновенного создания кластеров. В результате суммарная производительность всех созданных тогда дешёвых кластеров обогнала по производительности сумму мощностей коммерческих систем [3].

В Таблице 1 представлены суперкомпьютеры, которые по статистике сайта Top500 (отчет за ноябрь 2012 года) занимают первые 5 мест [4].

В России многие крупные ВУЗы и НИИ пользуются услугами компании «Т-Платформы» - международного разработчика суперкомпьютеров и поставщика полного спектра решений и услуг для высокопроизводительных вычислений собственных вычислительных кластеров различной мощности [5].

В Иркутске наиболее известен кластер «В.М. Матросов», установленный в Институте динамики систем и теории управления СО РАН, пиковая производительность которого - 33.70 TFlop/s [6].

Проблема перевода технологических решений на вычислительный кластер

Первый этап. Чтобы распараллелить однопоточную программу, необходимо воспользоваться встроенными в компилятор средствами векторизации или распараллеливания [1]. При этом никаких изменений в программу вносить не придется. Однако вероятность существенного ускорения невелика.

Второй этап работы с такой программой - анализ затрачиваемого времени разными частями программы и определение наиболее ресурсопотребляющих частей. Последующие усилия должны быть направлены именно на оптимизацию этих частей. В программах наиболее затратными являются многоуровневые циклические операции, поэтому в задачу компилятора входит, прежде всего, векторизация и распараллеливание циклов.

Таблица 1

Выборка вычислительных кластеров России и мира

Имя	Спецификации	Страна	Pflops/s
1 Titan	Cray XK7, Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x	United States	17.6
2 Sequoia	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom	United States	16.3
3 K computer	SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect	Japan	10.5
4 Mira	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom	United States	8.16
5 JUQUEEN	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.600GHz, Custom Interconnect	Germany	4.14
2 6 Lomonosov	T-Platforms T-Blade2/1.1, Xeon X5570/X5670/E5630 2.93/2.53 GHz, Nvidia 2070 GPU, PowerXCell 8i Infiniband QDR	Russia, MSU	1,7
?? В.М.Матросов	T-Platforms T-Blade V-Class/AMD Opteron 6276 «Interlago»	Russia, IDSTU	0,337
?? Кластер ИСЭМ	См. Таблица 2	Russia, SEI	0,051

Диагностика компилятора позволяет выделить критические места программы для повышения ее быстродействия. Это может быть простое исправление стиля программы, перестановка местами операторов, разделение одного цикла на несколько, удаление из критических частей программы лишних операторов (типа операторов отладочной печати). Небольшие усилия могут дать здесь весьма существенный выигрыш в быстродействии [1].

Третий этап - замена алгоритма вычислений в наиболее критичных частях программы. Способы написания оптимальных (с точки зрения быстродействия) программ существенно отличаются в двух парадигмах программирования - в последовательной и в параллельной (векторной). Поэтому программа, оптимальная

для скалярного процессора, как правило не может быть эффективно векторизована или распараллелена. В то же время специальным образом написанная программа для параллельных ЭВМ будет исполняться на скалярных машинах довольно медленно. Замена алгоритма в наиболее критических частях программы может привести к серьезному ускорению программы при относительно небольших затраченных усилиях. Дополнительные возможности предоставляют специальные векторные и параллельные библиотеки подпрограмм. Используя библиотечные функции, которые оптимизированы для конкретной ЭВМ, можно упростить себе задачу по написанию и отладке программы. Единственный недостаток данного подхода состоит в том, что программа может стать не переносимой на другие машины (даже того же класса), если на них не окажется аналогичной библиотеки.

Настройка и тестирование вычислительного кластера

Для построения вычислительного кластера необходимо использовать операционную систему, которая максимально эффективно использует ресурсы оборудования. Одной из таких систем является Gentoo Linux, так как все программное обеспечение в ее составе компилируется с учетом установленного оборудования [7].

В качестве узлов кластера ИСЭМ, используются следующие сервера производства компании Intel:

Таблица 2

Характеристики узлов кластера

Узел	Платформа	Процессор	Частота Ghz / Ядер	ОЗУ	Gflops
S00	Intel SR2520SAXS(R)	2x Xeon (5430)	2.65 / 8	16 Гб	72,73
S01	Intel S5000XVN	2x Xeon (5345)	2.32 / 8	16 Гб	51,81
S02	Intel SR1625URSAS	2x Xeon (5540)	2.65 / 8	12 Гб	78,60
B011	Intel MFS5520VIBR	2x Xeon (E5640)	2.65 / 8	12 Гб	79,38
B012	Intel MFS5520VIBR	2x Xeon (E5649)	2.52 / 12	12 Гб	78,55
B013	Intel MFS5520VIBR	2x Xeon (E5649)	2.52 / 12	12 Гб	78,66
B014	Intel MFS5520VIBR	2x Xeon (E5649)	2.52 / 12	12 Гб	78,71

Указанные сервера объединены локальной вычислительной сетью пропускной способностью 1000 Mbit/s. Схема соединения узлов кластера представлена на рис. 1.

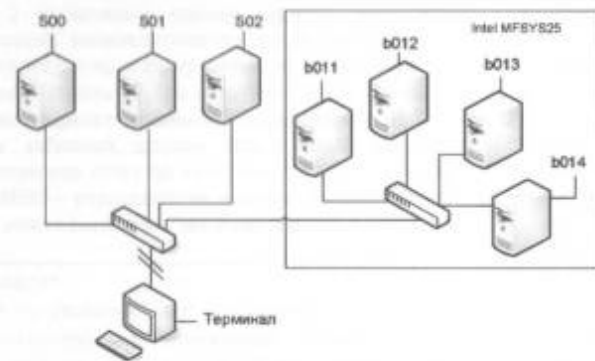


Рис. 1. Схема соединения узлов кластера

Узлы B011-B014 являются частью модульного сервера Intel MFSYS25. Система MFSYS25 может содержать шесть серверов и встроенную сеть хранения данных SAN (все в одном корпусе). В системе есть поддержка сети через гигабитный модуль-коммутатор Ethernet.

Для создания вычислительного кластера необходимо было решить следующие задачи:

Расширяемость кластера. Кластер, как видно из описания узлов, является гетерогенным. Кроме того, он постоянно расширяется, приобретаются новые сервера, поэтому добавление нового сервера должно производиться оперативно при минимальном участии системного администратора. Кроме того, в случае сбоя ПО или аппаратуры необходимо быстро восстановить работоспособность кластера.

Система поддержки выполнения параллельных расчетов

Общепринятым стандартом программирования для вычислительных кластеров является Message Passing Interface (MPI). MPI - интерфейс передачи сообщений, который позволяет обмениваться сообщениями между процессами, выполняющими одну задачу. MPI для своего функционирования требует наличия специальных библиотек.

Система распределения задач между узлами кластера

Для эффективного распределения нагрузок между узлами вычислительного кластера необходима система очереди задач и автоматического распределения ресурсов вычислительного кластера.

Для автоматизации процесса установки операционной системы Gentoo Linux разработаны специальные скрипты, которые позволяют разворачивать систему на вычислительном узле при минимальном вмешательстве системного администратора. Скрипты могут запускаться с любого внешнего носителя и позволяют автоматизировать следующие процессы [8]:

- Создание/удаление разделов жесткого диска;
- Создание необходимых файловых систем и их монтирование;
- Настройка сетевого подключения;
- Загрузка и установка программных пакетов;
- Конфигурирование необходимых параметров системы.

Устанавливаемые программные пакеты загружаются либо по сети Интернет, либо с локального ресурса

MPI-интерфейс

MPI-библиотека включает в себя более 120 api-функций и может быть использоваться на языках C/C++, Фортран и других.

В качестве программной реализации технологии MPI используется библиотека OpenMPI, которая является одной из наиболее популярных библиотек и установлена на большинстве суперкомпьютеров, входящих в TOP500 самых мощных компьютеров мира [5].

Для компиляции параллельных программ, написанных с использованием MPI-библиотек, применяются специальные скрипты, в которых указаны необходимые параметры для формирования параллельных программ.

Для языка FORTRAN такой скрипт называется mpif77. Компиляция исходного текста программы, написанной на FORTRANe, выполняется следующим образом:

```
mpif77 myprog.f -o myprog
```

Для языка C++:

```
mpicc myprog.f -o myprog
```

Запуск на выполнение таких программ осуществляется в специальной среде, которая вызывается командой `mpirun` или `mpiexec`. В качестве параметров ей передаются необходимое количество процессов, доступных программе, и исполняемый файл. Количество процессов, как правило, совпадает с количеством используемых процессоров кластера, но может и отличаться в большую или меньшую сторону [9].

Системы управления заданиями

Для реализации очереди задач установлен менеджер распределенных ресурсов для вычислительных кластеров – Torque [7]. Система Torque предназначена для управления запуском задач на многопроцессорных вычислительных установках (в том числе кластерных). Она позволяет автоматически распределять вычислительные ресурсы между задачами, управлять порядком их запуска, временем работы, получать информацию о состоянии очередей. При невозможности немедленного запуска задач они ставятся в очередь и ожидают освобождения ресурсов.

Система Torque состоит из нескольких демонов, выполняющих различные функции по управлению потоком заданий. Вычислительная установка обязана иметь главный узел (консоль кластера), на котором запущен основной сервис `pbs_server` - менеджер, собирающий информацию о структуре кластера и запущенных заданиях. В зависимости от необходимости или параметров системы главный узел может быть предназначен только для этого, либо дополнительно исполнять роль других компонент системы. Например, он может быть так же вычислительным узлом кластера.

Роль вычислительных узлов - выполнение поставленных задач. На каждом из них работает демон (сервис, работающий в фоновом режиме) `pbs_mom` для того, чтобы начинать, прекращать и управлять поставленными в очередь задачами. Это единственный демон, который должен быть запущен на вычислительном узле кластера. Демон `pbs_sched` занимается планированием запуска и остановки задач. Он должен быть запущен на главном компьютере кластера [7].

После установки Torque требуется перекомпиляция системы MPI для того, чтобы она знала о существовании менеджера ресурсов и могла взаимодействовать с ним.

Каждая параллельная задача, которую планируется ставить в очередь на исполнение, должна быть оформлена в виде пакета, который представляет собой набор параметров запуска и инструкции того, что конкретно нужно запустить.

На рис. 2 представлен пример скрипта, описывающего задание для Torque следующих условий: используются три вычислительных узла (строка 3), на каждом из которых задействуется по одному доступному процессору; задача должна выполняться не более 10 часов (строка 15) (по истечении которых она должна быть снята со счета); на вычислительных узлах должно быть доступно не менее 100Мб оперативной памяти (строка 13); о событиях запуска задачи и ее завершения (с ошибкой или без) необходимо отправить отчет на электронную почту (строки 9, 11). Символ ## - начало комментария, #PBS – управляющие команды Torque, параметры. Кроме параметров для Torque скрипт может содержать команды для ОС.

```

1 #!/bin/sh
2 #PBS -l nodes=s01:ppn=1+2:ppn=1
3 ##количество задействованных процессоров, первым узлом нашей
4 ##параллельной задачи будет host s01, для каждого из трех
5 ##узлов запрашивается по одному процессору (ppn=1).
6 #PBS -N Flops_TEST
7 ## название задачи
8 #PBS -m abe
9 ## какие должны быть уведомления
10 #PBS -M test@mail.ru
11 ##куда посылать уведомления
12 #PBS -l rmem=100mb
13 ## запрашиваемый размер оперативной памяти.
14 #PBS -l rcpud=10:00:00
15 ##максимальное время исполнения программы.
16 cd /home/mpiuser/mpi
17 mpirun ./test
18 ##задача, которая должна быть исполнена на кластере: переход в
19 ##каталог с программой и запуск ее на параллельное исполнение
20 ##скриптом OpenMPI

```

Рис. 2. Пример скрипта Flops_TEST.pbs

Передача задания на выполнение через постановку в общую очередь осуществляется командой менеджера Torque qsub с единственным параметром - именем скрипта:

```
qsub Flops_TEST.pbs
```

Результаты вычислений могут выводиться программно в выходные файлы в выделенном пользователю дисковом пространстве, включая файлы стандартных потоков вывода (STDOUT, STDERR).

Тестирование производительности вычислительного кластера

После установки ОС на узлы кластера, установки и настройки OpenMPI и Torque были проведены тесты для оценки производительности кластера. В качестве эталонных тестов использованы NAS Parallel Benchmarks [8].

Тесты NPB (NAS Parallel Benchmark) разработаны Национальным космическим агентством (НАСА) США специально для измерения производительности многопроцессорных ЭВМ. Комплекс тестов NAS состоит из пяти тестов NAS kernel

benchmark (оценки производительности ядра) и трех тестов, основанных на реальных задачах гидро- и аэродинамического моделирования. На сегодняшний день набор NPB является лучшим общепризнанным комплексом тестов для оценки параллельных многопроцессорных систем [8].

Таблица 3

Результаты работы теста EP и ускорения счета

Узлы	Процессов на узел	Время выполнения, сек	Ускорение
S01	1	430,01	1
S01	2	214,98	2,0
S01	4	107,46	4,0
S01	8	53,94	7,9
S01, S02	8	27,02	15,9
S01, S02, B011, B012	8	13,70	31,38
S00, S01, S02, B011, B012, B013	8	9,43	45,60

В таблице 3 представлены результаты одного из тестов из состава NAS Parallel Benchmarks (EP, класс C, 48 потоков). Ядро EP («Embarrassing Parallel») основано на порождении пар псевдослучайных, нормально распределенных чисел (Гауссово распределение) [10], [11].

Как видно из таблицы 3, с каждым увеличением процессоров в 2 раза скорость выполнения теста тоже увеличивается примерно в 2 раза. При увеличении количества процессорных ядер до 48 наблюдается небольшое падение ускорения. С уменьшением времени выполнения доля временных затрат на коммуникации возрастает и существует предел, когда дальнейшее увеличение количества вычислительных ядер не приводит к ускорению расчетов.

Еще одним общепризнанным тестом производительности является Linpack benchmark (LB), который появился в 1979 году как дополнение к библиотеке Linpack (набор подпрограмм для решения различных систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ)) [8]. Результаты работы теста LB для каждого вычислительного узла представлены в таблице 2, из которой видна зависимость производительности узла от количества вычислительных ядер и их частоты.

Разработанные гибкие средства создания конфигурации вычислительного кластера позволяют технологично и эффективно решать различные ресурсоемкие задачи ИСЭМ. При ограниченности допустимых вычислительных ресурсов, с помощью кластера можно отлаживать технологические цепочки параллельного программирования для дальнейшего использования на доступных, более мощных кластерах.

Литература

1. Ретроспектива научных направлений СЭИ-ИСЭМ // Новосибирск:Наука, 2010 - 686 с.
2. Воеводин Вл.В., Жуматий С.А. Вычислительное дело и кластерные системы // М.: Изд-во МГУ, 2007. - 150 с.
3. Мир компьютерных программ. Тесты NPB. URL: <http://sorita.ru/testy-npb> (дата обращения 12.03.2012).
4. Список ТОП-500 суперкомпьютеров мира. URL: <http://www.top500.org> (дата обращения 05.03.2012).

5. Официальный сайт компании «Т-платформы». URL: <http://www.t-platforms.ru> (дата обращения 13.03.2012).
6. Иркутский суперкомпьютерный центр (ИСКЦ) Сибирского отделения РАН URL: <http://hpc.icc.ru> (дата обращения 19.02.2012).
7. Г.И. Шлаковский, Н.В. Серикова. Программирование для многопроцессорных систем в стандарте MPI. Минск БГУ, 2002 – 323 с.
8. Официальный сайт ОС Gentoo Linux. URL: <http://www.gentoo.org> (дата обращения 18.03.2012).
9. Сбитнев Юрий Николаевич. Вопросы организации параллельных вычислений. URL: <http://cluster.linux-ekb.info> (дата обращения 19.04.2012).
10. Сайт лаборатории Параллельных информационных технологий НИВЦ МГУ. URL: <http://parallel.ru/computers/reviews/beowulf.html> (дата обращения 12.03.2012).
11. NASA Advanced Supercomputing Division. URL: <http://www.nas.nasa.gov/publications/npb.html> (дата обращения 12.04.2012).

Сборник научных трудов

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ
(Труды молодых ученых ИСЭМ СО РАН. Вып. 43)

Утверждено к печати Институтом систем энергетики
им. Л.А. Мелентьева СО РАН

Научные редакторы:

Секция «Специализированные системы энергетики»

д.т.н. Н.Н. Новицкий, д.т.н. С.И. Паламарчук, д.т.н. В.А. Стенников

Секция «Научно-технический прогресс в энергетике»

д.т.н. А.В. Кейко, д.т.н. А.М. Клер, д.т.н. Э.А. Тауров

Секция «Региональные проблемы энергетики и
топливно-энергетического комплекса»

д.т.н. В.И. Зоркальцев, д.э.н. Ю.Д. Кононов

Секция «Прикладная математика и информатика»

д.ф.-м.н. А.С. Апарцин, д.т.н. Л.В. Массель, д.ф.-м.н. О.В. Хамисов

Корректор: *Е.Е. Якимец*

Подписано к печати 06.06.2013

Бумага офсетная. Формат 70х108 1/16

Офсетная печать. Печ. л. 14,5

Тираж 60 экз. Заказ № 110

Отпечатано полиграфическим участком ИСЭМ СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130

ISBN 978-5-93908-111-5



9 785939 081115

НИ Иркутский государственный технический университет
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН
Институт динамики систем и теории управления СО РАН

МАЛЫЕ
ВИНЕРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ
ВСЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ

Иркутск
21 - 23 марта 2013



ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А.МЕЛЕНТЬЕВА СО РАН
ИНСТИТУТ ДИНАМИКИ СИСТЕМ И ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СО РАН**

МАЛЫЕ ВИНЕРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

**МАТЕРИАЛЫ
ВСЕРОССИЙСКОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Иркутск, 21–23 марта, 2013 г.)



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Иркутского государственного технического университета

2013



Печатается по решению редакционно-издательского совета
Иркутского государственного технического университета

Малые Винеровские чтения: материалы Всерос. молодежной науч.-практ. конф. –
Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. –80 с.

В основе предлагаемого сборника лежат материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Малые Винеровские чтения 2013». Организаторами являются Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет (НИ ИрГТУ), Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН и Институт динамики систем и теории управления (ИДСТУ) СО РАН. Конференция проведена при поддержке ИрГТУ.

В сборнике рассмотрены методологические и практические вопросы разработки и применения современных информационных технологий для решения научных и практических проблем. Сборник ориентирован на научных и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами создания современных информационных систем и решающих задачи анализа и обработки информации в различных проблемных областях, а также на преподавателей, аспирантов и студентов вузов, специализирующихся в области информационных технологий.

Редакционная коллегия:

Ответственный редактор – д-р техн. наук Л. В. Массель (Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН);

Б.Ф. Кузнецов – д-р техн. наук (Иркутский государственный технический университет)

В.Л. Аршинский – канд. техн. наук (Иркутский государственный технический университет)

Печатается с оригиналов, подготовленных авторами

Оформление обложки С.В. Григорьев

Подписано в печать 15.11.2012. Формат 60 x 90 / 16.
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 3,0.
Тираж 100 экз. Зак. 175 д/п.

Лицензия ИД № 06506 от 26.12.2001
Иркутский государственный технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

© Иркутский государственный
технический университет, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Александров И.М.	Разработка виртуального датчика для оценки концентрации кислорода в дымовых газах.....	10
Александрова А.А.	Автоматизация расчета пропорций смешивания нефти.....	10
Анненков Д.В.	Предметно-ориентированные языки как основа подхода к разработке программного обеспечения.....	11
Аршинский М.Л.	Алгоритмическое описание системы поддержки малых предприятий..	11
Батагаева Т. А.	Исследование устойчивости трехдиагональных систем линейных алгебраических уравнений, возникающих в математической физике...	12
Баярбат Бунжигтох	Создание файлового менеджера с графическим пользовательским интерфейсом для операционной системы Linux.....	13
Богомазова Е.А.	Анализ систем электронного документооборота.....	13
Борисова Т. О.	Разработка документальной информационной системы для специалистов лабораторной диагностики.....	14
Булатов М.В., До Тхань Тиен	Многошаговые методы для численного решения вырожденных интегро-дифференциальных уравнений.....	14
Булаков А.С.	Описание семантики машинных команд.....	15
Бурч О.С.	Экономические методы управления безопасностью на железнодорожном транспорте.....	15
Бутаков С.О., Терехин И.Н., Соколов А.Ю., Черкашин Е.А.	Комбинирование моделей в реализации программной системы, поддерживающей подход MDA. Онтология процесса разработки как PIM модель.....	15
Бухаров Д.С.	О методе определения оптимального маршрута высокоскоростной магистрали.....	16
Вартанян Э.К.	Технология спецификации интерфейсов проблемно-ориентированных сервисов распределенной вычислительной среды в объектно-ориентированной базе знаний.....	16
Васильев М.П., Хахалов Д.И.	Совершенствование анализа работы фирмы «Лаборатория активного бизнеса».....	17
Вершинина Т.А.	Методика внедрения информационных слоёв на предприятиях малого бизнеса с целью повышения эффективности деятельности.....	17
Волокитина А.А.	Проектирование системы бизнес-аналитики для ООО ТПК «УралСибМет».....	18
Воробьев К.А.	Web-сервис для онлайн консультаций: проектирование подсистемы выставления и оплаты счетов, ввода и вывода денежных средств.....	18
Воровов В.А., Хамисов О.О.	Идентификация вибрационных параметров дискретной модели космического аппарата.....	19
Ву Тьен Као	Проектирование и разработка ПО ИС среднего общеобразовательного учреждения республики Вьетнам.....	19

Гадеев Е.М.	Система анализа характеристик удобочитаемости текста.....	20
Герасимов Ю.Д., Мотыкин В.А.	Разработка информационной системы учета результатов итоговой аттестации выпускников ВУЗа.....	21
Гержан А. К.	Разработка сайта для туристической фирмы «Мировой маршрут».....	22
Гетманенко А.В.	Информационная система поддержки проведения SWOT анализа.....	23
Голубков Н.А.	Проект абонентской сети для предоставления телекоммуникационных услуг.....	23
Дергачёв В.Д., Ломаев Ю.С.	Аппроксимация оптических спектров поглощения кристаллов с использованием стохастических и регулярных методов оптимизации.	24
Дресвянская Н.В.	Решение задач линейного двухуровневого программирования в системе GAMS.....	24
Дубинина Ю.А.	INTEGROMEDB.ORG - биологический поисковик и система интеграции данных большого масштаба.....	25
Дутов Р.Г.	Разработка базы знаний критических ситуаций в экспертной системе "CRIS".....	25
Егорова Е.И., Ахмадиев А.И.	Интеллектуальная поддержка при разработке управляющих программ.....	26
Егорова Е.И., Тамасов Э.Г.	Интеллектуальная поддержка выбора рабочего приспособления при проектировании технологического процесса механической обработки деталей (на примере фрезерования).....	26
Егорова Е.И., Фирстов Д.О.	Интеллектуальная поддержка выбора режущего инструмента при фрезеровании.....	27
Ерёмин Е.С.	Разработка информационной инфраструктуры проектных работ Сибирского энергетического научно-технического центра.....	27
Ёлшин В.В., Колодин А. А.	Имитационное моделирование совмещенного процесса измельчения и выщелачивания золотосодержащих руд.....	28
Ёлшин В.В., Миронов А.П., Овсяков А.Е.	Математическое моделирование динамики высокотемпературной десорбции золота из активных углей на основе физико-химических представлений о процессе.....	28
Заболотникова О.А.	О непараметрическом управлении динамическими объектами.....	29
Иванов И.А., Сопов Е.А.	Самоорганизующийся алгоритм решения многокритериальных задач оптимизации на базе коэволюционного генетического алгоритма.....	29
Иванова М.П.	Создание портала информационно-методического обеспечения деятельности государственных и муниципальных служащих Республики Бурятия при оказании услуг в электронной форме.....	29
Игумнов И.В.	Метод Нелдера-Мида для настройки регулятора, функционирующего на основе искусственных нейросетей.....	30
Исаев Т.У.	Инструментальная среда поддержки процессов разработки мобильных приложений.....	31
Казаков А.В., Кисленко С.М.	Построение экспертной системы для оценки экологической ситуации в городской среде.....	31

Карабанова Л.В.	Разработка информационного портала новостей г.Свирска.....	32
Карпов Д.С.	Вопросы повышения профессиональных навыков у студентов.....	32
Киселев Д.С.	Проблемы и перспективы развития межведомственного электронного документооборота в Иркутской области на примере Министерства социального развития, опеки и попечительства.....	33
Кисленко М.Ю.	Разработка АРМ подписания документов с использованием электронно-цифровой подписи.....	34
Ковалевская О. С.	Проект по созданию и внедрению подсистемы управления имуществом для ОАО «Иркутскэнерго».....	34
Ковтун С.В.	Сравнение расчетов математической модели переноса выбросов транспортного потока с учетом результатов биоломинесцентного анализа снежного покрова.....	35
Коплярова Н.В.	О непараметрической идентификации нелинейных динамических систем.....	35
Корнеева А.А.	О непараметрическом методе обработки данных с пропусками.....	36
Костромин Р.О.	Создание вычислительного кластера для проведения оптимизационных расчетов объектов теплоэнергетики.....	37
Кузьменко В.В., Попова Д.А., Эйстер В.В.	Выявление взаимосвязи некоторых острофазовых показателей крови, как этап создания информационной системы.....	38
Куликов В.В.	Построение модели чувствительности для двухсвязной системы управления.....	38
Куприн А.Г.	О непараметрическом регуляторе для линейных динамических систем.....	39
Ларионов С.П.	Параметрическая оптимизация систем регулирования с широтно-импульсной модуляцией с применением нейронных сетей.....	40
Ли Куанг Мынг	Моделирование управляемых колебательных систем в среде ADAMS-EASY5.....	40
Лебедев А.А.	Система информационной поддержки теледиагностики канализационных сооружений.....	41
Лебедева Л.В.	Интеллектуальная информационная система анализа погрешностей... ..	41
Леткеман А. А.	Разработка подсистемы описания критических ситуаций и построения когнитивных карт в интерактивной советующей системе..	42
Майстер А.А.	Разработка ПО анализа системы мониторинга доступности и производительности сети SolarWindsNetworkPerformanceMonitor.....	42
Малков Ф.С., Чувашинов А.С.	Технологии автоматизированного 3D сканирования в исторических исследованиях. Возможности и перспективы применения.....	43
Мильцев А. В.	Информационная система обработки заявок на обслуживание лесозаготовительной техники и поставку запасных частей для ООО «ТИМБЕРМАШ БАЙКАЛ».....	43
Михайлов А.А.	Анализ потоков данных подпрограмм в объектных файлах dcu.....	44

Таким образом, приводятся непараметрические модели нелинейных динамических систем, представленных в виде последовательного соединения линейного и нелинейного звеньев в разных сочетаниях. Данные методы не предусматривают наличия полной априорной информации о структуре объекта. Проведены вычислительные эксперименты, состоящие в построении непараметрических моделей динамических процессов типа Винера и Гаммерштейна, в случае, когда вид нелинейного элемента представлял собой квадрататор и звено насыщения. Полученная непараметрическая модель адекватно описывает исследуемые системы при различных видах нелинейной части объектов, в условиях зашумленности каналов связи, при различном объеме выборки и входных воздействиях.

О НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОМ МЕТОДЕ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С ПРОПУСКАМИ

Корнеева А.А.

(г. Красноярск, Сибирский Федеральный Университет)

Одной из проблем при исследовании стохастических безынерционных объектов, в том числе объектов с запаздыванием, является проблема построения моделей. Качество моделей во многом зависит от качества исходных данных. Достаточно часто данные содержат пропуски, которые могут быть явлением случайным (сбой оборудования, ошибка оператора и др.), но могут быть и регламентированы, например, в случае различной дискретности контроля «входных-выходных» переменных процесса. Различная дискретность контроля обусловлена тем, что одни переменные могут быть измерены электрическими средствами, а для измерения других, к примеру, необходимы лабораторные испытания, что требует значительно большего времени. Таким образом, имеется матрица наблюдений с пропусками, которые необходимо заполнить с целью повышения качества решения задачи идентификации. Конечно, наблюдения с пропусками можно исключить из рассмотрения, но объем выборки при этом сократится.

Большинство методов заполнения пропусков являются параметрическими, то есть требуют выбора параметрической структуры исследуемого объекта и настройки параметров полученной модели. Для этого необходим высокий уровень априорной информации об исследуемом процессе, которой часто бывает недостаточно. В этом случае более подходящими являются методы непараметрической идентификации. В работе предлагается метод заполнения пропусков, основанный на непараметрической оценке функции регрессии.

В рамках вычислительного эксперимента рассматривалась задача восстановления матрицы наблюдений с пропусками для решения задачи идентификации стохастических, статических объектов, в том числе и объектов с запаздыванием, с различной дискретностью измерения «входных-выходных» переменных. Исследования показали, что заполнение матрицы наблюдений с помощью предложенной методики приводит к повышению качества решения задачи идентификации.

СОЗДАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ РАСЧЕТОВ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРGETИКИ

Костромин Р.О.

(г. Иркутск, Иркутский государственный технический университет)

Современные инженерно-технические задачи, все чаще, требуют значительных вычислительных ресурсов. К таким задачам, несомненно, относятся расчеты технологических схем теплоэнергетических установок. Часто возникает необходимость решения оптимизационных задач, с различным количеством оптимизируемых параметров и ограничений. Такие задачи существенно увеличивают вычислительную сложность и требуют использования высокопроизводительной вычислительной техники.

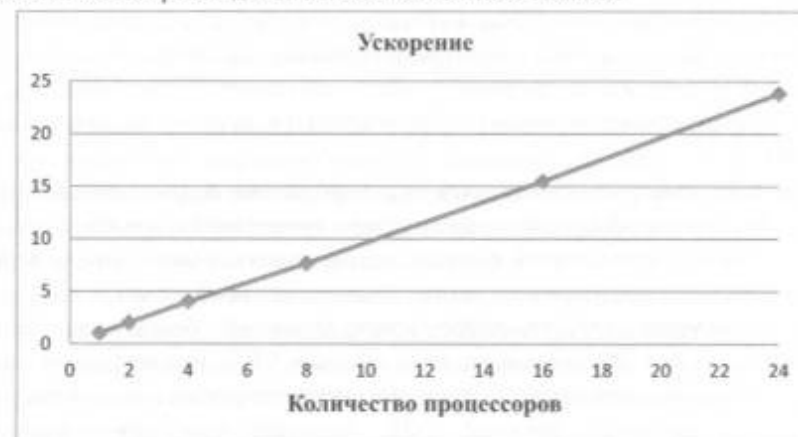


Рис. График ускорения параллельных расчетов теста EP из состава NAS ParallelBenchmarks

Для выполнения многопоточных и ресурсоемких расчетов требуется высокопроизводительная вычислительная техника, которая позволяла бы решать поставленные задачи в режиме реального времени или близком к нему. Исследование вопросов создания вычислительного кластера легло в основу данной научно-практической работы.

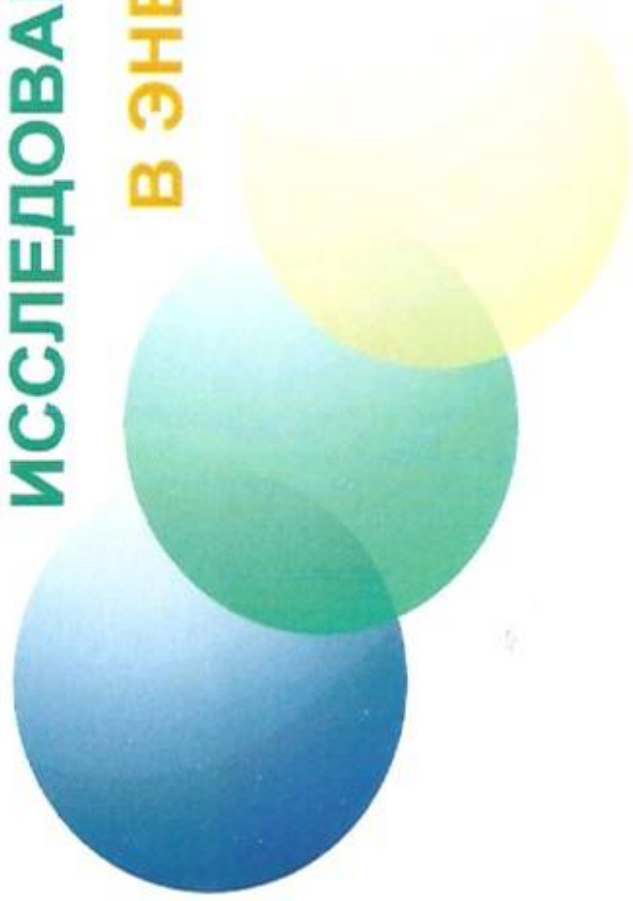
Для построения вычислительного кластера необходимо использовать операционную систему, которая бы максимально эффективно использовала ресурсы оборудования. Одной из таких систем, является GentooLinux, так как все программное обеспечение, в ее составе, компилируется с учетом установленного оборудования.

Для оценки производительности кластера проведены расчеты отдельных тестов из состава NAS ParallelBenchmarks. На рисунке показан график ускорения параллельных расчетов теста EP в зависимости от количества используемых процессоров и узлов.

По результатам проделанной работы был создан вычислительный кластер, состоящий из нескольких вычислительных узлов. Проведено тестирование работы кластера с использованием тестов NAS, использующихся для тестирования больших кластерных систем.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева
Сибирского отделения Российской академии наук

**СИСТЕМНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
В ЭНЕРГЕТИКЕ**



XLIII конференция - конкурс молодых ученых
Тезисы статей

Иркутск, 2013

Требования к оформлению тезисов

1. Тезисы представляют собой краткое изложение основных положений и результатов статьи в виде текста, формул, таблиц и рисунков.

2. Тезисы (одна полная страница) размещаются на листе формата А4 с полями: верхнее и нижнее – 30 мм, левое и правое – 25мм. Система редактирования – Word. Шрифт – Times New Roman, размер – 12. Междустрочный интервал – одинарный. Отступ первой строки абзаца – 1 см. Расстановка переносов – автоматическая. Выравнивание – по ширине. Сложные формулы желательно набрать в удобном автору редакторе и вставить в текст в виде рисунков.

3. Название доклада набирается прописными буквами, фамилии авторов, организация, электронный адрес – строчными буквами, расположение по центру. Фамилии авторов сверху и снизу отделяются одной строкой. Список литературы (только ключевые публикации) не имеет заголовка и отделяется от текста одной строкой.

Тезисы, оформленные не по правилам или не вошедшие на одну страницу, будут подогнаны под общее форматирование (обрезаны), несмотря на возможные потери качества или объема материала.

Тезисы научных статей

Системные исследования в энергетике XLIII конференция научной молодежи

Формат 60*90*1/16
Печ.л. 2,1.
Тираж – 100 экз.
Заказ №62

Отпечатано на ризографе ИСЭМ СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130

ПРЕДИСЛОВИЕ

Начиная с 2011 года, на конференции-конкурсе научной молодежи ИСЭМ СО РАН издается сборник тезисов научных статей. Тезисы представляют собой краткое изложение основных положений и результатов работы в виде текста, формул, таблиц и рисунков. Сборник тезисов позволит составить общее впечатление об основных направлениях исследований молодых ученых, а также оценить их умение кратко и доходчиво представить тему своей работы.

Содержание тезисов не редактируется. Тезисы, оформленные авторами не по правилам, могут быть урезаны при верстке сборника.

Членам жюри следует учитывать качество тезисов при оценке выступления участника.

Оргкомитет XLIII конференции-конкурса научной молодежи желает плодотворной работы членам секций Ученого совета ИСЭМ СО РАН и успехов всем участникам конференции.

*Оргкомитет XLIII конференции-конкурса
научной молодежи ИСЭМ СО РАН*

«СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ»

Секция «Прикладная математика и информатика»	
Дата: 21 марта 2013. Время: 13:30. Конференц-зал	
Блохин Арсений Андреевич «Разработка инструментального средства для организации информационной поддержки мультицентровых исследований качества жизни» <i>Рецензент: Копайгородский Алексей Николаевич</i>	6
Гальцов Василий Ильич «Проектирование и реализация инструментального средства преобразования данных в ходе вычислительного эксперимента в исследовании проблем энергетической безопасности» <i>Рецензент: Такайшвили Людмила Николаевна</i>	7
Колосницын Антон Васильевич «Решение задач выпуклой недифференцируемой оптимизации методом аналитических центров» <i>Рецензент: Войтов Олег Николаевич</i>	8
Костромин Роман Олегович «Создание вычислительного кластера для проведения оптимизационных расчетов теплоэнергетических установок» <i>Рецензент: Черноусов Антон Владимирович</i>	9
Минарченко Илья Михайлович «Поиск равновесия в рыночной модели ЭЭС с учётом развития генерирующих мощностей» <i>Рецензент: Подквальников Сергей Викторович</i>	10
Мошков Владимир Викторович «WEB-портал – как средство информационной поддержки системных исследований в энергетике» <i>Рецензент: Михеев Алексей Валерьевич</i>	11
Пяткова Елена Владимировна «Моделирование угроз энергетической безопасности с использованием байесовских сетей доверия» <i>Рецензент: Иванова Юлиа Юрьевна</i>	12
Трофимов Иван Леонидович «Методические принципы построения Информационно-вычислительной системы с использованием метаданных для формирования запросов к базе данных по Тепловому хозяйству страны» <i>Рецензент: Такайшвили Людмила Николаевна</i>	13
Тюрюмин Вадим Олегович «Реализация подсистемы поиска сценариев развития чрезвычайных ситуаций при событийном моделировании в исследованиях проблем энергетической безопасности» <i>Рецензент: Аршинский Вадим Леонидович</i>	14
Секция «Межотраслевые региональные и экологические проблемы развития энергетического комплекса»	
Дата: 22 марта 2013. Время: 10:00. Комната 355	
Губий Елена Валерьевна «Энергетические плантации: иностранный опыт и оценка применимости в России» <i>Рецензент: Кошелев Александр Алексеевич</i>	15
Медвежонков Дмитрий Сергеевич «Моделирование рынка выбросов CO ₂ в электроэнергетике России» <i>Рецензент: Лагерева Анастасия Владимировна</i>	16

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НЕДИФФЕРЕНЦИРУЕМОЙ ВЫПУКЛОЙ ОПТИМИЗАЦИИ
МЕТОДОМ АНАЛИТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ

А.В. Колосницын
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН
steem_kas@mail.ru

В докладе рассматривается задача

$$\begin{aligned} f(x) \rightarrow \min, \\ X = \{x: Ax \leq b\}, \end{aligned} \quad (1)$$

где f – выпуклая, не обязательно гладкая функция, множество X ограничено, A – $m \times n$ матрица, $x \in R^n$, $b \in R^m$. Для решения данной задачи применяется метод аналитических центров [3]. Напомним, что аналитическим центром множества X из (1) называется точка

$$x^c = \arg \min_x \left\{ \sum_{i=1}^m \ln(b_i - A^i x) \right\}.$$

Приведем описание итеративной схемы решения задачи (1), основанной на понятии аналитического центра.

1. Необходимо задать множество $X^k = X$, $k = 0$.
2. Находим x^k – аналитический центр множества X^k .
3. Определяем вектор p^k : $f(x) - f(x^k) \geq (p^k)^T (x - x^k)$.
4. Определяем множество $X^{k+1} = X^k \cap \{x: (p^k)^T (x - x^k) \leq 0\}$.
5. Переопределяем $k = k + 1$ и возвращаемся на шаг 2.

Вектор p^k , который необходимо найти на шаге 3, называется субградиентом функции f в точке x^k [1].

Данный алгоритм был реализован в системе GAMS. В качестве стартовой точки для поиска аналитического центра использовался чебышевский центр соответствующего множества X^k . Отметим, что геометрически чебышевский центр представляет собой центр круга максимального радиуса, вписанного в выпуклый многогранник. В качестве критерия остановки приведенного выше алгоритма было выбрано условие $r_k^c < \epsilon$, где r_k^c – радиус вписанного в множество X^k круга, а ϵ – заданная константа.

Метод аналитических центров был применен для решения ряда численных примеров, в докладе приводятся результаты проведенных расчетов. Данный метод предполагается использовать для решения задач двухэтапного стохастического программирования, которые можно свести к задачам недифференцируемой выпуклой оптимизации.

1. Базара М., Шетти К. Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы. М.: Мир, 1982. 583 с.
2. Юдин Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. М.: Сов. радио, 1974. 400 с.
3. Boyd S., Vandenberghe L. Convex Optimization. Cambridge University Press, 2004. 716 с.

СОЗДАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ОПТИМИЗАЦИОННЫХ РАСЧЕТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Костромин Роман Олегович
Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет
romang70055@gmail.com

Современные инженерно-технические задачи, все чаще, требуют значительных вычислительных ресурсов. К таким задачам, несомненно, относятся расчеты технологических схем теплоэнергетических установок. Часто возникает необходимость решения оптимизационных задач, с различным количеством оптимизируемых параметров и ограничений. Такие задачи существенно увеличивают вычислительную сложность и требуют использования высокопроизводительной вычислительной техники.

Для выполнения многопоточных и ресурсоемких расчетов требуется высокопроизводительная вычислительная техника, которая позволяла бы решать поставленные задачи в режиме реального времени или близком к нему. Исследование вопросов создания вычислительного кластера легли в основу данной научно-практической работы.

Для построения вычислительного кластера необходимо использовать операционную систему, которая бы максимально эффективно использовала ресурсы оборудования. Одной из таких систем, является Gentoo Linux, так как все программное обеспечение, в ее составе, компилируется с учетом установленного оборудования.

Для оценки производительности кластера проведены расчеты отдельных тестов из состава NAS Parallel Benchmarks. На рисунке показан график ускорения параллельных расчетов теста EP в зависимости от количества используемых процессоров и узлов.

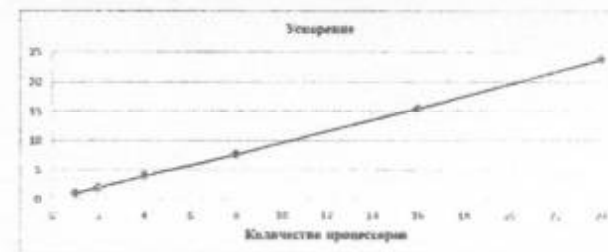


Рис. График ускорения параллельных расчетов теста EP из состава NAS Parallel Benchmarks.

По результатам проделанной работы был создан вычислительный кластер, состоящий из нескольких вычислительных узлов. Проведено тестирование работы кластера с использованием тестов NAS, использующихся для тестирования больших кластерных систем.

1. Вовеводин Вл.В., Жуматий С.А. Вычислительное дело и кластерные системы. Москва, 2007.
2. Сбитнев Ю.И. Кластеры. Практическое руководство.

МАЛЫЕ ВИНЕРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ



**МАТЕРИАЛЫ
ВСЕРОССИЙСКОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

(Иркутск, 21–25 марта, 2013 г.)

Иркутск – 2013



ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СО РАН
ИНСТИТУТ ДИНАМИКИ СИСТЕМ И ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СО РАН

МАЛЫЕ ВИНЕРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2013

Материалы
Всероссийской молодежной
научно-практической конференции
с международным участием

(Иркутск, 21–25 марта, 2013 г.)



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Иркутского государственного технического университета
2013

УДК 004 (08)
ББК 32.82.я5
М20

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ИрГТУ

Малые Винеровские чтения 2013 : материалы Всерос. молодежной науч.-практ. конф. с международ. участ. (Иркутск, 21–23 марта, 2013 г.). – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2013. – 208 с.

В основе предлагаемого сборника лежат материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Малые Винеровские чтения 2013». Организаторами являются Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет (ИрГТУ), Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН и Институт динамики систем и теории управления (ИДСТУ) СО РАН. Конференция проведена при поддержке ИрГТУ.

Рассмотрены методологические и практические вопросы разработки и применения современных информационных технологий для решения научных и практических проблем. Сборник ориентирован на научных и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами создания современных информационных систем и решающих задачи анализа и обработки информации в различных проблемных областях, а также на преподавателей, аспирантов и студентов вузов, специализирующихся в области информационных технологий.

Ответственный редактор:

д-р техн. наук **Л.В. Массель** (Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН)

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук **Б.Ф. Кузнецов**
(Иркутский государственный технический университет);
канд. техн. наук **В.Л. Аршинский**
(Иркутский государственный технический университет)

ISBN 978-5-8038-0861-9

© Иркутский государственный
технический университет, 2013

Самоорганизующийся алгоритм решения многокритериальных задач оптимизации на базе коэволюционного генетического алгоритма 184

Иванов И.А., Солов Е.А.

Северо-муйский тоннель как сложная пространственно-распределенная геотехническая система 190

Шевченко Д.А.

Создание вычислительного кластера для проведения оптимизационных расчетов объектов теплоэнергетики 197

Костромин Р.О., Максимов А.С.

Технология спецификации интерфейсов проблемно-ориентированных сервисов распределенной вычислительной среды в объектно-ориентированной базе знаний 200

Вартамян Э.К.

СОЗДАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ РАСЧЕТОВ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Костромин Р. О. Максимов А. С. (Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН)

Введение. Современные инженерно-технические задачи, все чаще, требуют значительных вычислительных ресурсов. Возникает необходимость учета большого числа параметров. К таким задачам несомненно относятся расчеты технологических схем теплоэнергетических установок. В теплоэнергетических установках протекают различные физико-химические процессы: сгорание органического топлива, газификация твердого топлива, расширение и сжатие рабочих тел, испарение жидкостей и конденсация пара, радиационный и конвективный теплообмен и т.д.

Для нахождения качественных решений, достаточно часто, требуется решать несколько взаимосвязанных задач. Вариантные расчеты не всегда удовлетворяют исследователя. Возникает необходимость решения оптимизационных задач, с различным количеством оптимизируемых параметров и ограничений. Оптимизационные алгоритмы, в свою очередь, существенно увеличивают вычислительную сложность и требуют использования высокопроизводительной вычислительной техники.

В настоящее время, производители микропроцессоров идут по пути увеличения числа вычислительных ядер, без увеличения, а часто снижая, тактовую частоту отдельного ядра. Это говорит о том, что для увеличения быстродействия программ, необходимо разработать эффективные параллельные алгоритмы, позволяющие наиболее полно задействовать имеющиеся вычислительные ресурсы.

Основные положения научной работы. В ИСЭМ СО РАН разработан программно-вычислительный комплекс «Система машинного построения программ» (СМПП), который позволяет на основе технологической схемы теплоэнергетического оборудования, произвести автоматическое построение математической модели этого оборудования, алгоритма его расчета и программы на языке программирования высокого уровня. Результаты работы этого программно-вычислительного комплекса активно используются для решения задач проектирования и функционирования теплоэнергетических установок. При этом, решение задач проектирования не накладывает существенного ограничения на время расчета, в то время, как для задач функционирования, в особенности оперативного функционирования, необходимо получить результат за определенное, достаточно короткое, время. Учитывая, что количество переменных в подобном рода задачах весьма значительно, обеспечение необходимой скорости получения результатов является весьма существенной проблемой.

Одним из возможных путей решения проблемы быстродействия, является распараллеливание расчетов и использование для их проведения многопроцессорных рабочих станций и серверов.

Для выполнения многопоточных и ресурсоемких расчетов требуется высокопроизводительная вычислительная техника, которая могла бы практически в реальном времени решать поставленные задачи. Ресурсов одного компьютера, даже многопроцессорного и многоядерного – не всегда достаточно. Поэтому для повышения производительности вычислительных узлов - необходимо объединить узлы в единый вычислительный кластер. Вычислительный кластер – это сложный программно-аппаратный комплекс, требующий специального программного обеспечения, которое позволяет эффективно распределять нагрузку между его узлами.

Исследование вопросов создания вычислительного кластера для решения описанных выше задач, легли в основу данной научно-исследовательской работы.

Для построения вычислительного кластера необходимо использовать операционную систему, которая бы максимально эффективно использовала ресурсы оборудования. Одной

из таких систем, является Gentoo Linux, так как все программное обеспечение, в ее составе, компилируется с учетом установленного оборудования.

В качестве узлов кластера, используются следующие сервера производства компании Intel:

S01 - Intel SR2520SAXS(R), 2x Xeon(5430), 16Гб ОЗУ, 2x HDD Seagate ST373455SS 73Гб;

S02 - Intel S5000XVN, 2x Xeon(5345), 16Гб ОЗУ, 2x HDD WD740ADFD 73Гб;

B011 - Intel SR1625URSAS, 2xXeon(E5540), 12 Гб ОЗУ.

Указанные сервера объединены локальной вычислительной сетью пропускной способностью 1000 Mbit/s. Схема соединения узлов кластера представлена на рис. 1.

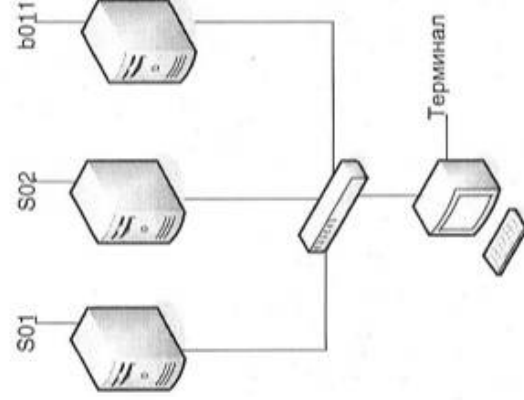


Рис.1 Схема соединения узлов кластера

Для создания вычислительного кластера необходимо было решить следующие задачи: *Расширяемость кластера.* Кластер, как видно из описания узлов, является гетерогенным. Кроме того, он постоянно расширяется, приобретаются новые сервера, поэтому добавление нового сервера должно производиться оперативно, при минимальном участии системного администратора. Кроме того, в случае сбоев ПО или аппаратуры необходимо быстро восстановить работоспособность кластера.

Система поддержки выполнения параллельных расчетов

Общепринятым стандартом программирования для вычислительных кластеров, является Message Passing Interface (MPI), который позволяет обмениваться сообщениями между процессами, выполняющими одну задачу. MPI для своего функционирования требует специальных библиотек.

Система распределения задач между узлами кластера

Для эффективного распределения нагрузок между узлами вычислительного кластера, необходима система очереди задач и автоматического распределения ресурсов вычислительного кластера.

Результаты работы. На первых этапах построения кластера были изучены основы работы с Gentoo Linux, изучен командный интерпретатор Bash. Зная основы скриптописания для Linux систем, был разработан набор скриптов, для автоматизации процесса установки операционной системы Gentoo Linux, эти скрипты позволяют разворачивать систему на вычислительном узле при минимальном вмешательстве системного администратора. Скрипты могут запускаться с любого внешнего носителя и позволяют автоматизировать следующие процессы:

- Создание/удаление разделов жесткого диска;
- Создание необходимых файловых систем и их монтирование;

- Настройка сетевого подключения;
- Загрузка и установка программных пакетов;
- Конфигурирование необходимых параметров системы.

По завершению работы описанного набора скриптов, получается полностью работоспособная ОС Gentoo Linux. При отсутствии интернет соединения, все исходные коды устанавливаются с локального зеркала.

В качестве программной реализации технологии MPI, используется библиотека OpenMPI, которая является одной из наиболее популярных библиотек и установлена на большинстве суперкомпьютеров входящих в TOP500 суперкомпьютеров мира.

Для реализации очереди задач, установлен менеджер распределённых ресурсов для вычислительных кластеров – TORQUE. Система Torque предназначена для управления запуском задач на многопроцессорных вычислительных установках (в том числе кластерных). Она позволяет автоматически распределять вычислительные ресурсы между задачами, управлять порядком их запуска, временем работы, получать информацию о состоянии очередей. При невозможности запуска задач немедленно, они ставятся в очередь и ожидают, пока не освободятся нужные ресурсы. Torque главным образом используется на многопроцессорных вычислительных установках. Объединение ресурсов в вычислительных установках обычно уменьшает необходимость в постоянном управлении ресурсами для пользователей.

После установки ОС на 3 узла кластера, установки и настройки OpenMPI и TORQUE были проведены тесты для оценки производительности кластера. В качестве эталонных тестов использованы NAS Parallel Benchmarks.

Тесты NPВ (NAS Parallel Benchmark) разработаны Национальным космическим агентством (НАСА) США специально для измерения производительности многопроцессорных ЭВМ. Комплекс тестов NAS состоит из пяти тестов NAS kernel benchmark (оценки производительности ядра) и трех тестов, основанных на реальных задачах гидро- и аэродинамического моделирования. На сегодняшний день набор NPВ является лучшим общепризнанным комплексом тестов для оценки параллельных многопроцессорных систем.

При компиляции на тестируемой машине каждому тесту необходимо задать количество потоков, запускаемых приложением и выбрать класс задачи. В терминологии NPВ приложения могут производить вычисления в определенных классах задач (Problem Classes): «Sample code», «Class A», «Class B», «Class C», «Class D». Под классом понимается размерность основных массивов данных, используемых в тесте. Другими словами, класс А — это маленькие матрицы, В — большие, С — очень большие, D — огромные.

В таблице представлены результаты одного из тестов (EP класс В (размерность 2³⁰), 24 потока). Ядро EP — «Embarrassing Parallel» основано на порождении пар псевдослучайных, нормально распределенных чисел (Гауссово распределение). Получаются числа $gO(0,1)$, где $i=0...2n$, а n , в свою очередь, определяется классом теста. По замыслу разработчиков этот тест позволяет оценить максимальную производительность кластера при операциях с плавающей точкой при сведении к минимуму межузловых взаимодействий. Эти взаимодействия сводятся к окончательному объединению результатов, рассчитанных на каждом узле независимо от всех остальных.

Таблица. Результаты работы теста EP и ускорения счета.

Узлы	Процессов на узел	Время выполнения	Ускорение
S01	1	107,81	1
S01	2	53,81	2,0
S01	4	26,99	4,0
S01	8	13,70	7,6
S01, S02	1	53,66	2,0
S01, S02	2	26,87	4,0

S01, S02	4	14,12	7,6
S01, S02	8	6,96	15,4
S01, S02, B011	8	4,52	23,8

На рис.2 показано ускорение выполнения теста в зависимости от количества используемых процессоров.

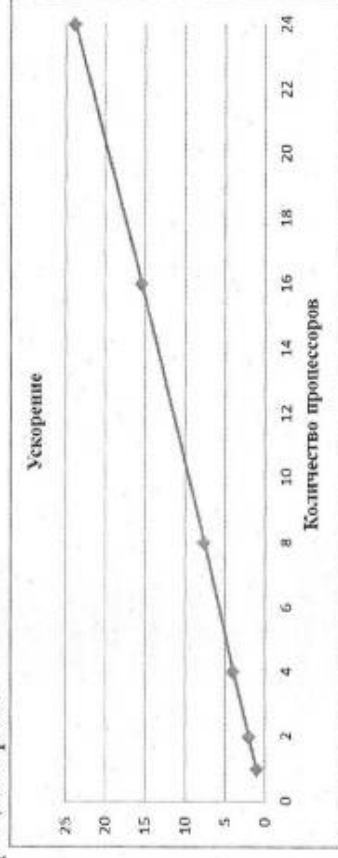


Рис.2 График ускорения.

Как видно из таблицы, с каждым увеличением процессоров в 2 раза, скорость выполнения теста тоже увеличивается примерно в 2 раза. Но увеличение количества процессоров имеет предел. При выполнении теста на 24 процессорах наблюдается небольшое падение ускорения. Это падение объясняется задержками при работе локальной сети. Следует заметить, что большое количество процессоров актуально при достаточном количестве расчетов, т.к. при расчете небольшой задачи время выполнения существенно возрастает, в сравнении с временем выполнения на одном узле.

Выводы

По результатам проделанной работы был создан вычислительный кластер, состоящий из трех вычислительных узлов. Проведено тестирование работы кластера с использованием тестов NAS, использующихся для тестирования больших кластерных систем.

Создание вычислительного кластера должно предоставить возможность решать сложные задачи оперативного управления теплоэнергетических установок, за приемлемые промежуточные времени.

ТЕХНОЛОГИЯ СПЕЦИФИКАЦИИ ИНТЕРФЕЙСОВ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СЕРВИСОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ В ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ БАЗЕ ЗНАНИЙ

Вартамян Э. К. (Иркутск, ИДСТУ СО РАН)

Введение. В настоящее время важным и практически значимым направлением научных исследований в области высокопроизводительных вычислений является организация проблемно-ориентированных распределенных вычислительных систем (РВС) различного назначения на основе Grid-технологий [1]. Сложность таких систем обуславливается их динамичностью и стохастичностью, наличием большого числа объектов различной природы и связей между ними, распределенностью этих объектов и избыточностью информационно-вычислительных ресурсов. Для эффективного использования РВС требуются развитые средства описания, хранения, обработки и модификации знаний о ее инфраструктуре, а также о процессах планирования и проведения вычислений. Известные подходы к описанию и применению моделей РВС достаточно разнообразны (см., например, [2-5]) и не решают в полной мере вышеперечисленные проблемы.

В данном докладе рассматриваются средства спецификации объектных моделей проблемно-ориентированных РВС [6]. Обсуждаются аспекты реализации базы знаний для экспериментальной интегрированной кластерной системы (ИнКС) ИДСТУ СО РАН.

Научное издание

МАЛЫЕ ВИНЕРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2013

Материалы

Всероссийской молодежной научно-практической
конференции с международным участием

(Иркутск, 21–25 марта, 2013 г.)

Печатается с оригиналов, подготовленных авторами

Оформление обложки С.В. Григорьев

Подписано в печать 29.07.2013. Формат 60 х 90 / 8.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 26,5.
Тираж 75 экз. Зак. 104 д/п.

Лицензия ИД № 06506 от 26.12.2001
Иркутский государственный технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

**МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ**



2014

**ВСЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЁЖНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**ВИНЕРОВСКИЕ
ЧТЕНИЯ**

**Иркутск
3 — 5 апреля 2014**



ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А.МЕЛЕНТЬЕВА СО РАН
ИНСТИТУТ ДИНАМИКИ СИСТЕМ И ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СО РАН

ВИНЕРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2014

Материалы Всероссийской молодежной
научно-практической конференции
(Иркутск, 3–5 апреля, 2014 г.)



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Иркутского государственного технического университета
2014

Печатается по решению редакционно-издательского совета ИрГТУ

Винеровские чтения 2014: материалы Всерос. молодеж. науч.-практ. конф. (Иркутск, 3–5 апреля, 2014 г.). – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2014. – 70 с.

Содержатся материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Винеровские чтения 2014», организаторами которой являются Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет (ИрГТУ), Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН и Институт динамики систем и теории управления (ИДСТУ) СО РАН.

Рассмотрены методологические и практические вопросы разработки и применения современных информационных технологий для решения научных и практических проблем. Статьи ориентированы на научных и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами создания современных информационных систем и решающих задачи анализа и обработки информации в различных проблемных областях, а также на преподавателей, аспирантов и студентов вузов, специализирующихся в области информационных технологий.

Ответственный редактор

кандидат технических наук В. Л. Аришинский (Иркутский государственный технический университет)

Печатается с файлов, предоставленных авторами

Оформление обложки С. В. Григорьев

Подписано в печать 24.03.2014. Формат 60 x 90 / 16.
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 4,75.
Тираж 100 экз. Зак. 52 д/п.

Лицензия ИД № 06506 от 26.12.2001
Иркутский государственный технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

© Иркутский государственный
технический университет, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Интеллектуальные информационные системы

Введение в теорию комплексных сетей <i>Лукова Ю.В.</i>	8
Интегрирование функций на языке MATLAB в среду NetBeans и их использование для создания GUI-приложения, использующего нейронные сети для кластерного анализа. <i>Харашин В.А., Сосинская С.С.</i>	8
Моделирование работы сетевого анализатора данных на основе SOM <i>Черниговский А.В., Кривов М.В.</i>	9
О подходе к формализации знаний в транспортной предметной области <i>Столбов А.Б., Нгуен Гуй Лиен</i>	9
Построение программы для обнаружения контуров человека в изображении с помощью методов математической морфологии <i>Нгуен Тхе Лонг, Нгуен Тху Хыонг</i>	11
Применение методов синтаксического и морфологического анализов для автоматизации поиска грамматических и речевых ошибок в тексте <i>Забелина Е.Н.</i>	11
Применение проблемно-ориентированного подхода в двухуровневой информационной технологии исследований проблем энергетической безопасности <i>Жиляев А.С.</i>	12
Программа принятия решений на основе регрессионных моделей оценки числа слушателей ИДПО <i>Темникова Е. А., Асламова В.С.</i>	13
Программные технологии трансформации онтологий предметных областей информационных систем <i>Соколов А.Ю., Черкашин Е.А.</i>	14
Разработка программной системы для визуального моделирования продукции в нотации RVML <i>Пестерев Д.В.</i>	15
Система поддержки принятия решений для анализа технологичности конструкции изделия <i>Жиляев А.С.</i>	15
Экспертная система для валидации медицинских лабораторных исследований <i>Кузнецких В.Р., Кузьменко В.В.</i>	16
Web-ориентированный компонент подготовки знаний для производственной экспертной системы <i>Корицунов С.А., Павлов А.И.</i>	17
Информационные системы и технологии	
Автоматизированная система документооборота по инженерным изысканиям <i>Бояркин Д.А., Якубовский Д.В.</i>	18
Виртуальное моделирование динамики технических объектов в среде MD ADAMS <i>Думахонов Фуркат Шухрат угли</i>	18
Информационные системы и семантические технологии <i>Семичева О.А.</i>	19

Использование пакетов MATLAB и Intel® Cilk Plus для расчета статических плоских ферм методом конечных элементов <i>Ле Хай Вьет</i>	43
К задаче моделирования «трубчатых» процессов <i>Чжан Е.А.</i>	44
Контроль характеристик навигационного поля ГЛОНАСС на метрологических пунктах ГСВЧ <i>Толстикова А.С., Караули А.А., Ханькова Е.А., Безродных А.Р.</i>	45
Метод наименьших квадратов решения краевых задач для вырожденных систем линейных интегро-дифференциальных уравнений <i>Нгуен Дык Банг, Чистяков В.Ф.</i>	46
Непараметрическое управление линейным процессом <i>Куртин А.Г.</i>	46
Непараметрическое управление макрообъектом в условиях малой априорной информации <i>Банникова А.В., Корнеева А.А., Корнет М.Е.</i>	47
О методе определения математической модели экономических процессов во Вьетнаме <i>Нгуен Ван Дык</i>	48
О многошаговых методах для интегро-дифференциальных уравнений с тождественно вырожденной матрицей перед главной частью <i>До Тьен Тхань</i>	48
О непараметрических моделях и алгоритмах управления процессом конвертерной плавки стали <i>Банникова А.В., Корнеева А.А., Корнет М.Е.</i>	49
О непараметрической идентификации нелинейных динамических систем в условиях недостатка априорной информации <i>Катярова Н.В.</i>	50
О свойствах числа обусловленности хвостящих трехдиагональных систем линейных алгебраических уравнений <i>Батагеева Т.А.</i>	51
Об устойчивости движения поездов в соответствии с нормативным графиком <i>Жарков М.Л., Парсюкова П.А.</i>	51
Полиномиальная имитационная модель процесса формирования группы крови у ребенка в системе АВ0 <i>Яковлева И.С.</i>	52
Построение математических моделей для проблемы оптимального проектирования пластинчато-стержневых железобетонных конструкций <i>Дмитриева Т.Л., Нгуен Ван Ты</i>	53
Разработка математической модели-классификатора природных территорий по вероятности и частоте возникновения пожаров <i>Сергеев А.В.</i>	53
Синергетический синтез регуляторов механических колебательных систем <i>Шляков Е.А.</i>	54
Формирование ШИМ-элемента с использованием искусственных нейронных сетей <i>Игузов Н. В., Куцый Н.Н.</i>	55

Параллельные и сетевые системы

Автоматизация установки и настройки узлов вычислительного кластера <i>Костромин Р.О.</i>	55
Мультиагентная система управления приложением пользователя в неоднородной вычислительной среде <i>Панинин А.А., Богданова В.Г.</i>	56
Обобщенная технология как инструмент для создания и распространения интерактивных журналов <i>Носков Е.П.</i>	57
Разработка программы автоматизации настройки абонентских коммутаторов городской телекоммуникационной сети «ЭР-Телеком» <i>Усманов Д.В.</i>	58

Веб-технологии

Интерпретация RDF для представления Web-браузером <i>Чернышова Е.А., Паскал К.К.</i>	58
Проектирование веб-приложений для моделирования угроз энергетической безопасности с помощью байесовских сетей <i>Митков А.А.</i>	59
Проектирование и реализация рекомендательного геосоциального сервиса <i>Кузнецких В.Р.</i>	60
Проектирование информационной системы центра недвижимости <i>Смутьков Е.И.</i>	61
Проектирование универсальных технологических элементов для сайтов на основе UC-битрикс <i>Нимиттов Е.А.</i>	62
Разработка web-приложения для расчета линейных электрических цепей <i>Рисатов Р.В.</i>	63
Разработка геонформационного модуля для АСОИУ «Система автоматизации бизнес-процессов кадрового агентства «Вторая мама» <i>Нитыкова Е.А.</i>	63
Разработка и проектирование интернет-сайта для компании «Маринский строительно-монтажный трест» <i>Митязова Б.Б.</i>	64
Реализация интернет-магазина компании «Snow Experts» <i>Ефремов А.В.</i>	65
Разработка мобильного приложения для сервиса «Город грузов» <i>Светлова К.И.</i>	65
Разработка модуля визуализации маршрутов транспорта в системе «Центр транспорта Иркутской области» <i>Стафиевская Г.С.</i>	66
Разработка системы электронной оплаты для организации мероприятий «GeekFest.ru» <i>Ахмадиева В.Г.</i>	67

ФОРМИРОВАНИЕ ШИМ-ЭЛЕМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Исумнов И. В., Куцый Н.Н.

(г. Иркутск, ИрГТУ)

В последнее время при синтезе автоматических систем регулирования (АСР) находят применение искусственные нейронные сети (ИНС) с их известными преимуществами:

- решение задач при неизвестных закономерностях;
- устойчивость к шумам во входных данных;
- высокое быстродействие;
- отказоустойчивость при аппаратной реализации нейронной сети.

В тоже время автоматические системы регулирования (АСР) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) имеют применение в обогатительной, нефтехимической промышленности. Преимуществами систем с ШИМ являются: возможность повышения помехозащищенности, надежности, точности регулирования устройств, применяемых в АСР.

В настоящее время предлагается использовать ИНС при формировании ШИМ - оптимизации таких систем.

Получены предварительные результаты, указывающие на возможность вышесказанного.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ И НАСТРОЙКИ УЗЛОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА

Костромин Р.О.

(г. Иркутск, ИрГТУ)

Руководитель – Аришинский В.Л.

Многие научные и исследовательские работы требуют проведения ресурсоемких расчетов, в которых необходимо учитывать значительное количество параметров и ограничений. Для такого рода задач, все чаще, необходимы значительные вычислительные ресурсы. Такие задачи существенно увеличивают вычислительную сложность и требуют использование высокопроизводительной вычислительной техники.

Для выполнения многопоточных и ресурсоемких расчетов требуется высокопроизводительная вычислительная техника, которая позволяла бы решать поставленные задачи в режиме реального времени или близком к нему. Такая техника на рынке ресурсоемких вычислений есть. Многие организации предоставляют доступ к своим вычислительным ресурсам, удаленным серверам, избавляя пользователей от реализации собственного решения. Такие технологи называют «облачными», «облачные вычисления».

- использование облачных технологий оправдано по следующим причинам:
 - позволяя им сконцентрироваться на решении непосредственных задач, а не на поддержке аппаратного и программного обеспечения;
 - облачные вычисления обеспечивают мгновенное масштабирование вверх или вниз в любое время без долгосрочных обязательств;
 - облачные вычисления могут снизить как капитальные затраты, так и текущие расходы, поскольку ресурсы приобретаются только по необходимости и оплачиваются только по использованию.

Но у облачных технологий есть большой минус – сторонние разработки не гарантируют обеспечение защищенности секретных данных. Очень часто при проведении исследований, многие данные имеют особое стратегическое значение. Именно по этой причине возникает необходимость создания собственного вычислительного кластера для проведения исследований.

Подготовка серверов для работы в кластере достаточно длительный и утомительный процесс. Поэтому для экономии времени администраторов по разворачиванию, ремонту и масштабированию кластера разработан набор скриптов и методических указаний для автоматизированной установки и настройки ОС Gentoo Linux на сервере.

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЕМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В НЕОДНОРОДНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Пашинин А.А., Богданова В.Г.

(г. Иркутск, ИрГТУ)

Данный доклад посвящен применению мультиагентного подхода к организации проблемно-ориентированных параллельных вычислений в неоднородной распределенной вычислительной среде. В докладе представлена предназначенная для организации такого управления мультиагентная система HrcBEoMas (High-performance computing Boolean Equations oriented Multi-agent system), ориентированная на применение в фундаментальных и прикладных исследованиях при проведении вычислительных экспериментов в разнообразных предметных областях, где естественным образом возникают дискретные модели в виде систем булевых уравнений. Хорошо известно, что с точки зрения человеческого восприятия булевы системы имеют сложную специфическую природу. В связи с этим важной и весьма нетривиальной проблемой остается построение средств, позволяющих человеку моделировать задачи на языке булевых ограничений. Такие задачи, как правило, обладают тяжелыми комбинаторными характеристиками с высокой оценкой сложности, что заставляет вести поиск методов, действующих наиболее эффективно для отдельных (интересных с практической точки зрения) классов булевых систем, и одновременно повышать производительность решения систем булевых уравнений путем использования многопроцессорной техники. В процессе решения таких задач пользователям приходится сталкиваться с целым рядом проблем, в том числе: подбором наименее загруженного или наиболее подходящего под задачу кластера, взаимодействием с различными операционными системами и системами управления заданиями, декомпозицией исходной задачи на независимые подзадачи с последующим объединением полученных результатов, постановкой подзадач в очередь кластера и мониторингом параллельного решения подзадач в узлах вычислительной системы. В силу этих причин возникает необходимость разработки программных средств, которые бы позволяли автоматизировать весь процесс распределенного решения задач. В вопросе интеграции распределенных вычислительных систем в настоящее время все большую силу набирает сервис-ориентированная технология [1,2], поддерживающая средства предоставления унифицированного, платформенно-независимого интерфейса для удаленного доступа к вычислительным ресурсам.

В докладе рассматривается архитектура мультиагентной системы HrcBEoMas, компонентами которой являются сервисы, реализуемые на базе стандартов REST и SOAP. Важным отличием от аналогичных существующих систем организации вычислений является управление процессом вычисления конкретных заданий через взаимодействие с СУПЗ ВК. Отдельные функциональные возможности системы, в частности, препроцессорной

обработки для декомпозиции, постановки в очередь, мониторинга, информирования пользователя, взаимодействия с ВК представлены в виде сервисов. Разработка системы ведется при помощи собственных инструментальных средств [3] на языке Java, с применением библиотек Apache Tomcat, Java EE, TomEE.

Приводится пример использования HrcBEoMas в разнородной распределенной вычислительной среде, включающей однородный ВК «Blackford», имеющий 20 вычислительных узлов, в каждом из которых установлены по два 2-четырёхядерных процессора Intel Xeon 5345 EM64T («Clovertown») 2.33GHz; неоднородный ВК «Академик В.М. Матросов», имеющий 110 двухпроцессорных узлов с 16-ядерными процессорами AMD Opteron 6276 2,3 GHz («Interlagos») на основе x86_64-микроархитектуры «Bulldozer» и узлов с графическими процессорами NVidia C2070 («Fermi»); неоднородный ВК с GPU NVidia «Tesla», в состав которого входит 4 четырёхядерных процессора Intel Xeon X5570 («Nehalem») и 8 GPU NVidia «Tesla» C1060 с общим числом ядер 1920.

Список литературы

1. Thomas Erl Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, And Design / Pearson Education, 2005.
2. Чугреев В. Л. Разработка сервис-ориентированной архитектуры в ИСЭРТ РАН [Текст] / В. Л. Чугреев // Молодой ученый. – 2013. – №9. – С. 23-28.
3. Пашинин А.А., Богданова В.Г. Разработка инструментальных средств создания МАС для организации мониторинга параллельного выполнения задач удовлетворения ограничений в РВС // Материалы III Всероссийской конференции “Математическое моделирование и вычислительно-информационные технологии в междисциплинарных научных исследованиях” – Иркутск: Изд-во ИДСТУ СО РАН, 2013.

ОБЛАЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЖУРНАЛОВ

Носков Е.П.

(г. Иркутск, ИрГТУ)

Руководитель – Петров А.В.

Рассматривается задача разработки и распространения электронных журналов выполняемых ООО «ВиСаЛаб». Создание журналов требует оперативного взаимодействия между сотрудниками отдела, работающими на дому, и в офисе, а так же заказчика. Облачные технологии помогут реализовать распределенную работу всех участников, и ускорить сам процесс создания журнала, сделав его оперативным и более мобильным*. Для создания такой системы необходимо исследовать подобные продукты на рынке, такие как Adobe Publishing Suit и Napoleon Publishing Suit, ранее используемые компанией, и на основе этих исследований создать более удобную и доступную систему, дающую возможность работать удаленно, просматривать статистику скачивания и просмотров.

Исследование показало, что необходимо проектирование и реализация системы хранения журналов на основе облачных технологий, и программного обеспечения позволяющего получить доступ к материалам в облачном хранилище.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 6 2015
Часть 1
ISSN 1812-7339

Журнал издаётся с 2003 г.

Электронная версия: www.fr.rae.ru

Правила для авторов: www.rae.ru/fs/rules

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 33297

Главный редактор

Ледванов Михаил Юрьевич д.м.н., профессор

Зам. главного редактора

Бичурин Мирза Иммамович д.ф.-м.н., профессор

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.т.н. Бошнятов Б.В. (Москва), д.т.н., проф. Важенин А.Н. (Нижний Новгород), д.т.н., проф. Гилёв А.В. (Красноярск), д.т.н., проф. Гоц А.Н. (Владимир), д.т.н., проф. Грызлов В.С. (Череповец), д.т.н., проф. Захарченко В.Д. (Волгоград), д.т.н. Лубенцов В.Ф. (Ульяновск), д.т.н., проф. Мадера А.Г. (Москва), д.п.н., проф. Микерова Г.Ж. (Краснодар), д.т.н., проф. Пачурин Г.В. (Нижний Новгород), д.т.н., проф. Пен Р.З. (Красноярск), д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск), д.т.н., проф., к.ф.-м.н. Мишин В.М. (Пятигорск), д.э.н., проф. Савон Д.Ю. (Ростов-на-Дону), д.э.н., проф. Макринова Е.И. (Белгород), д.э.н., проф. Роздольская И.В. (Белгород), д.э.н., проф. Коваленко Е.Г. (Саранск), д.э.н., проф. Зарецкий А.Д. (Краснодар), д.э.н., проф. Тяглов С.Г. (Ростов-на-Дону)

Журнал «Фундаментальные исследования» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. **Свидетельство – ПИ № 77-15598.**

Все публикации рецензируются.
Доступ к журналу бесплатен.

Журнал представлен в **Научной электронной библиотеке (НЭБ)** – головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Место в общем рейтинге **SCIENCE INDEX** за **2013** год – **207** (из 3009 индексируемых РИНЦ журналов).

Журнал включен в **«Перечень рецензируемых научных изданий»**, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Ответственный секретарь редакции –
Бизенкова Мария Николаевна – +7 (499) 705-72-30
E-mail: edu@rae.ru
Почтовый адрес
г. Москва, 105037, а/я 47 АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ,
редакция журнала «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»
Учредитель – МОО «Академия Естествознания»
Издательство и редакция: Издательский Дом «Академия Естествознания»
Типография ИД «Академия Естествознания», г. Саратов, ул. Мамантовой, 5

Подписано в печать 08.07.2015
Формат 60x90 1/8
Технический редактор Кулакова Г.А.
Корректор Галенкина Е.С.
Усл. печ. л. 26,25.
Тираж 1000 экз. Заказ ФИ 2015/6

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЦЕМЕНТАЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ ИЗ СЕРНОКИСЛЫХ РУДНИЧНЫХ ВОД <i>Динь-Мухамметова Л.С., Попов В.Г., Тягунова В.Г., Пояркова Е.В.</i>	9
ЭКВИВАЛЕНТИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ В СТРУКТУРЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ <i>Дулесов А.С., Кондрат Н.Н.</i>	14
ИССЛЕДОВАНИЕ СХОДИМОСТИ АЛГОРИТМОВ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СХЕМ МЕТОДОВ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ФРАГМЕНТАРНО ЗАДАНЫХ ДАННЫХ <i>Кобрунов А.И., Мотрык Е.Н., Ломинский Д.О.</i>	20
ОЦЕНИВАНИЕ РАБОСПОСОБНОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН СТРЕЛОВОГО ТИПА ПО ИЗМЕНЕНИЮ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ <i>Козлов В.В., Мокан Д.О., Чирва С.В., Аль-Вароуди У.</i>	25
ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СТЕБЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА <i>Косолапов Е.В., Матушкин О.П.</i>	30
МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ВЫЧИСЛЕНИЯМИ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ КЛАСТЕРНОЙ СИСТЕМЕ <i>Костромин Р.О.</i>	35
ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫЕ АЛГОРИТМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ БОРТОВОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ <i>Кузнецова Т.А., Губарев Е.А.</i>	39
МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗМЕРНОГО АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РОССИИ <i>Масягин В.Б., Мухомолов А.В., Шаимова С.Б.</i>	44
ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В СКВАЖИНЕ В АСИМПТОТИЧЕСКОМ ПРИБЛИЖЕНИИ <i>Михайлов П.Н., Михайлов А.П., Кульсарина Н.А.</i>	50
ОБ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТА ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ МАШИН ФИГУРНОЙ ЛИСТОВОЙ РЕЗКИ С ЧПУ ПРИ УСЛОВИИ НЕПОСТОЯНСТВА СКОРОСТИ РАБОЧЕГО ХОДА <i>Петунин А.А., Таваева А.Ф.</i>	56
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РАЗДЕЛИТЕЛЕЙ ЖИДКОСТИ УСТАНОВКИ ПОДГОТОВКИ ГАЗА И ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА В ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ <i>Писарев М.О., Долганов И.М., Ивашкина Е.Н.</i>	63
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМЫХ СИСТЕМ РАЗДЕЛЕНИЯ ДИКТОРОВ НА ФОНОГРАММЕ <i>Рогов А.А., Петров Е.А.</i>	67

CONTENTS

Technical sciences

OPTIMIZATION OF COPPER EXTRACTION FROM SULPHATE MINE WATER BY CEMENTATION PROCESS <i>Dinnukhametova L.S., Popov V.G., Tyagunova V.G., Poyarkova E.V.</i>	9
AMOUNT EQUIVALENTING OF INFORMATION ENTROPY IN THE TECHNICAL SYSTEM STRUCTURE <i>Dulesov A.S., Kondrat N.N.</i>	14
STUDY OF CONVERGENCE OF ALGORITHMS AND COMPUTATIONAL SCHEMES OF METHOD OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT INTERPOLATION IN A FRAGMENTED SET OF DATA <i>Kobrunov A.I., Motryuk E.N., Lominskij D.O.</i>	20
SERVICEABILITY EVALUATION OF THE BOOM-TYPE CRANE ON THE CHANGE OF THE OPERATING CONDITIONS OF FUNCTIONING <i>Kozlov V.V., Mokan D.O., Chirva S.V., Al-Ivaroudi U.</i>	25
UTILIZATION OF ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER TO RESEARCH STRENGTH PROPERTIES OF STALK MATERIAL <i>Kosolapov E.V., Matushkin O.P.</i>	30
MODELS, METHODS AND MEANS CALCULATIONS CONTROL IN INTEGRATED CLUSTER SYSTEM <i>Kostromin R.O.</i>	35
FAULT-TOLERANT IDENTIFICATION ALGORITHMS OF INPUT INFORMATION FOR ON-BOARD MATHEMATICAL MODELS BUILT-IN THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF AIRCRAFT ENGINES <i>Kuznetsova T.A., Gubarev E.A.</i>	39
METHODS OF AUTOMATION OF THE DIMENSIONAL ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN RUSSIA <i>Masyagin V.B., Mukholzoev A.V., Shaimova S.B.</i>	44
TEMPERATURE FIELD IN THE WELL IN ASYMPTOTIC APPROACH <i>Mikhaylov P.N., Mikhaylov A.P., Kulsarina N.A.</i>	50
OPTIMIZATION OF TOOL ROUTE FOR CNC SHAPE CUTTING MACHINES PROVIDED THAT WORKING STROKE SPEED IS NOT CONSTANT VALUE <i>Petunin A.A., Tavaeva A.F.</i>	56
MODELING OF LIQUID SEPARATORS WORK IN GAS AND GAS CONDENSATE PREPARATION UNIT IN LOW-TEMPERATURE SEPARATION TECHNOLOGY <i>Pisarev M.O., Dolganov I.M., Ivashkina E.N.</i>	63
AN OVERVIEW OF OPEN SOURCE SOFTWARE USED TO SOLVE THE SPEAKER SEGMENTATION PROBLEM ON A PHONOGRAM <i>Rogov A.A., Petrov E.A.</i>	67
MODELS AND ALGORITHMS FOR AUTOMATED CONTROL OF THE FORMATION OF PROFESSIONAL KNOWLEDGE OPERATOR HANDLING MACHINE <i>Fayzrakhmanov R.A., Polevschikov I.S.</i>	73
INDUSTRY SIMULATION MODEL OF THE PRODUCTION AND SALE OF PETROLEUM PRODUCTS <i>Shukaev D.N., Lamasheva Z.B., Abdikadyrova A.A., Batyrbekova M.K.</i>	79

УДК 681.3.06

МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ВЫЧИСЛЕНИЯМИ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ КЛАСТЕРНОЙ СИСТЕМЕ

Костромин Р.О.

*ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»,
Иркутск, e-mail: info@istu.edu*

Обсуждаются международный опыт и направления исследований в области организации и применения высокопроизводительных систем. Предлагается решение проблемы повышения эффективности управления потоками вычислений в Grid-системах путем применения модели с различными уровнями обслуживания заданий, выбор которых регулируется соотношением спроса и предложения ресурсов. Разработка программных средств, реализующих данную модель, осуществляется на основе агентно-ориентированного подхода с использованием инженерных онтологий для концептуализации предметных областей решаемых задач. В качестве узлов Grid-системы используются вычислительные кластеры. Рассматривается подход к организации кластеров и оценке их производительности. При создании кластера применяются система управления вычислительными заданиями Torque, библиотека поддержки параллельных вычислений Open MPI и набор эталонных тестов NPB для оценки производительности кластеров. Обобщается опыт использования и интеграции вычислительных кластеров в Иркутском научном центре. Рассматриваются модели и методы управления вычислениями на уровне интегрированной кластерной системы, реализуемой мультиагентной системой с заданной организационной структурой, а также прототип мультиагентной системы, реализуемый с помощью инструментария JADE.

Ключевые слова: grid-системы, распределенные вычисления, распределение ресурсов, вычислительный кластер, мультиагентные системы

MODELS, METHODS AND MEANS CALCULATIONS CONTROL IN INTEGRATED CLUSTER SYSTEM

Kostromin R.O.

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: info@istu.edu

Discusses international experience and research directions in the field of organization and application of high-performance systems. It is proposed a solution to the problem of increasing the efficiency of managing the flow calculations in Grid-systems through the use of models with varying levels of service assignments, the choice of which is regulated by supply and demand of resources. Software development for implementing this model is based on the agent-based approach using the ontology engineering domains to conceptualize tasks. As nodes of grid-system used computing clusters. Considered an approach to organization of clusters and evaluation of their performance. When creating the cluster are used task control system Torque, library support for Open MPI parallel calculations and a set of benchmarks NPB to evaluate the performance of clusters. Summarizes the experience of the usage and integration of computing clusters in the Irkutsk Scientific Center. We considered models and methods of calculations management at the level of an integrated cluster system implemented multiagent system with a given organizational structure, as well as a prototype of multiagent system, implemented using tools JADE.

Keywords: grid-system, distributed computing, resource allocation, computer cluster, multiagent systems

В России, как и за рубежом, ведутся активные исследования, связанные с созданием и использованием Grid-систем различного назначения [9], среди которых важное место отводится вычислительным Grid-системам. Высокая интенсивность потоков вычислений в Grid-системах обуславливает необходимость эффективного управления этими потоками. В процессе управления распределенными вычислениями требуется, во-первых, интенсивное и сложно реализуемое на практике взаимодействие администраторов ресурсов с пользователями, решающими свои задачи с помощью этих ресурсов, и, во-вторых, детальный учет специфики решаемых задач и вычислительных характеристик используемых ресурсов. Как правило, Grid-системы обладают рядом свойств, существенно усложняющих

унификацию процесса управления вычислениями [11]. К свойствам такого рода, например, относятся: организационно-функциональная разнородность, динамичность и неполнота описания ресурсов, интегрированных в Grid-системах; широта спектра задач, решаемых с помощью этих ресурсов; наличие различных категорий пользователей, преследующих свои цели и задачи эксплуатации вычислительной системы.

Известные модели, методы, алгоритмы и программные средства [8] не решают перечисленные выше проблемы полностью. Возникает необходимость разработки новых, более гибких средств управления распределенными вычислениями, базирующихся на методах искусственного интеллекта и позволяющих в полной мере учитывать специфику вычислительных ресурсов

и решаемых с их помощью задач. Требуется также сформулировать специальные критерии функционирования вычислительной системы, которые бы позволили отразить изменяющиеся во времени интересы различных субъектов системы и осуществить выбор удовлетворительного уровня обслуживания поступающих в систему заданий. С этой точки зрения наиболее целесообразным видится применение модели с различными уровнями обслуживания заданий [15], выбор которых регулируется соотношением спроса и предложения по ресурсам [14]. Использование такой модели сводит задачу управления Grid-системой к определению приемлемых интервалов изменения значений для характеристик назначенного уровня обслуживания задания. Как следствие, возникает необходимость разработки программных средств, которые бы позволили всесторонне описать аспекты прохождения потоков заданий в Grid-системе и обеспечить управление потоками заданий на основе прав и обязанностей, делегированных этим средствам администраторами и пользователями Grid-системы. Для реализации таких программных средств наиболее предпочтительным является агентно-ориентированный подход с использованием инженерных онтологий для концептуализации предметных областей решаемых задач.

Целью представляемого в статье исследования является разработка моделей, методов и программных средств управления распределенными вычислениями (представленными широким спектром заданий различной структуры) на основе комплексного использования мультиагентных технологий и экономических механизмов регулирования спроса и предложения вычислительных ресурсов в интегрированных кластерных системах.

Кластер для проведения оптимизационных расчетов объектов теплоэнергетики

В качестве узлов Grid-системы могут выступать как офисные компьютеры, так и суперкомпьютеры, в том числе вычислительные кластеры. Рассмотрим подход к настройке, запуску и тестированию вычислительного кластера на примере решения ресурсоемких задач в теплоэнергетике [1].

Решение современных инженерно-технических задач требует привлечения значительных вычислительных ресурсов. Ресурсоемкость процесса решения задачи обуславливается размерностью задачи, применением оптимизационных или переборных методов решения задачи, необходимостью проведения многовариантных

расчетов и другими факторами. К ресурсоемким задачам относятся расчеты технологических схем теплоэнергетических установок, в которых протекают различные физико-химические процессы: сгорание органического топлива, газификация твердого топлива, расширение и сжатие рабочей тел, испарение жидкостей и конденсация пара, радиационный и конвективный теплообмен и другие процессы. Одним из возможных путей ускорения процесса решения перечисленных задач является распараллеливание расчетов и использование для их проведения многопроцессорных рабочих станций и серверов, объединенных в единый вычислительный кластер.

Вычислительный кластер представляет собой сложный программно-аппаратный комплекс, требующий специального программного обеспечения, которое позволяет эффективно распределять нагрузку между его узлами. При создании вычислительного кластера для проведения оптимизационных расчетов объектов теплоэнергетики были решены следующие задачи:

- выбрано, установлено и настроено следующее системное программное обеспечение для управления вычислениями: операционная система Gentoo Linux – для управления ресурсами кластера, библиотека Open Message Passing Interface (Open MPI) – для поддержки выполнения параллельных расчетов, система TORQUE (Terascale Open Source Resource and Queue Manager) – для управления вычислительными заданиями;

- разработан набор скриптов на языке Bourne Again Shell (BASH) для автоматизации процессов установки операционной системы Gentoo Linux в узлах кластера: создания/удаления разделов жесткого диска, создания необходимых файловых систем и их монтирования, настройки сетевых подключений, загрузки и установки программных пакетов, конфигурирования необходимых параметров системы;

- обеспечена расширяемость кластера – оперативное добавление, включение в его инфраструктуру новых узлов;

- обеспечена поддержка отказоустойчивости кластера – быстрое восстановление его работоспособности в случае сбоя программного-аппаратных средств;

- произведена оценка производительности кластера при помощи набора эталонных тестов NASA Advanced Supercomputing Parallel Benchmarks (NPB).

Создание вычислительного кластера обеспечило возможность решения ряда сложных задач оперативного управления теплоэнергетическими установками за приемлемые промежутки времени [7].

Интеграция вычислительных кластеров

В Иркутском научном центре был создан целый ряд вычислительных кластеров на базе персональных компьютеров, подобных представленному в статье кластеру. Эти кластеры эффективно использовались самостоятельно или в составе интегрированных распределенных вычислительных сред для решения важных прикладных задач в различных предметных областях [1, 6, 2]. Интеграция вычислительных кластеров позволяет существенно расширить спектр решаемых с их помощью задач и предлагает использование специального программного обеспечения (middleware), предназначенного для представления глобально распределенных вычислительных систем в виде единой среды решения задач. Процесс решения задачи специфицируется в виде задания вычислительной среде, содержащего информацию о требуемых вычислительных ресурсах, исполняемых прикладных программах, входных/выходных данных, а также другие необходимые сведения. Однако традиционные системы управления заданиями (например, [13]) промежуточного программного обеспечения недостаточно полно учитывают специфику спроса и предложения ресурсов при распределении этих ресурсов для выполнения заданий. Таким образом, возникает важная и практически значимая проблема эффективного планирования вычислений и распределения ресурсов для их выполнения. Широко используемым на практике подходом к решению этой проблемы является применение мультиагентных систем для управления вычислениями [12].

В рамках представленного в статье исследования управление вычислениями на уровне интегрированной кластерной системы реализуется мультиагентной системой с заданной организационной структурой. Координация действий агентов осуществляется с помощью общих правил группового поведения. Агенты функционируют в соответствии с заданными ролями и для каждой роли определены свои правила поведения в виртуальном сообществе агентов. Мультиагентная система включает агентов распределения ресурсов и управляющего агента. Задачей агентов на уровне интегрированной кластерной системы является получение такого распределения поступающих в систему потоков заданий, которое сохраняет показатели качества функционирования этой системы в заданных ее администратором пределах.

Прототип системы агентов реализуется с помощью инструментария Java Agent Development framework (JADE) [10]. Ал-

горитмы функционирования агентов разрабатываются на основе конечно-автоматной модели в соответствии со спецификой действий, выполняемых этими агентами в системе управления вычислениями. Разработка системы агентов осуществляется в рамках реализации мультиагентного подхода к управлению распределенными вычислениями в интегрированной кластерной системе [12].

Выбор узлов вычислительного кластера, в которых будет выполняться задание, осуществляется с помощью логико-вероятностного алгоритма многоуровневого конкритизирующего планирования заданий с заданными критериями качества (показателями надежности, времени и стоимости) их выполнения. Процесс планирования осуществляется в четыре этапа агентами, представляющими узлы вычислительного кластера. Этапы работы алгоритма детально представлены в [3–5]. Процесс планирования включает: формирование всего множества доступных узлов; конкретизацию сформированного множества путем исключения из него перегруженных узлов (относительно текущей средней загрузки узлов с учетом имеющихся очередей заданий); построение поливариантного плана выполнения задания в узлах; извлечение из построенного поливариантного плана специализированного плана, удовлетворяющего заданным критериям качества выполнения задания с учетом текущего состояния вычислительной среды и назначение узлов вычислительного кластера для выполнения этого задания. Построение специализированного плана осуществляется на основе экономического механизма регулирования спроса и предложения вычислительных ресурсов.

Заключение

В статье рассмотрены проблемы управления ресурсами вычислительных систем, в том числе Grid-системами, и предложены методы и средства по решению возникающих трудностей. Научное значение решения задач, поставленных в статье, состоит в вышении эффективности распределенных вычислений в интегрированной кластерной системе с применением агентно-ориентированного подхода с использованием инженерных онтологий для концептуализации предметных областей решаемых задач.

Список литературы

1. Абасов Н.В., Бережных Т.В., Резников А.П. Долгосрочный прогноз природообусловленных факторов энергетики в информационно-прогностической системе ГИПСАР // Известия РАН. Энергетика. – 2000. – № 6. – С. 22–30.

2. Башарина О.Ю., Дмитриев В.И., Корсуков А.С., Носков С.И., Феоктистов А.Г. Методика и инструментальные средства автоматизации проведения вычислительных экспериментов по имитационному моделированию сложных систем // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 1. – С. 241.
3. Бычков И.В., Опарин Г.А., Феоктистов А.Г., Богданова В.Г., Пашинин А.А. Мультиагентные методы и инструментальные средства управления в сервис-ориентированной распределенной вычислительной среде // *Труды Института системного программирования РАН*. – 2014. – Т. 26. – Вып. 5. – С. 65–82.
4. Бычков И.В., Опарин Г.А., Феоктистов А.Г., Кантер А.Н. Мультиагентный алгоритм распределения вычислительных ресурсов на основе экономического механизма регулирования их спроса и предложения // *Вестник компьютерных и информационных технологий*. – 2014. – № 1. – С. 39–45.
5. Бычков И.В., Опарин Г.А., Феоктистов А.Г., Корсуков А.С. Децентрализованное управление потоками заданий в интегрированной кластерной системе // *Вестник НИУ. Серия: Информационные технологии*. – 2011. – Т. 9. – Вып. 2. – С. 42–54.
6. Дмитриев В.И., Башарина О.Ю., Феоктистов А.Г., Ларина А.В. Моделирование логистических складских комплексов с использованием вычислительной техники // *Экономика и управление*. – 2010. – № 6. – С. 88–92.
7. Костромин Р.О. Создание вычислительного кластера для проведения оптимизационных расчетов объектов теплоэнергетики // *Системные исследования в энергетике: Труды молодых ученых ИСЭМ СО РАН*. Иркутск: Изд-во ИСЭМ СО РАН, 2013. – № 43. – С. 184–192.
8. Шамакина А.В. Обзор технологий распределенных вычислений // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика*. – 2014. – Т. 3. – № 3. – С. 51–85.
9. Baker M., Buyya R., Laforenza D. Grids and Grid Technologies for Wide-Area Distributed Computing // *Software: Practice and Experience*. – 2002. – Vol. 32, № 15. – P. 1437–1466.
10. Bellifemine F., Bergenti F., Caire G. and al. Jade – A Java Agent Development Framework // *Multiagent Systems, Artificial Societies, And Simulated Organizations: Multi-Agent Programming / Ed. by R. Bordini, M. Dastani, J. Dix, A. El Fallah Seghrouchni*. Springer. – 2006. – Vol. 15. – P. 125–147.
11. Bogdanova V.G., Bychkov I.V., Korsukov A.S., Oparin G.A., Feoktistov A.G. Multiagent Approach to Controlling Distributed Computing in a Cluster Grid System // *Journal of Computer and Systems Sciences International*. – 2014. – Vol. 53, № 5. – P. 713–722.
12. Durfee E.H. Distributed Problem Solving and Planning // *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence / Ed. by G. Weiss*. MIT Press, 1999. – P. 121–164.
13. Herrera J., Huedo E., Montero R., Llorente I. Porting of Scientific Applications to Grid Computing on GridWay // *Scientific Programming*. – 2005. – Vol. 13, № 4. – P. 317–331.
14. Market-Oriented Grid and Utility Computing / Ed. by R. Buyya, K. Bubendorfer. New York, Wiley & Sons, 2010. 643 p.
15. Taha, H.A. Operations Research: An Introduction. Upper Saddle River, Prentice Hall. – 2006. – 592 p.
16. Buyya, K. Bubendorfer. New York, Wiley & Sons, 2010. 643 p.

Рецензенты:

- Опарин Г.А., д.т.н., профессор, зам. директора по научной работе, Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, г. Иркутск;
Петров А.В., д.т.н., профессор кафедры автоматизированных систем института кибернетики им. Е.И. Попова, ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск.

References

1. Abasov N.V., Berezhnyh T.V., Reznikov A.P. Dolgostroychny prognoz prirodobuslovlennykh faktorov Energetiki v informacionno-prognosticheskoy sisteme GPSAR // *Izvestiya RAN. Energetika*. 2000. no. 6. pp. 22–30.