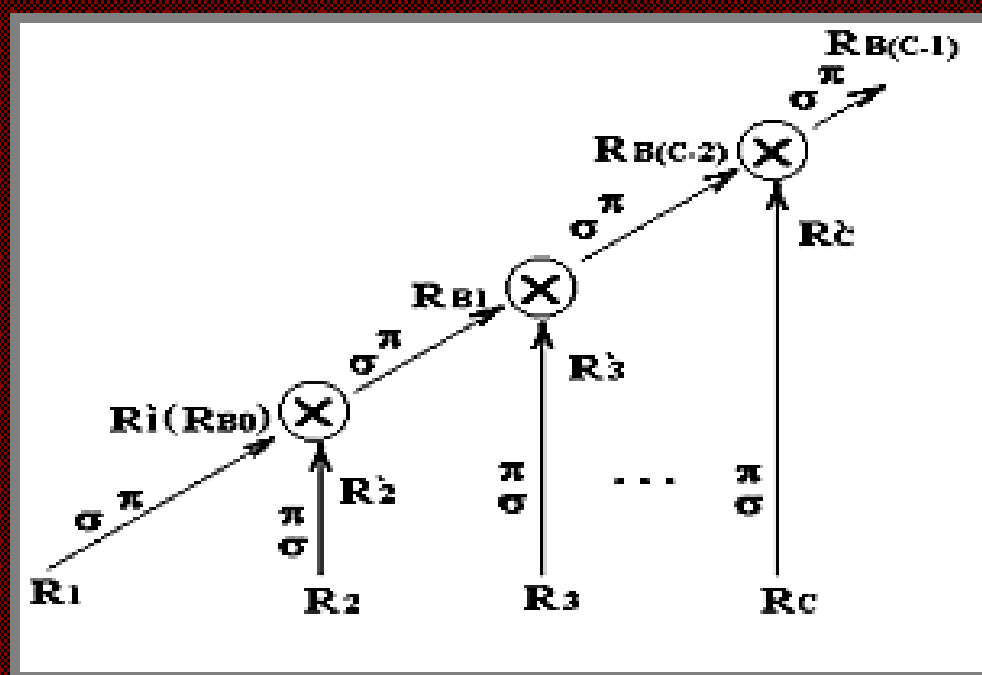


В.А. Райхлин, Р.Ш. Минязев,
Е.В. Абрамов

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ СУБД КОНСЕРВАТИВНОГО ТИПА

(Организация и поведение)



Академия наук Республики Татарстан
Республиканский научный семинар
«МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ»



В.А. РАЙХЛИН, Р.Ш. МИНЯЗЕВ, Е.В. АБРАМОВ

**ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ СУБД
КОНСЕРВАТИВНОГО ТИПА**
(Организация и поведение)



КАЗАНЬ
2015

УДК 681.3
ББК 32
Р 11

**Издание осуществлено по рекомендации Оргкомитета
Республиканского научного семинара
АН РТ «Методы моделирования»**

Райхлин В.А., Минязев Р.Ш., Абрамов Е.В.

Р 11 Параллельные СУБД консервативного типа (*Организация и поведение*) / Райхлин В.А., Минязев Р.Ш., Абрамов Е.В. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2015. – 120 с.

ISBN 978-5-00019-331-0

Показываются особенности методологии конструктивного моделирования систем, на основе которой развиваются элементы теории параллельных СУБД консервативного типа. Эта теория используется при разработке натурной модели – СУБД Clusterix – инструментального средства исследования свойств таких систем. Рассматриваются: архитектура СУБД Clusterix, ее измерительная подсистема, особенности претрансляции запросов. Приводятся оценки масштабируемости и эффективности, полученные по итогам экспериментальных исследований на различных кластерных платформах. Анализируются поведенческие аспекты и пути улучшения характеристик подобных систем. Дается конструктивное обоснование целесообразности перехода к мультикластеризации.

Для научных работников, аспирантов и магистрантов, специализирующихся в области высокопроизводительных информационных систем.

Табл. 24. Ил. 50. Библиогр.: 89 назв.

УДК 681.3
ББК 32

ISBN 978-5-00019-331-0

© В.А.Райхлин, Р.Ш.Минязев, Е.В.Абрамов, 2015

© Издательство Казанского университета, 2015

Управление базами данных – одна из перспективных областей проблемной ориентации высокопроизводительных систем. Поэтому не случайно внимание ведущих разработчиков таких систем привлечено к этой области, следствием чего явился выпуск в последние годы ряда мощных серверов. В современных коммерческих СУБД поддерживаются две стратегии параллельного исполнения запросов:

– *Процессор на запрос* (стратегия MPP) – множество независимых процессоров, без разделения ресурсов.

– *Множество процессоров на один запрос* (стратегия SMP) – запрос расщепляется на несколько процессов, реализуемых на разных процессорах с общей памятью. Но каждый процессор может независимо выполнять дисковые операции.

Мы объединяем обе стратегии: *изначально полное, а затем частичное множество узлов MPP-кластера на один запрос*. Последний вариант отвечает перспективным (т.н. *мультикластерным*) СУБД.

На современном рынке серверов баз данных несомненными лидерами являются компании *Oracle, Informix, IBM, Microsoft*. Разработанные ими высокопроизводительные СУБД функционируют на серверах класса *mainframe*. Высокая стоимость таких систем ограничивает круг организаций, которые могут позволить себе их приобретение. Вместе с тем, потребность в мощных системах обработки информации неизменно растет.

Очевидный выход из затруднения – *переход на кластерные платформы*. Вычислительные кластеры организуются на базе стандартных высокоскоростных сетевых технологий и серийных микропроцессоров со свободно распространяемыми сетевыми операционными системами. В качестве узлов кластера возможно применение и персональных компьютеров. Классическим примером тому является *Beowulf-кластер*, разработанный в научно-космическом центре *NASA*.

Широкое проведение идеи кластеризации в жизнь стало практически возможным после создания *Oracle Parallel Server* – первого коммерческого изделия на рынке профессиональных многопользовательских СУБД, ориентированного на распределенную многопроцессорную архитектуру и массовые применения. Идея кластеризации становится все более привлекательной по мере развития систем межкомпьютерного взаимодействия, подсистем хранения, специализированного программного обеспечения.

В настоящее время *вычислительные кластеры безальтернативны*. Все вновь создаваемые СуперЭВМ (в том числе – и первые номера списка *Тор 500*) имеют кластерную архитектуру. Уже имеется мно-

жество разработок параллельных СУБД на платформе вычислительных кластеров (*Microsoft SQL Server, IBM DB2 DPF, Oracle EXADATA, PostgreSQL Cluster, MySQL Cluster* и др.). Но практически важные вопросы эффективности, масштабируемости, динамики протекающих процессов и целесообразной организации СУБД на такой платформе все еще недостаточно изучены. Получение конструктивных ответов на эти вопросы является предметом нашего рассмотрения.

Материал книги ориентирован на построение высокопроизводительных параллельных СУБД *консервативного типа* (с эпизодическим обновлением баз данных в специально выделяемое время) с *хорошей масштабируемостью* (по числу узлов кластера). Его актуальность определяется тенденциями развития технологии аналитической обработки данных OLAP (On-Line Analytical Processing) [1,2]. Задачи, сопутствующие OLAP: построение систем поддержки принятия решений (DSS), добычи данных (data mining) – обнаружения новых знаний и др.

Вопросам *интеллектуальной обработки* больших информационных массивов уделяется сейчас серьезное внимание. Объемы «законсервированных» баз данных многих крупных корпораций уже превысили отметку в 100 TB. При отсутствии продуктивного анализа колоссальные объемы «информационной руды», накопленной человечеством, грозят превратиться в никому не нужные свалки. Это обуславливает необходимость развития работ в области СУБД консервативного типа. Определенное понимание такой необходимости уже имеется. Примером тому является проект специализированной системы *SciDB* для обработки научных данных (результатов испытаний, наблюдений за состоянием среды и др.) [3-5].

Основная перспектива видится здесь в повышении эффективности использования кластерной платформы [6]. Рост эффективности связывается с преодолением «проклятия масштабируемости» по числу узлов кластера [7,8]. Над решением проблемы *повышения масштабируемости* работает множество организаций [9,10]. Важной тенденцией является использование т.н. «облачных» сервисов [11]. Широкое распространение получили технологии *MapReduce* [12,13] и *NoSQL* [14,15]. Их применение позволяет достичь масштабируемости на уровне тысяч узлов. Однако все эти системы ориентированы на поддержку работы *internet*-сервисов, т.е. на выполнение множества сравнительно простых операций типа *select* и *insert* над динамически изменяемыми базами данных.

В отличие от них, для *консервативных* СУБД характерен высокий удельный вес сложных запросов типа *select – project – join*, оперирующих множеством таблиц с большим числом операций соединения *join*. К числу бесплатных *open source* проектов параллельных СУБД относятся *PostgreSQL Cluster* [16], *MySQL Cluster* [17], *MonetDB* [18]. Обработку сложных запросов проводит последняя версия 9.0 СУБД *PostgreSQL* [16], но только в одном узле.

Исследование свойств параллельных СУБД консервативного типа на платформе вычислительных кластеров выполняется нами путем анализа результатов вычислительного эксперимента, проводимого по схеме рис.П.1. Компоненты «компилятор, ОС, компьютер» – атрибуты вычислительного кластера. Отличием этой схемы от классической [19] является включение этапа «Модель объекта»: вычислительный эксперимент проводится на специально разработанной натурной модели параллельной СУБД консервативного типа, учитывающей реальные системные ситуации, – СУБД *Clusterix*.

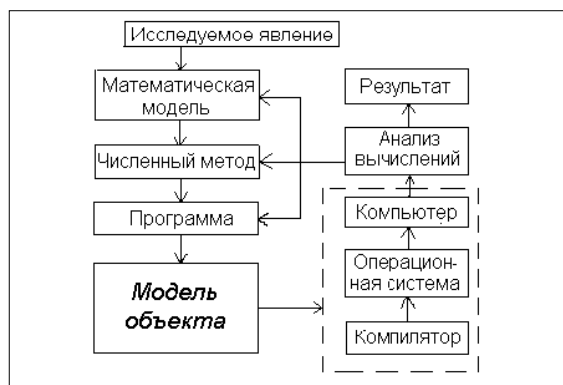


Рис. П.1

Результат

параллельной СУБД консервативного типа, учитывающей реальные системные ситуации, – СУБД *Clusterix*.

Необходимость такой разработки была обусловлена следующим:

1) Отсутствие в открытых исследовательских проектах параллельных СУБД кластерного типа (*MySQL Cluster*, *PGCluster*, *NEDO-100*) специализированных инструментальных средств не позволяет использовать их для целей моделирования. 2) Несмотря на серьезные функциональные возможности имеющихся систем мониторинга и визуализации аппаратных платформ, на которых функционируют параллельные СУБД, (*Nagios*, *OpenNMS*, *NetXMS*), они не позволяют собирать информацию относительно работы прикладного и системного программного обеспечения, функционирующего в узлах кластера.

Параллельная СУБД *Clusterix* [20] является в настоящее время единственным известным проектом параллельной СУБД консервативного типа в собственном смысле. Эта СУБД реализует регулярный план обработки запросов [21] с применением инструментальной СУБД *MySQL* на исполнительном уровне. При этом *Clusterix* обеспечивает существенно более высокую производительность на сложных запросах по сравнению с *MySQL Cluster* [22]. Порог масштабируемости СУБД *Clusterix* по числу узлов кластера зависит от ее архитектуры, от особенностей действующего потока запросов, от используемой платформы и растет с увеличением объемов баз данных [23,24].

В Разделе I монографии кратко излагается концепция конструктивного моделирования систем, положенная в основу исследований. Развиваются элементы теории кластеров баз данных, использованные при построении натурной модели. Сама модель, ее измерительная подсистема и некоторые особенности оптимизации запросов к консервативным базам данных рассматриваются в Разделе II.

Исследованиям вопросов масштабируемости и эффективности консервативных СУБД на кластерной основе посвящен Раздел III. Особое место здесь занимает изучение свойств параллельной СУБД как диссипативной системы. Этот вопрос нас заинтересовал достаточно давно, но экспериментально подтвержденный ответ на него получен сравнительно недавно. Его значимость обусловлена тем интересом, который проявляется в настоящее время научным сообществом к вопросам самоорганизации макросистем.

Раздел IV посвящен мультикластерным СУБД. Переход к мультикластеризации на основе СУБД *Clusterix* означает изменение идеологии обработки запросов в кластерной МРР-системе: от «множества маломощных узлов на один запрос» к «одному мощному узлу на каждый запрос». При этом «мощный узел» реализуется как монокластер с установкой на него системы *Clusterix*. Потенциально, переход к мультикластеризации, когда на одном достаточно мощном вычислительном кластере реализуется множество одновременно работающих СУБД *Clusterix* с репликацией между ними консервативной базы данных, должен способствовать росту масштабируемости и отказоустойчивости системы в целом [25].

Все представленные в книге оригинальные результаты детально обсуждались на Республиканском научном семинаре АН РТ «МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ» в период с 2003 по 2014 г. (всего по теме было заслушано 20 докладов) и получили положительную оценку. По итогам обсуждений семинар поддержал написание монографии. Даты, авторы и названия докладов указаны в приложении «MODELLING' 03-14».

Главная цель, которая ставилась при написании этой книги, – систематизация и переосмысление результатов проведенных нами исследований по параллельным СУБД консервативного типа. Поэтому за основу написания всех разделов приняты наши ранее опубликованные работы. Они указываются после заголовка каждого подраздела (за исключением п.3.4,3.5). Принципиально новый результат содержит только п.3.4.

В процессах разработки измерительной подсистемы СУБД *Clusterix*, вопросов оптимизации запросов и некоторых вопросов анализа авторам помогали: инженер Вагин В.Р., магистры Ильин Н.А., Куревин В.В., Попов А.В., Шагеев Д.О. Авторы благодарны им за оказанную помощь.

Мы будем признательны за конструктивные замечания по затронутым в книге вопросам. Адреса электронной почты:

no-form@evm.kstu-kai.ru (профессору Райхлину Вадиму Абрамовичу);

txf13@mail.ru (доценту Минязеву Ринату Шавкатовичу);

eugene_abr@mail.ru (доценту Абрамову Евгению Викторовичу).

Авторы

I. ПРИНЯТАЯ МЕТОДОЛОГИЯ И ПРЕДЛАГАЕМЫЕ МОДЕЛИ	9
1.1. Методология конструктивного моделирования систем	9
<i>Предварительные замечания. Концепция S-моделирования. Иерархические модели синтеза. Замечание по разработке натурной модели.</i>	
1.2. Принятый план обработки запросов	17
<i>Операции реляционной алгебры. Регулярный план обработки запросов.</i>	
1.3. Внешнее моделирование кластеров консервативных баз данных	20
<i>Детализация альтернатив. Фреймовое представление. Устойчивая архитектурно-функциональная основа.</i>	
1.4. Модель выбора конфигураций	26
<i>Характеристика нагрузки кластеров консервативных баз данных. Модально-нечеткая модель выбора состояний. Предлагаемая модельная процедура. Поиск релевантной базы знаний. Релевантность модели.</i>	
1.5. Генетический алгоритм поиска базы знаний	33
<i>Предварительные замечания. Основа предлагаемого алгоритма.</i>	
II. СУБД CLUSTERIX КАК ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАНИЙ	37
2.1. Функциональная характеристика	37
2.2. Компоненты программной системы	39
<i>Характеристика модулей. Конфигурации СУБД Clusterix. Алгоритм работы системы.</i>	
2.3. Измерительная подсистема	46
<i>Подсистема сбора статистики. Подсистема визуализации динамики работы системы.</i>	
2.4. Претрансляция запросов	51
<i>Вопросы оптимизации и выполнения запросов. Функции претранслятора, реализованные в СУБД Clusterix.</i>	
III. АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ	57
3.1. Масштабируемость	57
<i>Случай 1-процессорных узлов. Случай 2-процессорных SMP-узлов.</i>	
3.2. Понятие самоорганизации	62
3.3. Предпосылки самоорганизации	65
<i>Начальная посылка. Развитие исследований.</i>	
3.4. За гранью масштабируемости	71
<i>Результаты исследований. Анализ результатов.</i>	

3.5. Перспективы развития	75
<i>Динамическая перестройка конфигурации кластера. Переход на асинхронные принципы обработки запросов. Оценка возможностей практической реализации.</i>	
IV. МУЛЬТИКЛАСТЕРИЗАЦИЯ	80
4.1. Подтверждение ожидаемого	80
<i>Организация мультикластерной СУБД. Эффективность перехода к мультикластеризации.</i>	
4.2. Варианты балансировки нагрузки	83
<i>Оптимальный способ и его замена. Правильное распределение. Квазиправильное распределение. Круговое распределение.</i>	
4.3. Сравнительные оценки качества	92
<i>Сравнение правильного и кругового распределений. Сравнение кругового и квазиправильного распределений. Сравнение кругового способа с распределением $(k=2)_m$</i>	
4.4. Реализация квазиправильности	100
<i>Сравнительный анализ при отсутствии совмещений. Предлагаемый подход.</i>	
4.5. Реализация модуля ROUTER	107
ЛИТЕРАТУРА	110
MODELLING' 03–14	116

1. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. 2-е изд. – СПб.:БХВ-Петербург, 2007. – 384с.
2. Cohen J., Dolan B., Dunlap M., Hellerstein J. M. and Welton C.. MAD Skills: New Analysis Practices for Big Data. Proceedings of the VLDB Endowment Volume 2 Issue 2, August 2009. – P. 1481-1492.
3. http://www.citforum.ru/database/articles/scidb_scientific_challenges
4. Szalay A.S. The Sloan Digital Sky Survey and beyond //SIGMOD Record. 2008. Vol. 37, No. 2. P. 61–66.
5. Shiers J. The Worldwide LHC Computing Grid (worldwide LCG) //Computer Physics Communications. 2007. Vol. 177 No. 1-2. P. 219–223.
6. Taniar D., Leung C., Rahayu J. W. High-performance parallel database processing and grid databases. – John Wiley & Sons Inc., Hoboken, 2008. – 551p.
7. Ferhatosmanoglu H., Tosun A. S., Canahuate G., Ramachandran A. Efficient parallel processing of range queries through replicated declustering //Distrib. Parallel Databases. 2006. Vol. 20, No. 2. P. 117–147.
8. Jae-Woo Chang, Young-Chang Kim. Cluster-based DBMS Management Tool with High-Availability //Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics. V. 3. 2005. №1. P. 46-51.
9. Stonebraker M. 10 rules for scalable performance in 'simple operation' datastores //Communications of the ACM. 2011. Vol.54, No.6. P.72-80.
10. Ahrendt E. Extreme databases: The biggest and fastest. IBM developer Works // IBM Data Management Magazine Issue 1, 2010. – P. 18-23.
11. Rittinghouse J.W.,Ransome J.F. Cloud Computing Implementation, Management and Security. – Boca Raton London–New York: CRC Press Taylor& Francis Group, 2010. – 300 с.
12. Кузнецов С. MapReduce: внутри, снаружи или сбоку от параллельных СУБД? – http://citforum.ru/database/articles/dw_appliance_and_mr/
13. Abouzeid A., et. al. HadoopDB: An Architectural Hybrid of MapReduce and DBMS Technologies for Analytical Workloads // Proceedings of the 35th VLDB Conference, August 24-28, 2009, Lyon, France.
14. K. Grolinger, W.A. Higashino, A. Tiwari, M.A.M. Capretz. Data management in cloud environments: NoSQL and NewSQL data stores //Journal

of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications. 2013. Vol. 2, No. 22.

15. *Stonebraker M.* Errors in Database Systems, Eventual Consistency, and the CAP Theorem. BLOG@CACM, April 5, 2010. [Электронный ресурс]. URL: <http://cacm.acm.org/blogs/blog-cacm/83396-errors-in-database-systems-eventual-consistency-and-the-cap-theorem/fulltext>.
16. <http://www.postgresql.org/>
17. <http://www.mysql.com>
18. MonetDB [Электронный ресурс]. URL: <http://www.monetdb.org/Home>.
19. *Воеводин В.В., Воеводин Вл.В.* Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
20. *Абрамов Е.В.* Параллельная СУБД Clusterix. Разработка прототипа и его натурное исследование //Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2006. №2. С.50-55.
21. *Raikhlin, V.A.* Simulation of Distributed Database Machines //Programming and Computer Software. Vol. 22, Issue 2, 1996, P. 68-74.
22. *Миняев Р.Ш., Шагеев Д.О.* Сравнительный анализ возможностей позиционирования двух параллельных СУБД на Beowulf-платформу //Тр. 9 Межд. конф. НРС-2009. – Владимир: Изд. ВГУ, 2009. С. 291-293.
23. *Райхлин В.А., Абрамов Е.В.* Кластеры баз данных. Моделирование эволюции //Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2006. №3. С. 22-27.
24. *Райхлин В.А., Шагеев Д.О.* Информационные кластеры как диссипативные системы //Нелинейный мир. Т.7. 2009. №5. С.323-334.
25. *Райхлин В.А., Миняев Р.Ш.* Мультикластеризация распределенных СУБД консервативного типа //Нелинейный мир, 2011. №8. С.473-481.
26. *Райхлин В.А.* Конструктивный подход к синтезу сложных систем //Нелинейный мир. Т.9. 2011. №11. С.694-700.
27. *Райхлин В.А.* Неформальные модели синтеза. Иерархический тип //Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2000. № 4. С.55-59.
28. *Райхлин В.А.* Неформальные модели синтеза. Базовые понятия и принципы //Вестник КГТУ им. А.Н.Туполева. 2000. №3. С.53-58.
29. *Райхлин В.А.* Конструктивное моделирование систем. Симбиоз естественного интеллекта с искусственным //Эволюционное моделирование. – Казань: Изд-во Фэн (Наука), 2004. С.21-47.
30. *Райхлин В.А.* Методология конструктивного моделирования систем. //Новости искусственного интеллекта. 2005. №1. С.5-17.
31. *Райхлин В.А.* Конструктивное моделирование систем. – Казань: ФЭН (Наука), 2005.

32. *Никитин Е.П.* Объяснение – функция науки. М.: Наука. 1970.
33. *Бусленко Н.П.* Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978.
34. *Хакинг Ян.* Представление и вмешательство. Начальные вопросы философии естественных наук. – М.: Логос, 1998.
35. *Казанцев А.П.* Острее шпаги. – М.: Мол. гвардия, 1984.
36. *Кокин Л.М.* Юность академиков. – М.: Сов. Россия, 1970.
37. *Анохин П.К.* Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем //Принципы системной организации функций. – М.: Наука, 1973. С.5-61. – Интернет-адрес: <http://www.keldysh.ru/pages/BioCyber/RT/Functional.pdf>
38. *Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П.* Введение в системный анализ. – М.: Высшая школа, 1989.
39. *Тейз А., Грибомон П., Юлен Г.* и др. Логический подход к искусственному интеллекту. От модальной логики к логике баз данных. – М.: Мир, 1998.
40. *Райхлин В.А.* Синтез искусственных линий в пространствах отображающих числовых последовательностей //Радиотехника и электроника. 1972. Т.17. № 5. С.989-995.
41. *Шрейдер Ю.А., Шаров А.А.* Системы и модели. – М.: Радио и связь, 1982.
42. *Дружинин В.В., Конторов Д.С.* Проблемы системологии (проблемы теории сложных систем). – М.: Сов. радио, 1976.
43. *Гильберт Д., Бернайс П.* Основания математики. Логические исчисления и формализация арифметики. – М.: Наука, 1979.
44. *Лорьер Ж.-Л.* Системы искусственного интеллекта. – М.: Мир, 1991.
45. *Конторов Д.С.* Внимание – системотехника. – М.: Радио и связь, 1993.
46. *Ульман Дж.* Основы систем баз данных. – М.: Финансы и статистика, 1983.
47. *Dean, J., Ghemawat, S.* MapReduce: Simplified Data Processing in Large Cluster. In OSDI, 2004.
48. *Abouzeid, A., Bajda-Pawlikowski, K., Abadi, D.J., Rasin, A., and Siferschatz, A.* (2009). HadoopDB: An architectural hybrid of mapreduce and dbms technologies for analytical workloads. PVLDB, 2(1): 922-933.
49. *Калиниченко Л.А., Рывкин В.М.* Машины баз данных и знаний. – М.: Наука, 1990.
50. Database Machines /Edited by *H.O. Leilich* and *M. Missikoff*. – Intern. Workshop, Munich, Sept., 1983.
51. *Райхлин В.А., Абрамов Е.В.* К теории моделей синтеза кластеров баз данных //Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2004. №1. С.44-49.

52. *Борисов М.* UNIX-кластеры //Открытые системы. 1995. № 2.
53. *Райхлин В.А.* Системы параллельной обработки данных – Казань: Изд-во «Фэн» («Наука»), 2010. – 268 с.
54. *Райхлин В.А., Абрамов Е.В., Шагеев Д.О.* Эволюционное моделирование процесса выбора архитектуры кластеров баз данных //Высокопроизводит. паралл. вычисления на кластерных системах. Тр. 8 Межд. конф. НРС-2008. – Казань: Изд. КГТУ, 2008. С.249-256.
55. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница» /Под ред. *Д.А. Данилова и А.А. Жигляевского.* – С.Пб.: Санкт Петербургский университет, 1997.
56. *Тейз А., Грибомон П., Луи Ж.* и др. Логический подход к искусственному интеллекту: от классической логики к логическому программированию. М.: Мир. 1990.
57. *Малышев Н.Г., Берштейн Л.С., Боженюк А.В.* Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
58. *Аверкин А.Н., Батыршин И.З., Блишун А.Ф.* Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта /Под ред. *Д.А. Поспелова.* – М: Наука, 1986.
59. *Лукашин Ю.П.* Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика, 2003.
60. *Дуброва Т.А.* Статистические методы прогнозирования. – М.: ЮНИТИ, 2003.
61. *Holland John H.* Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Application to Biology, Control and Artificial Intelligence. – USA: University of Michigan, 1975.
62. *Soraya Rana.* Examining the Role of Local Optima and Schema Processing in Genetic Search, 1999.
63. *Райхлин В.А.* Моделирование машин баз данных распределенной архитектуры // Программирование. 1996. №2. С.7 – 16.
64. *Отчет о НИР.* Развитие принципов построения процессоров массивов с широкими функциональными возможностями как внешних устройств ЭВМ ЕС. Адаптация процессора массивов к макроконвейерной системе /Научн. рук. В.А. Райхлин – Казань, 1986. Гос.рег. № 01850074085. Инв. № 02860096253.
65. *Мартин Дж.* Организация баз данных в вычислительных системах. – М.: Мир, 1980
66. *Дж.Грофф, П. Вайнберг.* SQL: Полное руководство: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.:Издательская группа BHV, 2001.
67. *Уолтон Ш.* Создание сетевых приложений в среде Linux. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001.
68. *Митчел М., Оулдем Д., Самьюэл А.* Программирование для Linux. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.

69. *Снейдер Й.* Эффективное программирование TCP/IP. Библиотека программиста – СПб.: Питер, 2002.
70. *Шуленин А.* Процессор запросов Microsoft SQL Server. О некоторых стратегиях оптимизатора при построении сложных, параллельных и распределенных планов // СУБД. 1998. №3. С.37.
71. *Чаудхари С.* Методы оптимизации в реляционных системах // Системы управления базами данных, 1998, №3.
72. *Абрамов Е.В.* Математические модели и комплекс программ для ПК-кластеров консервативных баз данных // Диссертация на соискание ученой степени КТН. Казань: КГТУ, 2008
73. *Минязев Р.Ш., Райхлин В.А.* Балансировка нагрузки в мультикластерных СУБД консервативного типа на Beowulf-платформе // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2011. №1. С.52-57.
74. *Райхлин В.А., Абрамов Е.В., Шагеев Д.О.* Вопросы самоорганизации информационных кластеров // Моделирование процессов / Под ред. В.А. Райхлина. Труды Казан. научного семинара «Методы моделирования». Вып. 3. Казань: Изд-во КГТУ, 2007. С.68-86.
75. *Райхлин В.А.* Три стороны эволюционизма // Эволюционное моделирование / Под ред. В.А. Райхлина. Труды Казан. городского семинара «Методы моделирования». Вып.2. – Казань: Изд-во «Фэн» («Наука»), 2004. С.4-13.
76. *Курдюмов С.П.* Самоорганизация сложных систем // Экология и жизнь. 2000. № 5. – Интернет-адрес: <http://www.ecolife.ru/journal/escap/2000-5-1.shtml>
77. *Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего. – М.: Наука, 1997. – Интернет-адрес: <http://www.iph.ras.ru/~mifs/kkm/GI1.htm>
78. *Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного. – М.: УРС, 2003.
79. *Райхлин В.А.* Основы цифровой схемотехники. Издание второе, переработанное и дополненное. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2006.
80. *Карлов Н.В., Кириченко Н.А.* Колебания, волны, структуры. – М.: Физматлит, 2003.
81. *Минязев Р.Ш., Попов А.В.* Временные доминанты кластеров баз данных // Методы моделирования / Под ред. В.А. Райхлина. Труды Респ. науч. семинара АН РТ «Методы моделирования». Вып.4. – Казань: Изд-во «Фэн» («Наука»), 2010. С.125-134.
82. *Шарифуллина (Киреева) А.Е.* Параллельная реализация каталитической реакции ($\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$) с помощью асинхронного клеточного автомата // Вестник ЮурГУ. 2012. №47 (306). С.112-126.

83. *Дейтел Г.* Введение в операционные системы: в 2-х т. Т.1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 359 с.
84. *YingHui Zhu, YuZhen Jiang, Bo Liu.* Study on Parallel Clustering Based on Asynchronous Communication //International Conference on Networking and Digital Society, 2009. Vol.2, Pages 24-27.
85. *Jeffrey Cohen, Brian Dolan, Mark Dunlap, Joseph M. Hellerstein, Caleb Welton.* MAD Skills: New Analysis Practices for Big Data //Proceedings of theVLDB'09 Conference, 2009, Pages 1481-1492.
86. *Миняев Р.Ш.* Моделирование процессов балансировки нагрузки мультикластерных СУБД консервативного типа /Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2012.
87. *Абрамов Е.В., Куревин В.В.* Вопросы построения LINUX-кластеров баз данных //Эволюционное моделирование /Под ред. *В.А. Райхлина.* Труды Казан. городского семинара «Методы моделирования». Вып.2. – Казань: Изд-во «Фэн» («Наука»), 2004. С.278-288.
88. *Абрамов Е.В, Куревин В.В.* Разработка и реализация алгоритмов претрансляции запросов для PC-кластеров баз данных //XVI Туполевские чтения. Материалы Межд. молодеж. научн. конф. Т. IV – Казань: КГТУ им.А.Н.Туполева, 2006. С.39-40.
89. *Куревин В.В.* Оптимизация запросов для Beowulf-кластеров баз данных //Магистерская диссертация. Казань: КГТУ, 2006.



12.03.2003

Райхлин В.А.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ПРОЦЕДУРНАЯ ОСНОВА
МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА

07.05. 2003

Райхлин В.А., Абрамов Е.В.

К ПОСТРОЕНИЮ НЕЧЕТКОЙ ФРЕЙМОВОЙ МОДЕЛИ СИНТЕЗА
ИНФОРМАЦИОННЫХ КЛАСТЕРОВ

19.02. 2004

Райхлин В.А.

КОНСТРУКТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ:
СИМБИОЗ ЕСТЕСТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С ИСКУССТВЕННЫМ

20.05. 2004

Абрамов Е.В., Ильин Н.А.

ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СУБД НА ЕЕ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ

09.03. 2005

Абрамов Е.В.

ВЕОWULF-КЛАСТЕРЫ БАЗ ДАННЫХ. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ И
РАЗРАБОТКА ПОЛИГОНА

26.10. 2005

Абрамов Е.В.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕОWULF - КЛАСТЕРОВ БАЗ
ДАННЫХ

18.01.2006

Райхлин В.А., Абрамов Е.В.

КЛАСТЕРЫ БАЗ ДАННЫХ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ

23.05.2007

Райхлин В.А., Абрамов Е.В., Шагеев Д.О.

ВОПРОСЫ САМООРГАНИЗАЦИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СУБД

18.09.2007

Абрамов Е.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА ВЕОWULF-КЛАСТЕРОВ
КОНСЕРВАТИВНЫХ БАЗ ДАННЫХ

22.11.2007

Е.В. Абрамов

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА КЛАСТЕРОВ КОНСЕРВАТИВНЫХ БАЗ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

27.05.2008

Д.О. Шагеев

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПЕРЕСТРОЙКА АРХИТЕКТУРЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СУБД КЛАСТЕРНОГО ТИПА

28.10.2008

Д.О. Шагеев

ЭВОЛЮЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫБОРА АРХИТЕКТУРЫ КЛАСТЕРОВ БАЗ ДАННЫХ

10.06.2009

Шагеев Д.О.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РЕКОНФИГУРАЦИИ КЛАСТЕРОВ БАЗ ДАННЫХ В ДИНАМИКЕ

23.12.2009

Абрамов Е.В., Минязев Р.Ш.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАПРОСОВ К КОНСЕРВАТИВНЫМ БАЗАМ ДАННЫХ

31.03.2010

Минязев Р.Ш., Попов А.В.

ВРЕМЕННЫЕ ДОМИНАНТЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СУБД КЛАСТЕРНОГО ТИПА

10.11.2010

Минязев Р.Ш., Райхлин В.А.

БАЛАНСИРОВКА НАГРУЗКИ В МУЛЬТИКЛАСТЕРНЫХ СУБД НА BEOWULF-ПЛАТФОРМЕ

30.03.2011

Минязев Р.Ш.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА МУЛЬТИКЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОНСЕРВАТИВНЫМИ БАЗАМИ ДАННЫХ

05.10.2011

Минязев Р.Ш.

МУЛЬТИКЛАСТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНСЕРВАТИВНЫМИ БАЗАМИ ДАННЫХ

04.12.2013

Р.Ш. Минязев

АРХИТЕКТУРА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СУБД НА ПЛАТФОРМЕ GRU-КЛАСТЕРА

19.03.2014

В.А. Райхлин, Р.Ш. Минязев

ЭФФЕКТЫ САМООРГАНИЗАЦИИ КЛАСТЕРОВ БАЗ ДАННЫХ

Научное издание

Вадим Абрамович РАЙХЛИН, Ринат Шавкатович МИНЯЗЕВ,
Евгений Викторович АБРАМОВ

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ СУБД КОНСЕРВАТИВНОГО ТИПА
(*Организация и поведение*)

Подписано в печать 12.12.2014.
Формат 60 x 90 1/16. Бумага для офисной техники.
Печ.л. 7,5. Усл.печ.л. 7. Усл.кр.-отт. 7. Уч.-изд.л. 7,27.
Тираж 100.

Издательство Казанского университета
420008, г. Казань, ул. Профессора Нужина, 1/37
тел. (843) 233-73-59, 233-73-28

Отпечатано с готового оригинал-макета
в множительном центре института истории АН РТ
г. Казань, Кремль, подъезд 5. Тел. (843) 292-95-68, 292-18-09

ISBN 978-5-00019-331-0



9 785000 193310 >