

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова»

**И.А. Микляев**

**Универсальные объектно-ориентированные базы  
данных на реляционной платформе**

*Монография*

Архангельск



ИД САФУ  
2014

УДК 004.651.54/004.652  
ББК 78.54  
М59

Рецензенты:

*А.Т. Гурьев*, доктор технических наук, профессор  
(САФУ им. М.В. Ломоносова);  
*С.А. Яковлев*, доктор технических наук, профессор  
(СПбГЭУ ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина))

**Микляев, И.А.**

М59      Универсальные объектно-ориентированные базы данных на реляционной платформе: монография / И.А. Микляев; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: ИД САФУ, 2014. – 226 с.

ISBN 978-5-261-00897-2

Рассмотрены теоретические и реализационные основы построения универсальных баз данных и знаний, систем адаптивного синтеза информационно-вычислительных конфигураций. Приведены материалы, касающиеся систем, основанных на объектном и объектно-реляционном подходе, и оригинальные результаты, полученные автором в ходе разработки нового класса реляционных моделей баз данных и правил с изменяемой эволюционной и революционной структурой, основ реализации матричной универсальной объектно-реляционной базы данных на традиционной реляционной платформе, а также разработки на её основе информационных систем.

Для специалистов в области теоретической и прикладной информатики, вычислительной математики, студентов и аспирантов вузов соответствующих специальностей, системных и прикладных программистов. Может быть использована в качестве учебного пособия для вузов по современным информационным технологиям и базам данных.

УДК 004.651.54/004.652  
ББК 78.54

ISBN 978-5-261-00897-2

© Микляев И.А., 2014  
© Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, 2014

## Условные обозначения

АИС – автоматизированная информационная система  
БД – база данных  
ИПТВС – инструмент поддержки табличного вида сущности  
ИПОМД – индексное пространство основного массива данных  
ИПС – индексное пространство справочников  
ИС – информационная система  
ИТ – информационные технологии  
ПЦС – пространство целостности ссылок  
МУОРБД – матричная универсальная объектно-реляционная база данных  
ООП – объектно-ориентированный подход  
ООСУБД – объектно-ориентированная система управления базами данных  
ОРСУБД – объектно-реляционная система управления базами данных  
ПС – программные средства  
РБД – реляционная база данных  
СБД – словарь базы данных  
СПД – структуры представления данных  
СУБД – система управления базами данных  
УБД – универсальная база данных  
ЧПУ – числовое программное управление  
ЭМВС – эффективность метода выделения символов  
ЭМПК – эффективность метода персонализации ключа

## Введение

Высокий уровень развития ИТ является важнейшим фактором качественного улучшения систем образования и здравоохранения, реализации проектов адресной социальной поддержки незащищенных слоев населения, обеспечения национальной безопасности на современном уровне. Также к положительным эффектам от реализации концепции развития рынка ИТ относятся увеличение прямых иностранных инвестиций, развитие телекоммуникационной инфраструктуры, повышение общей квалификации специалистов отрасли ИТ.

Превращение отрасли ИТ в одну из движущих сил экономического роста и модернизации страны в короткие сроки возможно только в случае обеспечения целенаправленной государственной поддержки ускорения темпов ее развития, отмечается в материалах Мининформсвязи [1].

Как показывает опыт ряда стран, стимулирование развития отрасли ИТ предполагает приоритетное развитие направлений, имеющих высокий экспортный потенциал, а также привлечение ведущих мировых производителей в сфере ИТ для размещения на территории страны своих научно-исследовательских и производственных центров. При этом необходимо также обеспечить господдержку развития внутреннего рынка на основе стимулирования спроса со стороны государства, населения и предприятий всех отраслей экономики для обеспечения масштабного внедрения и использования ИТ в социально-экономической сфере и госуправлении и решения задачи модернизации страны. Стимулирование развития экспортоориентированного производства в сфере ИТ и внутреннего рынка должны рассматриваться как одинаково приоритетные задачи государственной поддержки развития рынка ИТ.

Цели развития ИТ [2]:

- обеспечение информационной, коммуникационной и технологической безопасности России, создание отечественных (или полностью контролируемых) решений в областях, критических для информационной безопасности и технологической независимости;
- повышение эффективности работы органов государственной власти, предприятий и организаций за счет массового внедре-

ния современных информационно-коммуникационных технологий (в основном, отечественных), ликвидация отставания в применении ИТ от стран-лидеров;

- уменьшение импортозависимости, стимулирование отечественного наукоемкого производства, реальный переход от сырьевой экономики к высокотехнологичной;
- динамичное развитие отрасли ИТ, доведение доли ИТ в ВВП страны до уровня развитых мировых держав. Выращивание отечественных компаний-разработчиков ПО за счет стимулирования спроса, создание благоприятных условий для превращения их в глобальных игроков;
- повышение конкурентоспособности российской индустрии ИТ, превращение России в нетто-экспортера глобального ИТ-рынка, занятие ею достойного места в международном разделении ИТ-труда;
- создание исследовательских и научных центров в области ИТ.

Движущими силами развития отрасли являются огромный неудовлетворенный спрос на компьютеры и необходимые для работы программные инструменты, естественный интерес использовать новые программно-аппаратные компьютерные средства вместо бумаг. Решение задачи внедрения ИТ в государственном управлении должно осуществляться системно, с учетом необходимости создания национальной индустрии разработки ПО для государственных целей.

Информационные и коммуникационные технологии были названы президентом РФ Д.А. Медведевым в числе 5 приоритетных инновационных отраслей [1]. Государство, заинтересованное в модернизации и переходе на инновационные рельсы, признало необходимость развития и внедрения современных ИТ-решений, без которых модернизация невозможна. Естественный драйвер развития в виде неудовлетворенного спроса стал подходить к концу, рынок постепенно насыщается и становится все более конкурентным. Для следующего рывка необходимы целевые действия.

Общеизвестно, что реальное положение дел заключается в том, что мы серьезно отстаем в фундаментальной науке и образовании, НИОКР и прикладных исследованиях [3]. Демографический спад 90-х годов вместе с падением уровня преподавательского состава ВУЗов привел к реальному (с каждым годом усиливающемуся)

дефициту квалифицированных специалистов. Ценовое преимущество России уже нивелировалось. Недостаточный внутренний спрос (и соответственно ограниченность внутреннего рынка) ограничивает развитие отечественных компаний, большая часть которых работает именно на внутренний рынок. Выход компаний на внешние рынки осложняется острой конкуренцией, усилившейся в пору кризиса, отсутствием ресурсов и опыта для проведения международного маркетинга.

Достижение лидерства в области ИТ требует целевого решения многих задач, нивелирования существующих рисков и проблем, что, в свою очередь, требует наличия политической воли и выделения значительных финансовых ресурсов. Но прежде всего необходимо трезво оценить сегодняшнюю ситуацию и наши возможности. В системной области (ОС, СУБД и т.п.) мы отстали настолько серьезно, что шансов бороться на равных с зарубежными монополистами на поле ОС и СУБД сейчас практически нет. Это означает, что нам необходимо усиленно развивать фундаментальные и прикладные исследования в этой области и одновременно искать «асимметричные ответы».

При развитии ИТ и, в частности, СУБД нельзя не учитывать мировой опыт и тенденции развития в этих областях.

Раз в несколько лет ведущие представители исследовательского сообщества баз данных проводят встречи, которые обычно длятся два дня [4]. На этих встречах обсуждается и оценивается состояние дел в области баз данных и формулируются темы исследований, которые, по мнению участников, будут наиболее актуальны в ближайшие годы. По результатам встреч принято подготавливать и публиковать отчет. Последним таким отчетом был так называемый Клермонтский отчет (май 2008) [5]. До этого были Лоуэльский отчет 2003 [6], Ассиломарский отчет 1996 [7], отчет собрания в Лагуна-Бич 1989 [8].

В Клермонтском отчете приводятся детали обсуждений и на передний план выдвигаются новые области исследования, которые, по общему мнению участников встречи, заслуживают наибольшего внимания:

- новые архитектуры серверов баз данных, декларативные языки программирования;
- взаимосвязь структурированных и неструктурированных данных;

- «облачные» сервисы данных;
- мобильные и виртуальные миры.

В 2008 г. общий смысл встречи был необычен и достаточно ясен: исследования баз данных и индустрия управления данными находятся в точке поворота, что создает необычайно благоприятные возможности для технических и интеллектуальных достижений, предпринимательства и наращивания воздействия на науку и общество. При наличии большого числа возможностей исследовательскому сообществу важно обратиться к решению проблем, оказывающих максимальное воздействие внутри сообщества баз данных, внутри компьютерного сообщества в целом и во внешних областях.

Участники встречи пришли к выводу, что смысл происходящих изменений определяется несколькими факторами:

- повышение ажиотажа вокруг больших объемов данных;
- анализ данных как центр прибыли;
- повсеместность структурированных и неструктурированных данных;
- расширяющиеся требования разработчиков;
- архитектурные изменения в области применения компьютеров.

В System R и Ingres была заложена основа архитектуры и алгоритмов реляционных баз данных, и современные коммерческие СУБД все еще базируются на их архитектурах [10]. Но многочисленные изменения приложений и технологии приводят к потребности пересмотра всего стека систем управления данными. У современных развитых коммерческих систем реляционных баз данных имеются хорошо известные ограничения. Обеспечивая широкий набор возможностей, они показывают пиковую производительность только для очень ограниченного набора режимов: системы OLTP настраиваются на рабочие нагрузки с многочисленными мелкими, одновременно выполняемыми транзакциями типа «приход/расход», а системы поддержки принятия решений – на рабочие нагрузки с небольшим числом операций (главным образом, выборки) с большим числом операций соединения и агрегации.

Пути поиска новых структурных решений для информационного поля предметной области имеют очень широкий спектр от денормализации РБД до расширения РБД до объектно-реляционного

подхода. Причём последнее производится с обеих сторон, как с реляционной платформы, так и от объектно-ориентированных СУБД.

Концепция матричной универсальной объектно-реляционной базы данных имеет самостоятельный путь достижения объектно-реляционных свойств, обусловленный расширением кортежа данных до объектно-ориентированного, с размещением в максимально однородной структуре, превосходящей по этому показателю РБД, – многомерной матрице [11]. Всё это стало возможным только при разработке универсальной модели реляционной базы данных.

Во множестве публикаций уже показывался широкий спектр возможностей МУОРБД в автономном виде [12–15]. Но переход на абсолютно новую платформу требует длительного предварительного исследования, подтверждения и апробации. Кроме того, необходимо учесть и то, что более 90 % БД в мире находятся на реляционной платформе [16–18]. Таким образом, необходим плавный, поэтапный ввод нового подхода в разработке ИС, от структурных включений объектно-ориентированного подхода в стандартные РБД, до самостоятельной реализации МУОРБД на реляционной платформе.

## Оглавление

Условные обозначения.....	3
Введение .....	4
1. Проблемы разработки информационных систем .....	9
1.1. Информационные системы.....	9
1.2. Базы данных .....	15
1.3. Объектно-ориентированный подход.....	19
1.4. Синергетика и темпоральность реального информационного пространства.....	22
2. Типовые решения проектирования объектов баз данных с варьируемым числом параметров.....	31
2.1. Концепция «объект–параметр».....	31
2.2. Модели «объект–параметр» с поддержкой темпоральности информационного пространства и многострочной единицы информации .....	35
2.3. Преимущества и недостатки систем типовых решений проектирования объектов баз данных с варьируемым числом параметров .....	61
3. Формальное представление матричной универсальной объектно-реляционной базы данных с поддержкой древовидной структуры единицы информации .....	65
3.1. Формализованное описание основной структуры представления данных МУОРБД .....	65
3.2. Объектно-реляционная концепция.....	75
4. Универсальная база данных .....	77
4.1. Основы УБД .....	77
4.2. Модели простой УБД.....	79
4.3. Модель данных сложной УБД.....	87
5. Универсальное приложение для простой УБД.....	93
5.1. Структура и автоматическое развёртывание простой УБД.....	93
5.2. Концепция универсального приложения для простой УБД.....	101
5.3. Модуль определения СБД пользователя .....	103
5.4. Главная универсальная форма отображения информации сущностей пользователя в простой УБД .....	106
5.5. Унифицированный инструментарий отображения информации пользователя УБД.....	112
6. Универсальное приложение для сложной УБД на SQL-запросах ....	116
6.1. Структура и автоматическое развёртывание сложной УБД .....	116
6.2. Концепция универсального приложения сложной УБД .....	136

6.3. Модуль определения СБД пользователя .....	138
6.4. Главная универсальная форма отображения информации сущностей пользователя в сложной УБД.....	147
7. Универсальное приложение для сложной УБД на основе МУОРБД.....	150
7.1. Матричная структура МУОРБД.....	150
7.2. Принципы построения универсального приложения для сложной УБД на основе МУОРБД .....	159
7.3. Форма «Администрирование УБД» блока МУОРБД.....	163
7.4. Служебные атрибуты описания сущности (таблицы) в МУОРБД .....	169
7.5. Служебные атрибуты описания атрибутов (полей) сущностей (таблиц).....	171
7.6. Рабочая форма универсального приложения МУОРБД .....	176
7.7. Управление выводом информации в универсальном приложении МУОРБД .....	188
7.8. Служебная сущность доменного описания атрибутов.....	196
7.9. Визуальное выделение структурных элементов МУОРБД .....	199
8. Организация разработки АИС на основе УБД .....	207
8.1. Концепция разработки программных продуктов на основе универсального приложения УБД.....	207
8.2. Примеры АИС на основе УБД.....	211
Заключение .....	217
Список литературы.....	219