

## **Многокритериальный выбор оптимальной системы управления базы данных с помощью метода анализа иерархий**

**А. Н. Земцов, Н. В. Болгов, С. Н. Божко**

Одной из главных проблем разработки приложения баз данных является выбор системы управления базами данных (далее СУБД). Выбранная СУБД должна удовлетворять не только текущим, но и будущим потребностям предприятия.

В статье представлены основные критерии по выбору СУБД, также применяется метод анализа иерархий для принятия решения.

Основные критерии по выбору СУБД:

1. Модель данных. К данной группе можно отнести: используемую модель данных, предусмотренные типы данных.

2. Особенности архитектуры и функциональные возможности. К данной группе можно отнести: масштабируемость, независимость среды, в которой она работает и сетевые возможности. Масштабируемость – способность системы справляться с увеличением рабочей нагрузки.

3. Производительность. Это один из главных критериев выбора СУБД. К данной группе можно отнести: рейтинг Transaction Processing Performance Council (далее ТРС), возможность распараллелить архитектуру, оптимизация запросов.

4. Требования к рабочей среде. К данной группе можно отнести: минимальные требования к оборудованию, поддерживаемые платформы.

5. Особенности разработки приложений. Стоит рассмотреть возможность использования среды Internet, многоязыковую поддержку и средства проектирования.

6. Надежность. Еще один из главных критериев выбора СУБД. Надежность имеет множество определений, к которым можно отнести

сохранность информации при сбоях системы, обеспечение защиты данных от несанкционированного доступа [1].

Сравнительный анализ на основе вышеперечисленных критериев поможет рационально выбрать систему управления базами данных для проекта. Для сравнительного анализа СУБД будет применяться метод анализа иерархий предложенного Т. Саати. В основе этого метода лежит парное сравнение всех СУБД по каждому из вышеперечисленных критериев, на выходе мы получим несколько матриц парных сравнений альтернатив [2]. Подробно с алгоритмом метода анализа иерархий, который используется в задачах многокритериальной оптимизации можно ознакомиться в [3].

В качестве альтернатив будут рассмотрены следующие СУБД: DB2, Firebird, MySQL, Microsoft SQL Server (далее MS SQL), Oracle, PostgreSQL. Три из них бесплатные – Firebird, MySQL, PostgreSQL; остальные платные.

Все выбранные системы управления базами данных подходят для проведения анализа и сравнения т.к. реализуют реляционную модель данных. По результатам анализа строится матрица парных сравнений альтернатив (МПСА). Для полученной таблицы высчитываются следующие показатели:

1. Вектор приоритетов матрицы ( $W$ ), определяется суммированием элементов каждой строки и делением каждой суммы на сумму всех элементов матрицы;

2. Главное собственное значение ( $\lambda_{\max}$ ), определяется суммой произведения суммы каждого столбца на вектор приоритетов;

3. Индекс согласованности (ИС), показывает отклонение от согласованности и определяется по формуле (1).

$$ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (1)$$

где  $n$  – размерность матрицы ( $n=6$  в нашем случае);

4. Отношение согласованности (ОС), вычисляется делением Индекса согласованности на случайный индекс (СИ), где СИ – табличная величина

для матрицы данного порядка и в нашем случае равна 1,24. Значение ОС приемлемо, в случае если меньше или равно 0,10 [2].

Таблица № 1

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию «Модель данных»

	DB2	Firebird	MySQL	MS SQL	Oracle	PostgreSQL
DB2	1	1	1	1	1	1
Firebird	1	1	2	1/3	4	3
MySQL	1	1/2	1	1/2	4	2
MS SQL	1	3	2	1	5	2
Oracle	1	1/4	1/4	1/4	1	1/3
PostgreSQL	1	1/3	1/2	1/2	3	1

- Вектор приоритетов ( $W$ ): 0.12 0.22 0.18 0.28 0.06 0.12;
- Главное собственное значение ( $\lambda_{\max}$ ): 6,61;
- Индекс согласованности (ИС): 0,12;
- Случайный индекс (СИ): 1.24;
- Отношение согласованности (ОС): 0,09;
- Отношение согласованности (ОС) в пределах нормы.

Сравним СУБД по критерию «Особенности архитектуры и функциональные возможности».

В таблице 2 рассмотрен максимально возможный объем хранимых данных для каждой из рассматриваемых СУБД [4].

Таблица № 2

Максимально возможный объем хранимых данных для каждой СУБД

	Размер БД	Размер таблицы	Размер строки
DB2	512 ТБ	512 ТБ	32677 В
Firebird	131 ТБ	2,5 ТБ	64 КВ
MySQL	$\infty$	256 ТБ	64 КВ
MS SQL	524258 ТБ	524258 ТБ	$\infty$
Oracle	$\infty$	4 ГБ * размер блока	8 КВ
PostgreSQL	$\infty$	32 ТБ	1.6 ТБ

По критерию триггеры и хранимые процедуры все альтернативы идентичны. Все поддерживают триггеры, процедуры и функции.

Триггер – программа базы данных, вызываемая всякий раз при вставке, изменении или удалении строки таблицы. Триггеры обеспечивают проверку любых изменений на корректность, прежде чем эти изменения будут приняты. Хранимая процедура – программа, которая хранится на сервере и может вызываться клиентом. Поскольку хранимые процедуры выполняются непосредственно на сервере базы данных, обеспечивается более высокое быстродействие, нежели при выполнении тех же операций средствами клиента БД [1, 5].

Построим матрицу парных сравнений альтернатив по критерию «Особенности архитектуры и функциональные возможности» (таблица 3).

Таблица № 3

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию «Особенности архитектуры и функциональные возможности»

	DB2	Firebird	MySQL	MS SQL	Oracle	PostgreSQL
DB2	1	1	2	1/8	1/3	1/6
Firebird	1	1	2	1/3	1	1/2
MySQL	1/2	1/2	1	1/4	1	1/2
MS SQL	8	3	4	1	5	3
Oracle	3	1	1	1/5	1	1/2
PostgreSQL	6	2	2	1/3	2	1

- Вектор приоритетов (W): 0,07 0,10 0,06 0,41 0,11 0,22;
- Главное собственное значение ( $\lambda_{\max}$ ): 6,58;
- Индекс согласованности (ИС): 0,11;
- Случайный индекс (СИ): 1.24;
- Отношение согласованности (ОС): 0,09;
- Отношение согласованности (ОС) в пределах нормы.

Сравним СУБД по критерию «Производительность».

На сегодняшний день применяется и существует множество различных способов и тестовых рейтингов для проверки производительности систем управления базами данных. Наиболее авторитетным является ТРС-анализ,

проводимый компанией Transaction Processing Performance Council (TPC). Связано это с наличием универсальных эталонных тестов по обработке транзакций. Кроме оценки производительности в рамках TPC тестов, приводится отношение количества запросов, обрабатываемых за промежуток времени к стоимости всей системы. Однако некоторые выбранные альтернативы не проходили TPC тест, к ним относятся Firebird, MySQL и PostgreSQL [6, 7].

Нас интересует осуществление неравновероятного доступа к таблицам, а таким свойством обладает только TPC-C тест производительности, поэтому именно его результаты приведены в таблице 4. Производительность измеряется в tpmC – число транзакций в минуту. Стоимость – стоимость одной транзакции в соотношении цена/производительность.

Таблица № 4

Результаты TPC-C теста производительности

	Производительность, tpmC	Стоимость, USD
IBM DB2 9.5	1 200 011	0.69
Microsoft SQL Server 2005 Enterprise Edition x64	661 475	1.16
Oracle Database 11 g Standard	631 766	1.08

Построим матрицу парных сравнений по критерию «Производительность» (таблица 5).

Таблица № 5

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию «Производительность»

	DB2	Firebird	MySQL	MS SQL	Oracle	PostgreSQL
DB2	1	4	5	3	4	5
Firebird	1/4	1	2	1/3	1/3	2
MySQL	1/5	1/2	1	1/3	1/2	1
MS SQL	1/3	3	3	1	2	3
Oracle	1/4	3	2	1/2	1	2
PostgreSQL	1/5	1/2	1	1/3	1/2	1

– Вектор приоритетов (W): 0,39 0,10 0,06 0,21 0,15 0,06;

- Главное собственное значение ( $\lambda_{\max}$ ): 6,41;
- Индекс согласованности (ИС): 0,08;
- Случайный индекс (СИ): 1.24;
- Отношение согласованности (ОС): 0,06;
- Отношение согласованности (ОС) в пределах нормы.

Рассмотрим критерий «Требования к системе».

Проведем сравнение поддерживаемых операционных систем в таблице 6 [8].

Таблица № 6

Анализ поддерживаемых альтернативами операционных систем

	Windows	Linux	Unix	Android	Symbian
DB2	+	+	+	+	-
Firebird	+	+	+	-	-
MySQL	+	+	+	+	+
MS SQL	+	-	-	+	+
Oracle	+	+	+	-	-
PostgreSQL	+	+	+	-	+

Построим матрицу парных сравнений по критерию «Требования к системе» (таблица 7).

Таблица № 7

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию «Требования к системе»

	DB2	Firebird	MySQL	MS SQL	Oracle	PostgreSQL
DB2	1	1/3	1/4	1/4	1	1/3
Firebird	3	1	1	1	4	3
MySQL	4	1	1	1	4	3
MS SQL	4	1	1	1	4	3
Oracle	1	1/4	1/4	1/4	1	1/2
PostgreSQL	3	1/3	1/3	1/3	2	1

- Вектор приоритетов (W): 0,05 0,23 0,25 0,25 0,05 0,15;
- Главное собственное значение ( $\lambda_{\max}$ ): 6,18;
- Индекс согласованности (ИС): 0,04;

- Случайный индекс (СИ): 1.24;
- Отношение согласованности (ОС): 0,03;
- Отношение согласованности (ОС) в пределах нормы.

Рассмотрим критерий «Особенности разработки приложений».

При рассмотрении этого критерия необходимо оценить трудозатраты включающие в себя установку и настройку базы данных, резервное копирование и восстановление а также текущее обслуживание базы данных [9].

Матрица парных сравнений по критерию «Особенности разработки приложения» (таблица 8).

Таблица № 8

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию «Особенности разработки приложения»

	DB2	Firebird	MySQL	MS SQL	Oracle	PostgreSQL
DB2	1	1	1	1/6	1	1
Firebird	1	1	1	1/5	1	1
MySQL	1	1/2	1	1/4	1	1
MS SQL	6	5	4	1	6	3
Oracle	1	1	1	1/4	1	1
PostgreSQL	1	1	1	1/3	1	1

- Вектор приоритетов (W): 0,09 0,11 0,09 0,45 0,1 0,1;
- Главное собственное значение ( $\lambda_{\max}$ ): 6,16;
- Индекс согласованности (ИС): 0,03;
- Случайный индекс (СИ): 1.24;
- Отношение согласованности (ОС): 0,02;
- Отношение согласованности (ОС) в пределах нормы.

Рассмотрим критерий «Надежность».

Информационная система организации включает в себя секретную информацию, для предотвращения несанкционированного доступа

применяются различные способы защиты. Проведем сравнение систем обеспечения безопасности данных в таблице 9 [8].

Таблица № 9

Анализ систем обеспечения безопасности данных в альтернативах

	Идентификация	Защита от brute-force	Шифрование	Сертификация безопасности
DB2	+	+	+	+
Firebird	+	+	-	-
MySQL	+	-	+	-
MS SQL	+	-	+	+
Oracle	+	+	+	+
PostgreSQL	+	+	+	+

В таблице 10 приведено сравнение альтернатив по критерию «Надежность».

Таблица № 10

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию «Надежность»

	DB2	Firebird	MySQL	MS SQL	Oracle	PostgreSQL
DB2	1	4	4	3	1/2	1/3
Firebird	1/4	1	1	1/4	1/5	1/5
MySQL	1/4	1	1	1/4	1/5	1/5
MS SQL	1/3	4	4	1	1/2	1/2
Oracle	2	5	5	2	1	1
PostgreSQL	3	5	5	2	1	1

- Вектор приоритетов (W): 0,2 0,04 0,04 0,16 0,25 0,27;
- Главное собственное значение ( $\lambda_{\max}$ ): 6,46;
- Индекс согласованности (ИС): 0,09;
- Случайный индекс (СИ): 1.24;
- Отношение согласованности (ОС): 0,07;
- Отношение согласованности (ОС) в пределах нормы.

Составим матрицу парных сравнений критериев выбора, где критерий производительность и надежность имеют наибольшую важность по сравнению с другими критериями (таблица 11). Нумерация критериев

соответствует нумерации основных критериев по выбору СУБД, заданной в начале статьи.

Таблица № 11

Матрица парных сравнений альтернатив по критериям выбора

	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1/6	1/4	1/2	1/5
2	1	1	1/6	1/3	1/2	1/5
3	6	6	1	2	5	2
4	4	3	1/2	1	1/2	1/2
5	2	2	1/5	2	1	1/2
6	5	5	1/2	2	2	1

- Вектор приоритетов альтернатив (W): 0,05 0,05 0,36 0,15 0,13 0,25;
- Главное собственное значение ( $\lambda_{\max}$ ): 6,32;
- Индекс согласованности (ИС): 0,06;
- Случайный индекс (СИ): 1.24;
- Отношение согласованности (ОС): 0,05;
- Отношение согласованности (ОС) в пределах нормы.

Составим матрицу, в которую запишем все векторы приоритетов альтернатив по всем критериям и умножим матрицу на вектор весов критериев.

$$\begin{pmatrix} 0,12 & 0,07 & 0,39 & 0,05 & 0,09 & 0,2 \\ 0,22 & 0,1 & 0,1 & 0,23 & 0,11 & 0,01 \\ 0,18 & 0,06 & 0,06 & 0,25 & 0,09 & 0,04 \\ 0,28 & 0,41 & 0,21 & 0,25 & 0,45 & 0,16 \\ 0,06 & 0,11 & 0,15 & 0,05 & 0,1 & 0,25 \\ 0,12 & 0,22 & 0,06 & 0,15 & 0,1 & 0,27 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,05 \\ 0,21 \\ 0,05 \\ 0,1 \\ 0,36 \\ 0,09 \\ 0,15 \\ 0,24 \\ 0,12 \\ 0,14 \\ 0,25 \\ 0,14 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,05 \\ 0,21 \\ 0,36 \\ 0,09 \\ 0,15 \\ 0,24 \\ 0,12 \\ 0,14 \\ 0,25 \\ 0,14 \end{pmatrix}$$

Веса всех рассматриваемых альтернатив распределились следующим образом: Microsoft SQL Server – 0.24, DB2 – 0.21, Oracle – 0.14, Postgre SQL – 0.14, Firebird – 0.1, MySQL – 0.09.

На основе примененного метода анализа иерархий для выбора альтернативы, оптимальной по множеству критериев, было выявлено, что

наилучшим вариантом СУБД является Microsoft SQL Server. Именно поэтому многие разработчики используют в своих проектах MS SQL (например, [10]).

### **Список литературы:**

1. Аносов, А. Критерии выбора СУБД при создании информационных систем [Электронный ресурс]. – [2014]. – Режим доступа : <http://www.interface.ru/home.asp?artId=2147> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

2. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. [Текст] // М.: «Радио и связь», 1993. – 278 с.

3. Демурин, В. Б. Многокритериальный интеллектуальный выбор гостиничного номера методом анализа иерархий в условиях неопределённости [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, №1. – Режим доступа : <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/344> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

4. Власов, А. И. Краткое практическое руководство разработчика информационных систем на базе СУБД ORACLE. Сравнительные характеристики SQL СУБД [Электронный ресурс]. – [2014]. – Режим доступа : [http://citforum.ru/database/oraclepr/oraclepr\\_06.shtml](http://citforum.ru/database/oraclepr/oraclepr_06.shtml) (доступ свободный) – Яз. рус.

5. Савотченко С. Е., Стукалов В. А. Критерии выбора системы управления базами данных при разработке библиотечной информационной системы [Электронный ресурс] // «Теория и практика общественного развития», 2012, №10. – Режим доступа : <http://teoria-practica.ru/-10-2012/pedagogics/savotchenko-stukalov.pdf> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

6. Елашкин, М. Производительность СУБД и тесты TPC [Электронный ресурс]. – [2014]. – Режим доступа : <http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=8571> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

7. Transaction Processing Performance Council [Электронный ресурс]. – [2014]. – Режим доступа : <http://www.tpc.org> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. англ.

8. Post, Gerald V. Comparison of database management systems // Journal of Computer Information Systems, 2001. – Vol. 41. – p. 43.

9. Резниченко, А. Какой СУБД лучше управлять? [Электронный ресурс]. – [2014]. – Режим доступа : <http://www.pcweek.ru/idea/article/detail.php?%20ID=60795> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

10. Пучков Е. В. Разработка системы поддержки принятия решений для управления кредитными рисками банка [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, №1. – Режим доступа : <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/377> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.