

## ПОЛУЧЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ЗАВИСИМОСТИ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ АЛГОРИТМА ФЛОЙДА И АЛГОРИТМА ДЕЙКСТРЫ ОТ КОЛИЧЕСТВА ВЕРШИН В ГРАФЕ В СУБД POSTGRESQL

© 2018 Хаймович И.Н.<sup>1,2</sup>, Мартынов И.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский университет государственного управления  
«Международный институт рынка», г. Самара, Россия

<sup>2</sup>Самарский университет, г. Самара, Россия

В статье рассмотрен метод получения моделей зависимости времени работы алгоритма Флойда и алгоритма Дейкстры от количества вершин в графе в СУБД PostgreSQL.

Ключевые слова: алгоритм Флойда, алгоритм Дейкстры, граф, база данных.

В настоящее время все более актуальными становятся вопросы эффективности программного обеспечения с открытым исходным кодом и лицензией, которая практически не накладывает ограничений на его использование. Примером такого программного обеспечения является СУБД PostgreSQL, которая по своим возможностям приближается к наиболее распространенной коммерческой СУБД Oracle, поэтому исследование и анализ эффективности СУБД PostgreSQL является актуальной задачей.

В данной работе описан метод получения моделей зависимости времени работы алгоритма Флойда [6] и алгоритма Дейкстры [3] от количества вершин в графе в СУБД PostgreSQL.

Рассмотрим расчет времени работы алгоритма Дейкстры на тестовом графе и нахождение уравнения зависимости времени работы алгоритма от количества ребер в графе.

Для анализа времени работы алгоритма Дейкстры были проведены расчёты на тестовых графах, генерируемых СУБД PostgreSQL с помощью написанной авторами функции. Каждый граф представляет собой двумерную прямоугольную таблицу узлов размером N строк и M столбцов [4]. Каждая вершина графа (кроме вершин последнего столбца и последней строки) связана ребром с тремя вершинами, лежащими справа, снизу и по диагонали вправо-вниз от текущей вершины. Длины всех ребер выбирались случайным образом в диапазоне от 1 до 1000000.

Среднее время работы алгоритма для графов от 1000 до 10000 вершин приведено в таблице 1. График зависимости среднего времени работы алгоритма от числа вершин приведен на рисунке 1. Оба графика аппроксимируем полиномом второй степени, при этом подтверждается теоретическая оценка сложности алгоритма Дейкстры как  $O(x^2)$ , где через x обозначено число вершин графа.

Таблица 1 – Результаты работы функции

Число вершин/шт.	Время выполнения/сек.
0	0
1000	1,8
2000	5,7
3000	15,1
4000	26,4
5000	42,1
6000	58,9
7000	78,4
8000	103,5
9000	134,5
10000	163,5

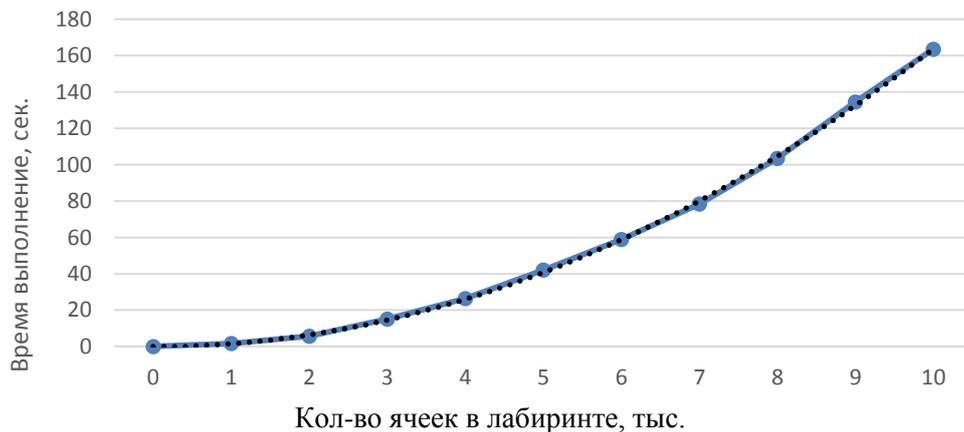


Рисунок 1 – Зависимость времени работы алгоритма Дейкстры от количества вершин

Из графика на рисунке 1 видно, что зависимость получилось нелинейная. Штатными средствами MS EXCEL аппроксимируем многочленом второго порядка данные из таблицы 2 для нахождения функции зависимости времени работы алгоритма от количества ячеек в лабиринте [10]. Воспользуемся системой для нахождения параметров  $a, b, c$  следующего вида:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n x_i^4 + b \sum_{i=1}^n x_i^3 + c \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i^3 + b \sum_{i=1}^n x_i^2 + c \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i + nc = \sum_{i=1}^n y_i \end{cases} \quad (1)$$

Вычислим все данные, нужные для нахождения параметров  $a, b, c$  в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Полученные данные из расчетов

$x$	$y$	$x^2$	$xy$	$x^3$	$x^4$	$x^2y$
0	0	0	0	0	0	0
1	1,8	1	1,7	1	1	1,7
2	5,9	4	11,4	8	16	22,8
3	15,1	9	45,3	27	81	135,9
4	26,4	16	105,6	64	256	422,4
5	42,1	25	210,5	125	625	1052,5
6	58,9	36	353,4	216	1296	2120,4
7	78,4	49	548,8	343	2401	3841,6
8	103,5	64	828	512	4096	6624
9	134,5	81	1210,5	729	6561	10894,5
10	163,5	100	1635	1000	10000	16350
$\Sigma$	55	629,8	4950,2	3025	25333	41465,8

Подставим данные в систему (1), получаем следующие зависимости:

$$\begin{cases} 25333a + 3025b + 385c = 41465,8, \\ 3025a + 385b + 55c = 4950,2, \\ 385a + 55b + 11c = 629,8. \end{cases}$$

Решая систему матричным методом, получаем следующие коэффициенты:

$$a = 1,64, b = 0,06, c = 0,05.$$

Запишем полученную функцию:

$$y = 1,64 x^2 - 0,06 x + 0,05.$$

Данная функция позволяет определить время работы алгоритма Дейкстры от количества ребер в графе.

Далее рассмотрим расчет времени работы алгоритма Флойда на тестовом графе и нахождение уравнения зависимости времени работы алгоритма от количества ребер в графе.

Для анализа времени работы алгоритма Флойда были проведены расчёты на тестовых графах. В связи с высоким временем выполнения функций по нахождению кратчайшего пути для графа, состоящего из 1000 вершин (10 минут 16 секунд), нахождение времени работы алгоритма для графов, состоящих от одной тысячи вершин до десяти тысяч вершин, опытным путем не представляется возможным.

Далее будем проводить тестирование на графах от 100 вершин до 1000 с шагом в 100 вершин. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Зависимость времени работы алгоритма Флойда от количества вершин

Кол-во вершин, шт.	Время работы, сек.
0	0
100	0,747
200	5,316
300	17,815
400	48,318
500	102,00
600	154,00
700	230,00
800	379,00
900	530,00
1000	676,00

Для наглядности представим данные в виде графика на рисунке 2.

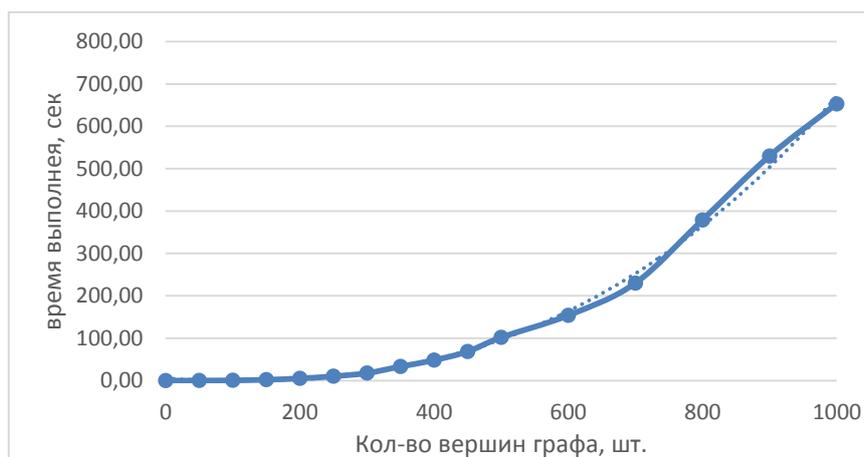


Рисунок 2 – Зависимость времени работы алгоритма Флойда от количества вершин

Из графика на рисунке 2 видно, что зависимость получилась нелинейная. Штатными средствами MS EXCEL аппроксимируем

многочленом второго порядка данные, полученные из таблицы 2, для нахождения функ-

ции зависимости времени работы алгоритма от количества ячеек в лабиринте.

Запишем полученную функцию в следующем виде:

$$y = 5 \cdot 10^{-7} \cdot x^3 + 0,0003x^2 - 0,0735x + 2,8405$$

На основании полученной функции проанализируем работу данной реализации алгоритма Флойда для графа, состоящего от 1000 вершин до 10000. Представим полученные данные в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Зависимость времени работы алгоритма Флойда от количества вершин

Кол-во вершин, шт.	Время выполнения, сек.
0	0
1000	672,8
2000	4822,8
3000	15452,8
4000	35562,8
5000	68152,8
6000	116222,8
7000	182772,8
8000	270802,8
9000	383312,8
10000	523302,8

Для наглядности представим данные в виде графика на рисунке 3.

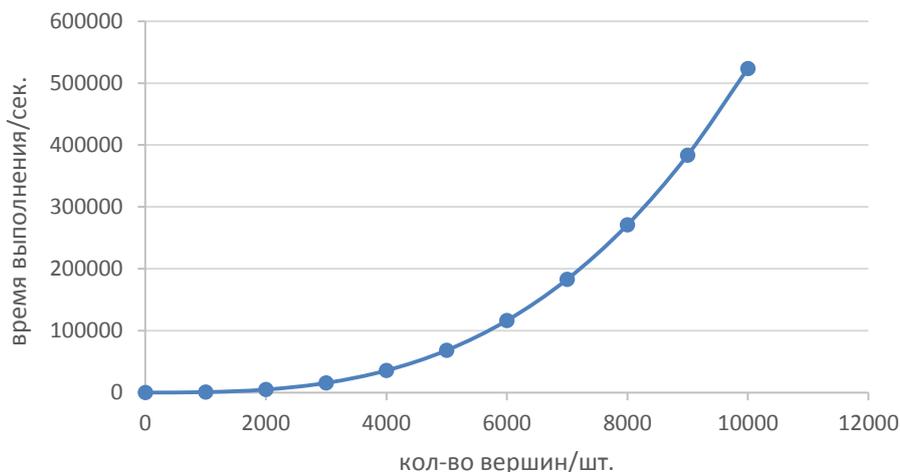


Рисунок 3 – Зависимость времени работы алгоритма Флойда от количества вершин в графе

Итоговая зависимость времени работы алгоритма Флойда от количества вершин следующая:

$$y = 5 \cdot 10^{-7} \cdot x^3 + 0,0003x^2 - 0,0735x + 2,8405$$

где  $x$  – количество вершин графа,  $y$  – время выполнения алгоритма Флойда.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Горбунов Д.В., Нестерова С.И., Рамзаев В.М., Хаймович И.Н., Чумак В.Г. Управление инновационным процессом развития малого бизнеса в регионе на основе интеллектуального анализа данных (технология BIG DATA)// *Фундаментальные исследования*. — 2016. — № 4-2. — С.381-386.
2. Дал У., Дейкстра Э., Хоор К. Структурное программирование — М.: Мир, 1975. — С. 247.
3. Дейкстра Э. Дисциплина программирования — М.: Мир, 1978. — С. 275.

4. Дольников В. Л. Основные алгоритмы на графах: текст лекций: Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. — Ярославль : ЯрГУ, 2011. — 80 С..
5. Дровяников В.И., Хаймович И.Н. Особенности интеграции экономико-математического инструментария в информационную систему управления вуза. — Вестник Самарского государственного экономического университета. — 2010. — № 12 (74). — С. 17-20.
6. Кормен Т. , Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. — М.: Вильямс, 2011. —1 296 С.
7. Полякова Л.Н. Основы SQL — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — С. 273 — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22421>.– ЭБС «IPRbooks», по паролю
8. Потапов А.С. Технологии искусственного интеллекта. — СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. — С. 218.
9. Пржиялковский В.В. Введение в Oracle SQL — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2011. — С. 219 — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16692>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю
10. Токмаков Г. П. Базы данных. Концепция баз данных, реляционная модель данных, языки SQL и XML: учебное пособие/ Г. П. Токмаков. — Ульяновск: УлГТУ, 2010. — С. 192.
11. Форта Бен. Освой самостоятельно SQL. 10 минут на урок, 3-е издание.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом “Вильямс”, 2006. — С. 288.: ил. — Парал. тит. англ.
12. Фейерштейн С. Oracle PL/SQL для профессионалов. 3-е изд./ С.Фейерштейн, Б. Прибыл. — СПб.: Питер, 2004, — С. 941.: ил. ISBN 5-318-00528-4.
13. Швецов В.И. Базы данных — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — С. 218. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16688>.– ЭБС «IPRbooks», по паролю
14. Chumak V.G., Ramzaev V.M., Khaimovich I.N. Challengers of data access in economic research based on big data technology. В сборнике: CEUR Workshop Proceedings Ser. "Proceedings of International Conference Information Technology and Nanotechnology, ITNT 2015"- 2015. - С. 327-337.

## **DEPENDENCE MODELS FOR WORK TIME OF FLOYD ALGORITHM AND DIJKSTRA’S ALGORITHM ON NUMBER OF NODES IN POSTGRESQL GRAPH DBMS**

© 2018 Irina N. Khaimovich<sup>1,2</sup>, Ilya V. Martynov<sup>2</sup>

Samara University of Public Administration “International Market Institute”, Samara, Russia  
Samara University, Samara, Russia

The article deals with the method which helps to obtain a model of dependence the work time of Dloyd algorithm and Dijkstra’s algorithm on numbers of nides in PostgreSQL graph database.

Key words: Floyd algorithm, Dijkstra’s algorithm, graph, database