

## БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА КРУСКАЛА ПОСТРОЕНИЯ МИНИМАЛЬНОГО ОСТОВА ГРАФА

### ТИП ПРЕДЛАГАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ/УСЛУГИ

- программный продукт

### ОБЛАСТЬ ЗНАНИЙ

<b>50</b>	<b>Автоматика и вычислительная техника</b>
50.41	Программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и сетей
50.41.25	Прикладное программное обеспечение

### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Модели графов, в которых с каждым ребром ассоциируется вес или стоимость, используются во многих приложениях – в картах авиалиний, в электронных схемах, где ребра представляют электрические соединения, в задачах календарного планирования и т.п.

Применение минимального остова графа обычно связывают с выполнением оптимальной по стоимости (весу) коммуникации узлов дискретных систем.

### ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Программа для ЭВМ, свидетельство о государственной реализации № 2017618132, авторы Зубов Валерий Сергеевич (RU), Кузнецова Татьяна Германовна (RU) «Программа нахождения минимального остовного дерева методом Крускала с помощью d-арной пирамидальной очереди», дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 24 июля 2017 г. применена в лабораторном практикуме по дисциплине Структуры данных и методы программирования на кафедре математического моделирования НИУ МЭИ.

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Задача построения минимального остова взвешенного графа относится к числу фундаментальных задач. Два базовых метода ее решения (метод Прима и метод Крускала) были предложены до появления компьютеров. Совершенствование методов шло по пути уменьшения вычислительной сложности. Изобретения в области вычислительных структур этому способствовали. В 6-м номере журнала Вестник МЭИ за 2009 г. дан подробный анализ наиболее совершенной реализации метода Прима. В конкурирующем методе Крускала велика вычислительная сложность первого этапа – этапа упорядочения ребер графа по возрастанию веса. Она и определяет общую сложность. Исследован эффект построения специальных структур данных для первого этапа метода. Изменился статус метода Крускала, который становится быстрее метода Прима. В трех предлагаемых реализациях метода Крускала используется идея частичного упорядочения набора ребер. В первой из них использована слабая пирамида. Число сравнений ребер при ее построении минимально. Так называемая d-арная пирамида прежде не использовалась в методе Крускала. В специальной ее реализации сокращено не только среднее число основных действий, но и число вспомогательных. Вычислительная сложность построения пирамиды оказалась наименьшей при  $d > 4$ . На первом этапе третьей реализации метода Крускала для быстрого упорядочения ребер предлагается использовать систему цепных списков (стеков). За один просмотр описания графа строятся списки ребер. Каждый список

включает ребра равного веса. Списки используются в порядке возрастания веса ребер, пока не будет построен остов. Две последние, самые производительные реализации метода Крускала, значительно быстрее метода Прима.

## ПРЕИМУЩЕСТВА

Преимущества перед аналогами: среднее время поиска минимального остова графа в новых реализациях поиска сокращается примерно в 1,5 – 2 раза, по сравнению с лучшими реализациями метода Крускала, рассмотренными в монографии Р.Седжвика «Фундаментальные алгоритмы на C++». В таблице для различной плотности графа дано среднее время построения остова (в условных единицах):

Плотность графа, %	1	10	30	50	70	80	90	100
$T_{KRUS3}$	8,5	42	109	174,5	245	276	310	347
$T_{KRUS}$	30,1	128	324,5	512,5	689,3	792	869	971
$T_{PRIM}$	16,7	95,5	241,4	386,8	532	604,5	676	752
$T_{KRUS2}$	20,2	82	195	315	446	492	554	607

Строка таблицы, обозначенная именем  $T_{KRUS}$ , показывает наивысший уровень производительности, достигнутый в методе Крускала к моменту создания новых реализаций метода, а строки с именами  $T_{KRUS2}$ ,  $T_{KRUS3}$  соответствуют второй и третьей реализации из числа рассмотренных выше новых реализаций метода.

Строка с именем  $T_{PRIM}$  соответствует методу Прима.

## ПРАВОВАЯ ЗАЩИТА

Свидетельство о государственной реализации программы для ЭВМ № 2017618132, авторы Зубов Валерий Сергеевич (RU), Кузнецова Татьяна Германовна (RU), наименование «Программа нахождения минимального остова дерева методом Крускала с помощью d-арной пирамидальной очереди», дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 24 июля 2017 г.

Правообладатель: федеральное государственное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ») (RU).

## КОНТАКТНЫ

Разработчик Зубов Валерий Сергеевич,  
АВТИ, каф. ММ