



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

**Факультет компьютерных наук
Департамент программной инженерии
Курсовая работа
Визуализатор построения классической
диаграммы Вороного**

Выполнил студент группы БПИ-151

Мариносян Н. А.

Научный руководитель:

Доцент департамента программной инженерии, к.т.н.,

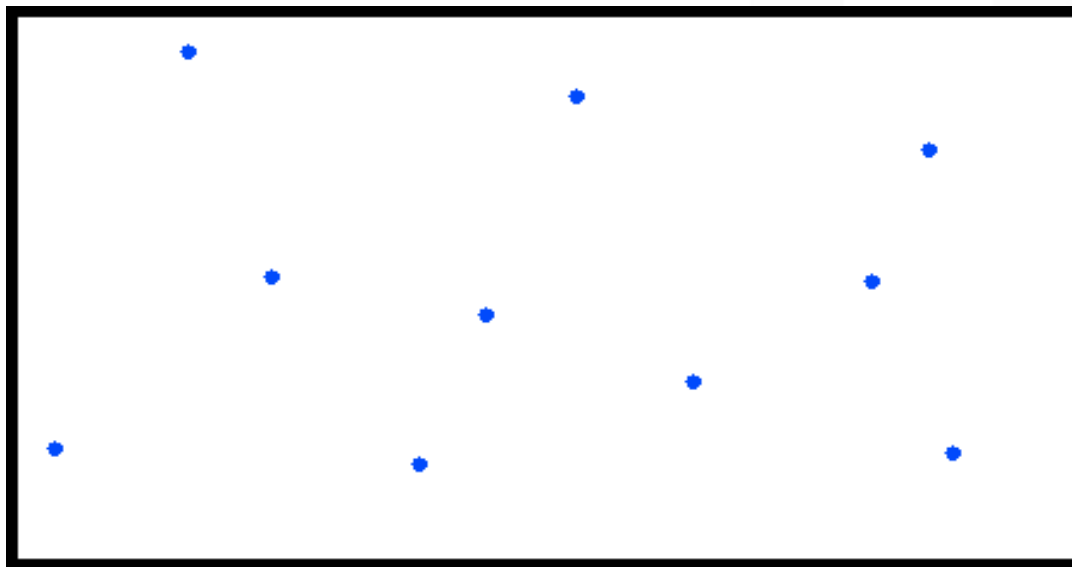
Ахметсафина Р. З.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ТЕРМИНЫ

- **Арка** – часть параболы, принадлежащая «береговой линии» — вставляется только во время события точки;
- **Береговая линия** – кривая, образованная одной или пересечением нескольких парабол, которые, в свою очередь, были созданы во время события точки;
- **Контрольные точки** – точки пересечения парабол на береговой линии;
- **Локус** – область, в которой присутствуют все точки, которые находятся ближе к данной точке, чем ко всем остальным;
- **Сайт (англ. site)** – точка, для которой строится локус;
- **Событие круга** – момент, когда две контрольные точки – по одной из разных парабол совмещаются (превращаются в одну). Эта точка и становится вершиной ячейки Вороного, причём в это время та дуга, которая находилась между этими двумя точками — «схлопывается» и удаляется из береговой линии;
- **Событие точки** – событие, которое происходит, когда заметающая прямая попадает на очередной сайт и создаётся новая парабола, фокусом которой является данный сайт, а директрисой – заметающая прямая.

Задача

Есть почтовые службы, мы хотим знать, какую область плоскости обслуживает каждая. При этом каждую точку на плоскости обслуживает та служба, которая ближе.



Ответ на этот и ряд других вопросов, связанных с близостью на плоскости, дает диаграмма Вороного.

ДИАГРАММА ВОРОНОГО

Решение

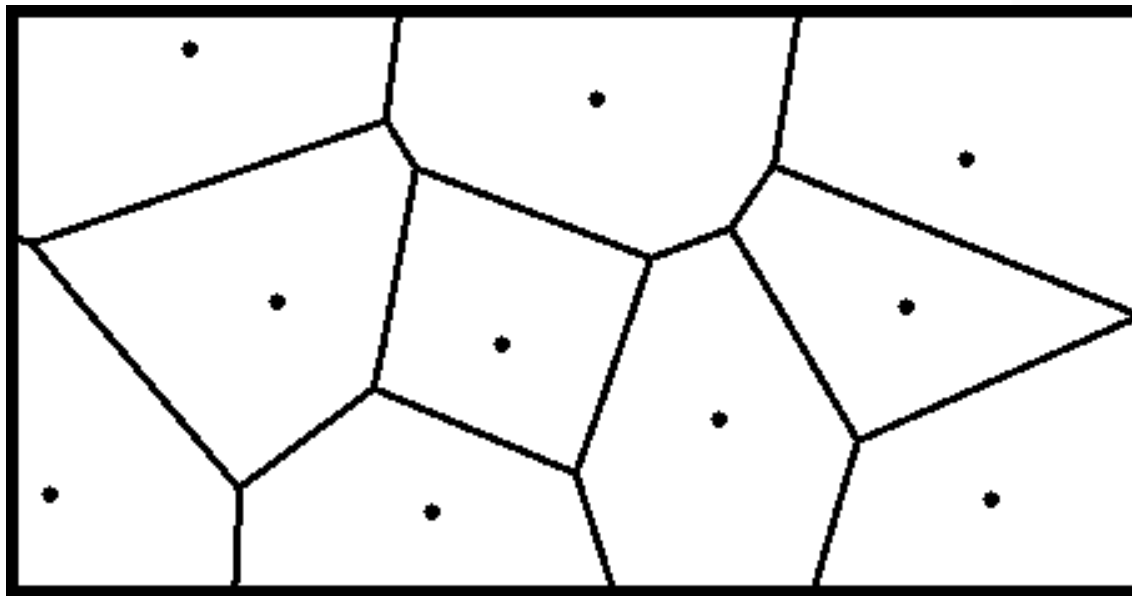
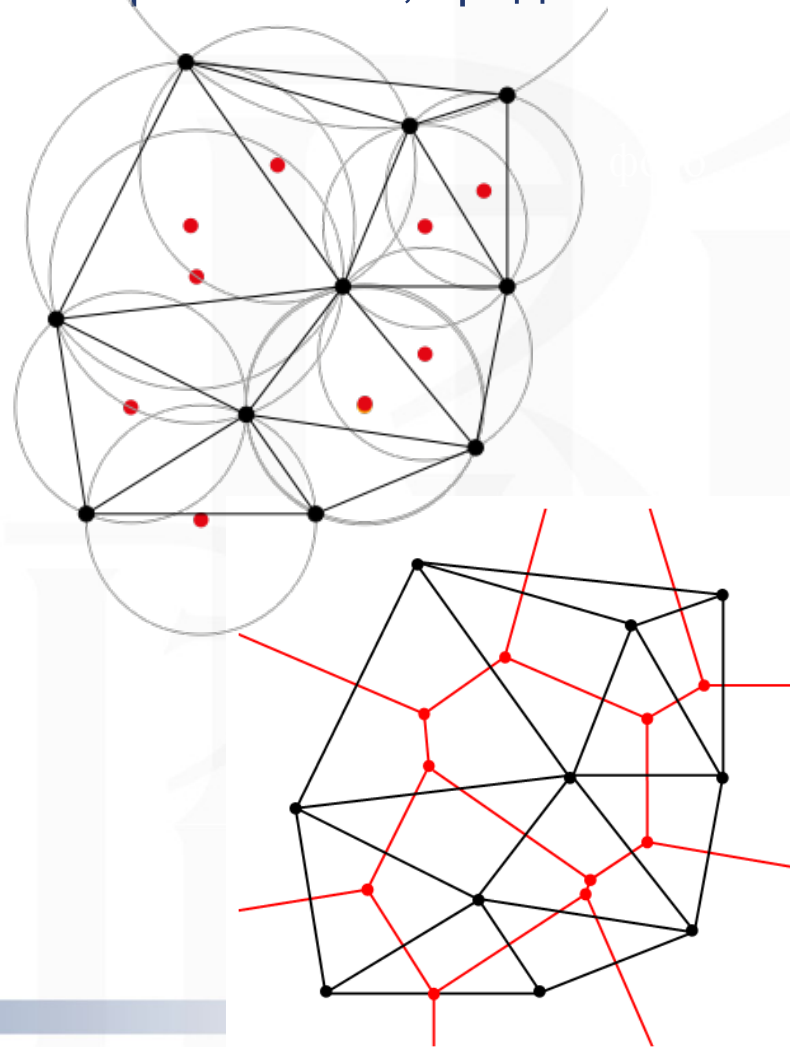


Диаграмма Вороного конечного множества точек $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ на плоскости – такое разбиение плоскости, при котором каждая область этого разбиения образует множество точек, более близких к одному из элементов множества S , чем к любому другому элементу множества.

➤ Существует множество областей ее применения, среди них:

- Моделирование;
 - Распознавание образов;
 - Разработка игр;
 - Картография;
 - Геолокация;
 - Археология;
 - Биология;
 - Химия;
 - Вычислительная механика;
 - Геология;
 - Геофизика
- и многие другие.

➤ Связь с триангуляцией Делоне



АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Востребованность во многих областях



Необходимость изучения способов
построения диаграммы

Программа может быть использована преподавателями и обучающимися в учебных заведениях для изучения процесса построения диаграммы Вороного.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

- Онлайн построение диаграммы от Алекса Бютела (Alex Beutel) на WebGL: <http://alexbeutel.com/webgl/voronoi.html>:
 - Диаграмма строится мгновенно, нет визуализации процесса построения;
 - Неизвестен алгоритм построения диаграммы.
- Онлайн построение диаграммы от Майка Мартина (Mike Martin) и Джона Джунгка (John Jungck):
<http://math.jccc.net:8180/webMathematica/JSP/mmartin/vorplotrand.jsp>
 - Точки генерируются случайно;
 - Нет визуализации процесса построения.
- Визуализатор построения диаграммы Вороного на языке Ruby от Филиппа Арндта (Phillip Arntd): <https://github.com/abscondment/rubyvor>
 - Нет интерфейса пользователя, все команды выполняются через консольное приложение;
 - Нет визуализации построения.

Существующие алгоритмы построения диаграммы Вороного:

- Алгоритм построения «в лоб» за $O(n^4)$;
- Метод пересечения полуплоскостей за $O(n^2 * \log(n))$:
 - Проводим серединные перпендикуляры для текущего сайта;
 - Пересекаем полученные полуплоскости (алгоритм О'Рурка) и получаем локус;
- Рекурсивный алгоритм построения диаграммы за $O(n * \log(n))$:
 - Делим множество сайтов пополам;
 - Рекурсивно строим диаграмму Вороного для каждой половины;
 - Объединяем полученные диаграммы;
- **Алгоритм Форчуна построения диаграммы Вороного на плоскости за $O(n * \log(n))$.**

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы – разработать программу, которая будет иллюстрировать процесс построения классической диаграммы Вороного алгоритмом Форчуна.

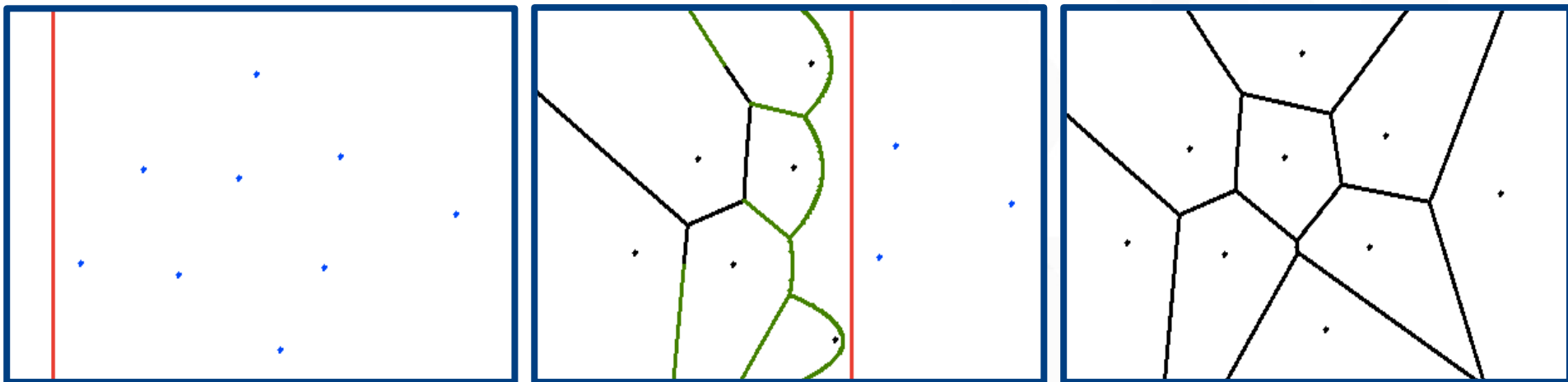
Задачи работы:

- Изучить алгоритм Форчуна;
- Разработать функциональные требования к программе;
- Выбрать структуры данных и разработать структуру приложения;
- Разработать пользовательский интерфейс;
- Выбрать средства реализации;
- Реализовать и протестировать программу;
- Разработать техническую документацию.



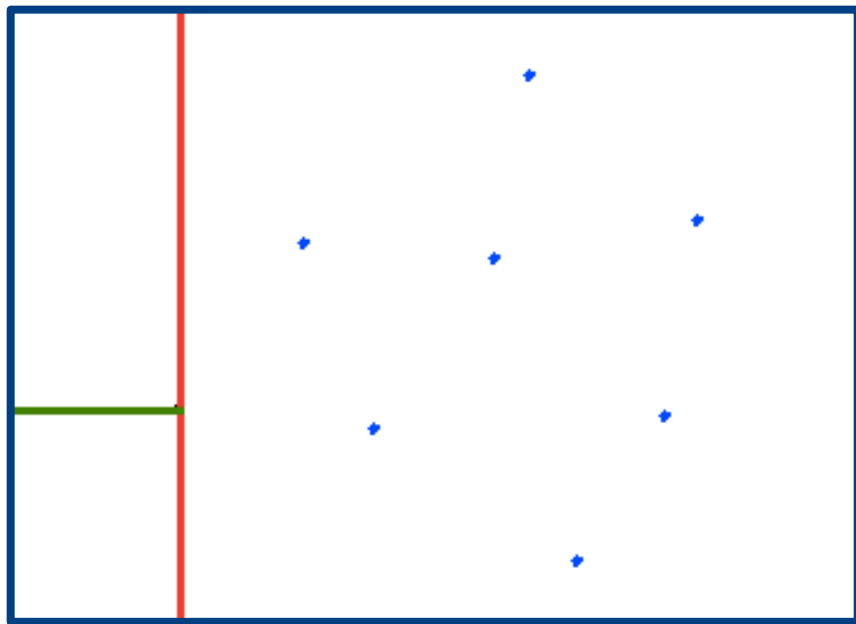
АЛГОРИТМ ФОРЧУНА

- Предложен в 1987 году Стивом Форчуном (англ. Steve Fortune)
- Основная идея алгоритма – моделирование движения заметающей прямой по некоторому множеству сайтов (см. Терминологию).

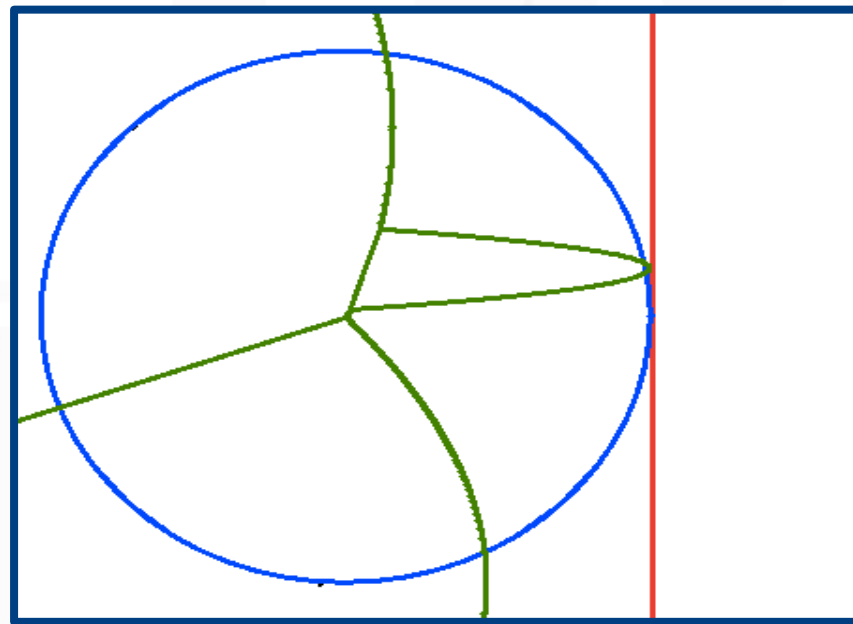


АЛГОРИТМ ФОРЧУНА

- Процесс построения диаграммы *дискретен*;
- Существует два типа событий: *точки* и *круга*.



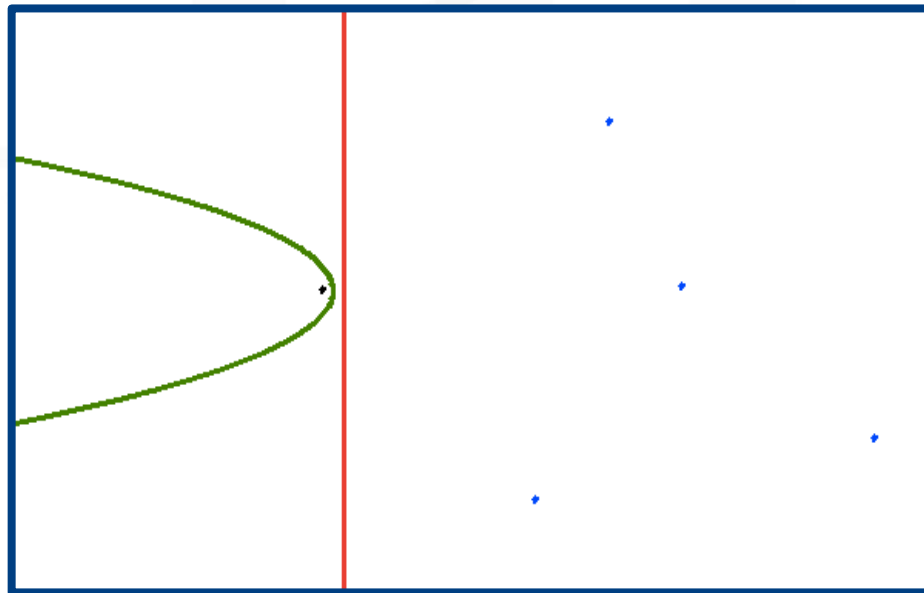
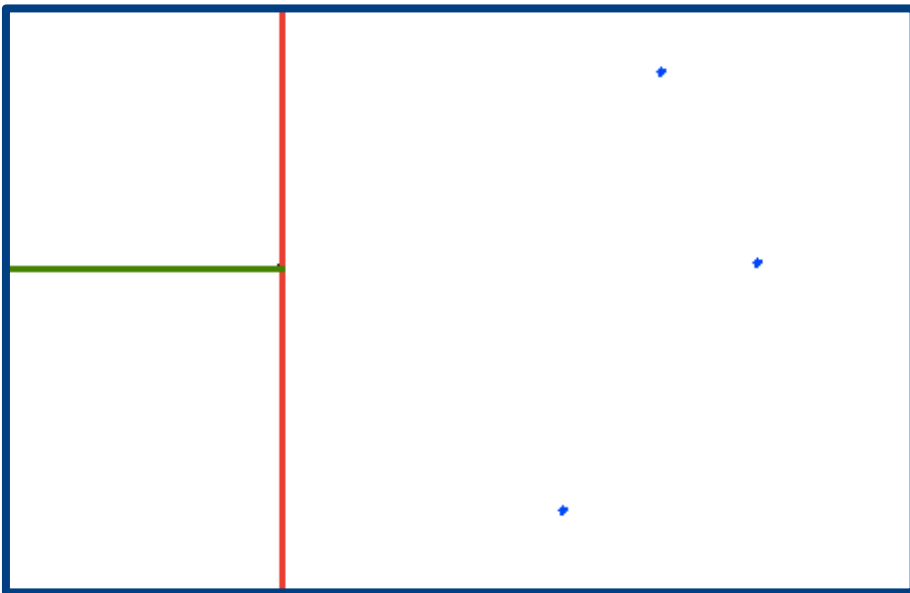
Событие точки



Событие круга

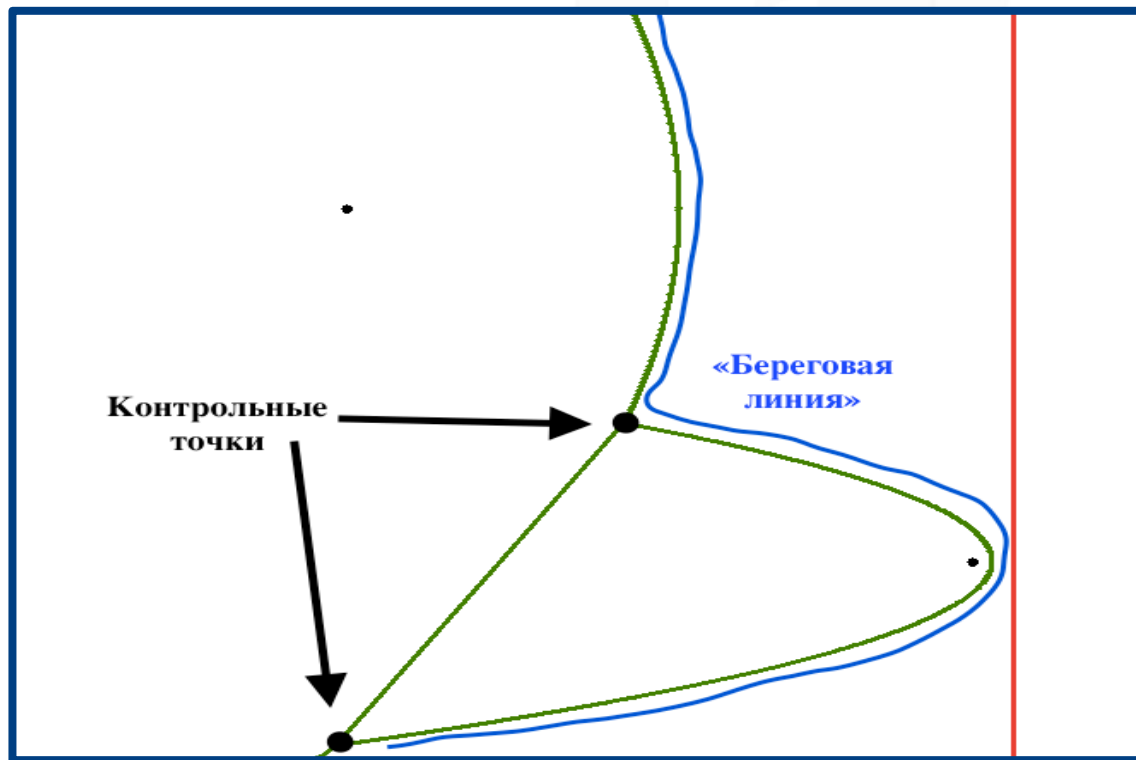
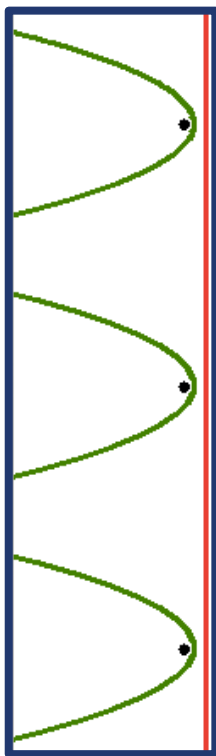
СОБЫТИЕ ТОЧКИ

- Наступает в момент, когда координаты замещающей прямой и сайта по оси абсцисс совпадают
- Создается новая парабола - геометрическое место точек, равноудаленных от замещающей линии и данного сайта (изначально это прямая линия)



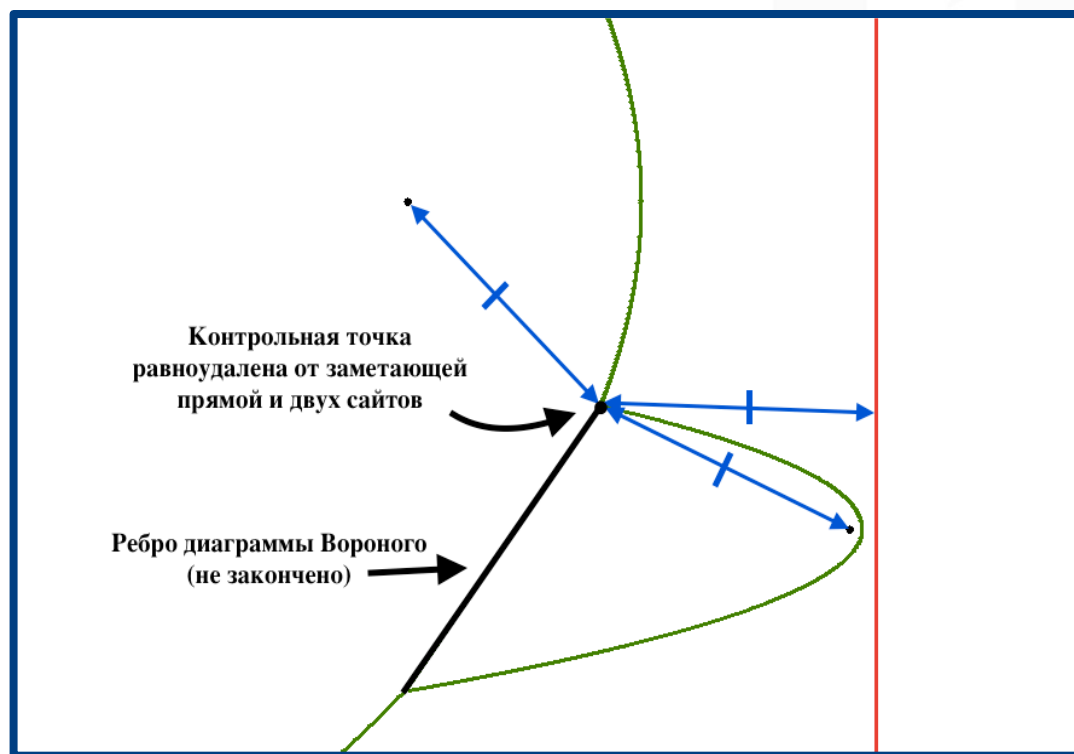
БЕРЕГОВАЯ ЛИНИЯ

- Параболы образуют друг с другом пересечения – **контрольные точки**
- Вместе все дуги парабол от одной точки пересечения их друг с другом до другой (арки) образуют **«береговую линию»**



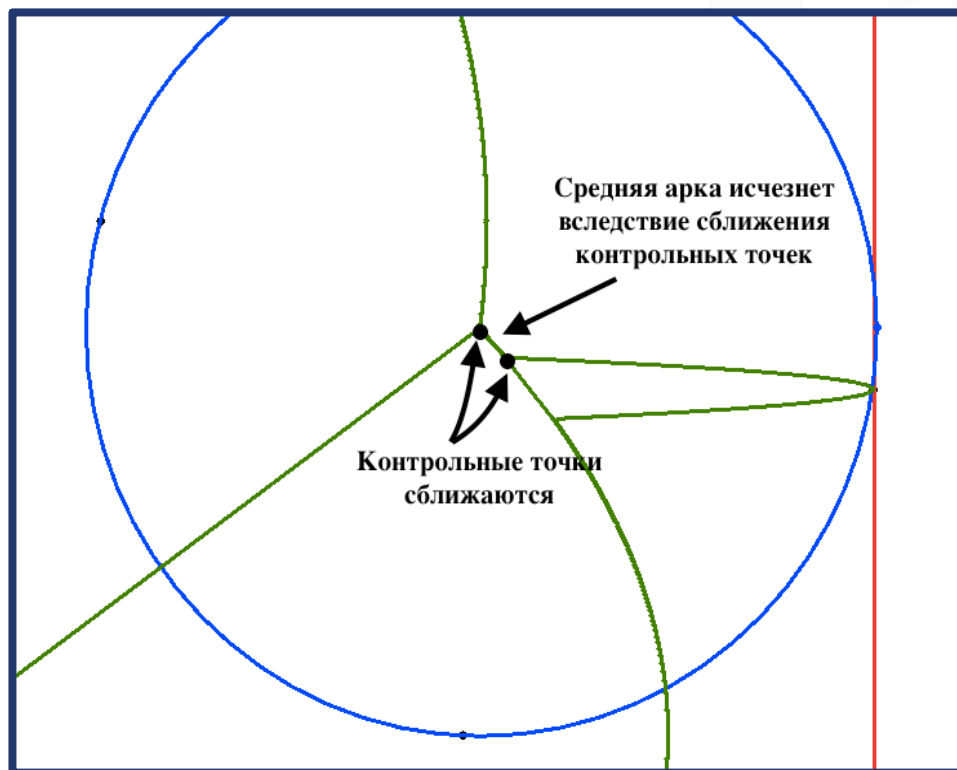
КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ

- Любые две контрольные точки равноудалены от обоих сайтов которым соответствуют эти параболы, и от замыкающей прямой
- Контрольные точки движутся по ребрам диаграммы Вороного



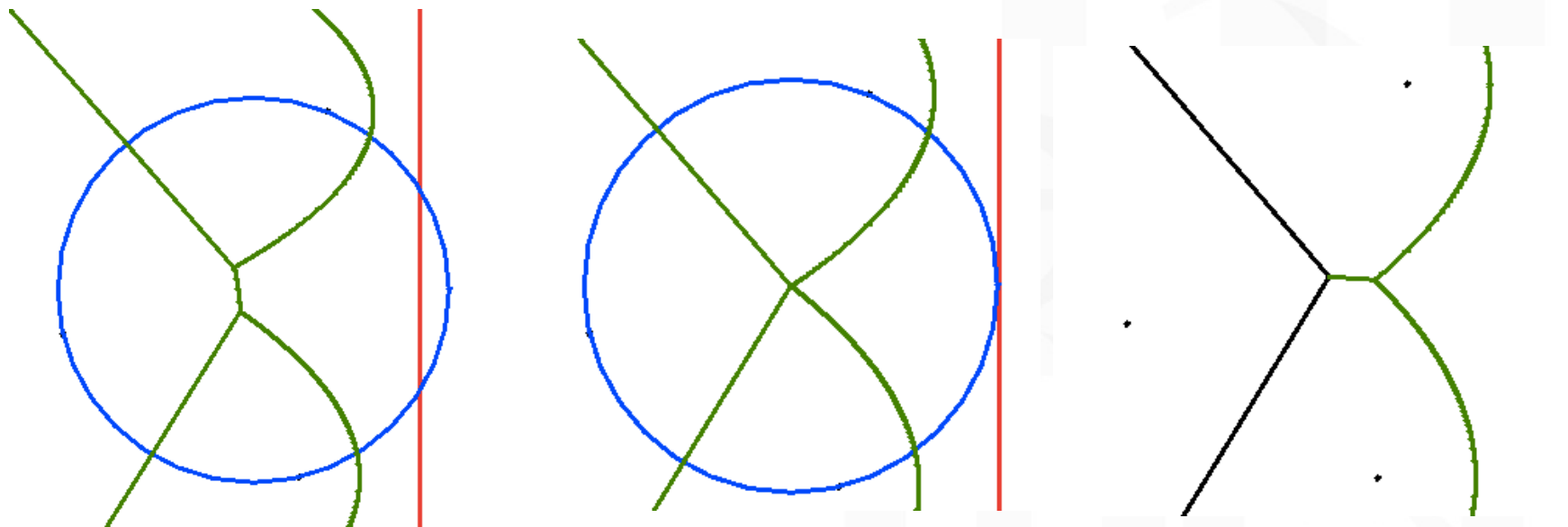
СОБЫТИЕ КРУГА

- Событие круга происходит, когда координаты двух контрольных точек полностью совпадают
- Дуга, которая находилась между ними, пропадает



СОБЫТИЕ КРУГА

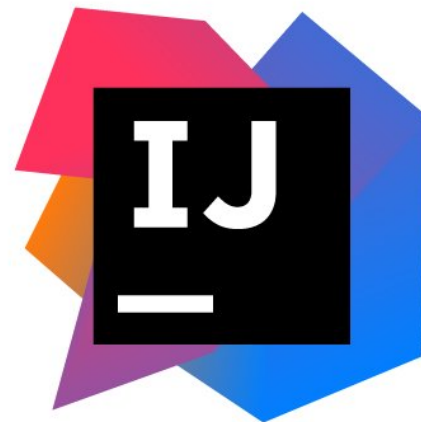
- *Вершина диаграммы является центром окружности, проходящей через три сайта и расстояние от этой точки до замыкающей прямой тоже равно радиусу этой окружности*
- Происходит в момент, когда координаты по оси абсцисс замыкающей прямой и самой правой точки окружности совпадают



ОБЩИЙ АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРОГРАММЫ

1. Создается очередь с приоритетом для событий;
2. В очередь для событий добавляются события точки;
3. Из очереди берется очередное событие:
 - а) Если это событие точки, то ищем место в двоичном дереве «береговой линии» и добавляем в него новую арку;
 - б) Если это событие круга, то обрабатываем событие круга. Определяем центр и самую правую точку окружности, проходящую через три сайта.

- Среда разработки IntelliJ IDEA
- Язык программирования Java



Демонстрация программного продукта

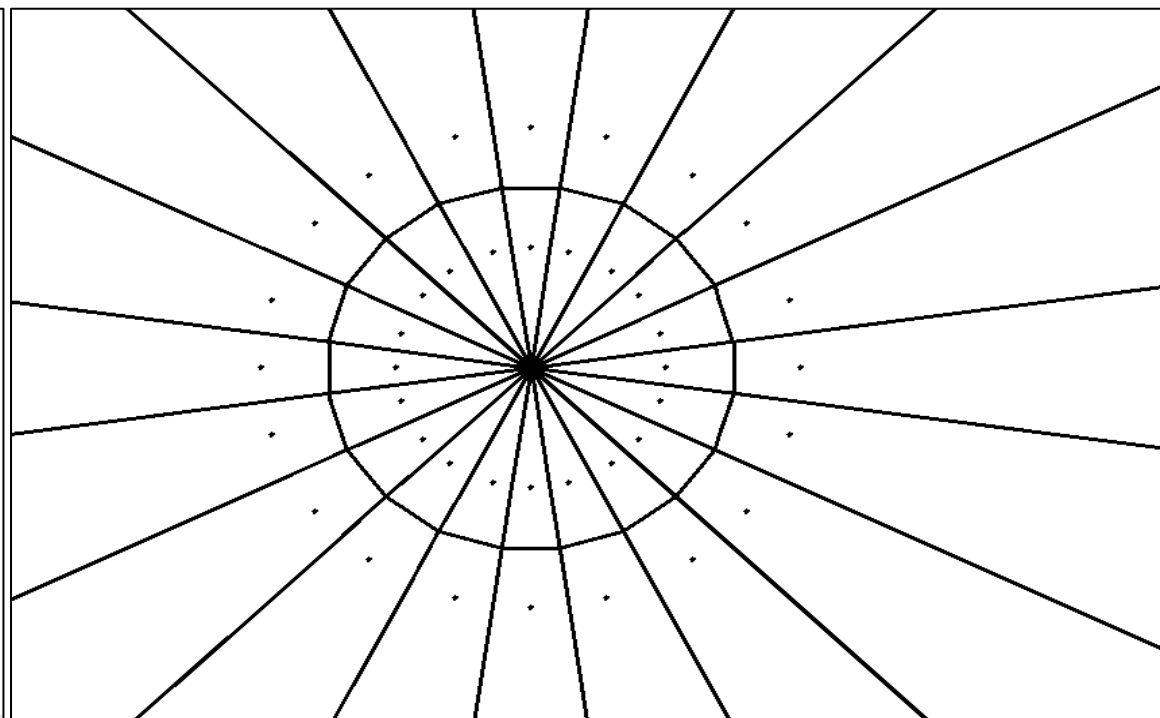
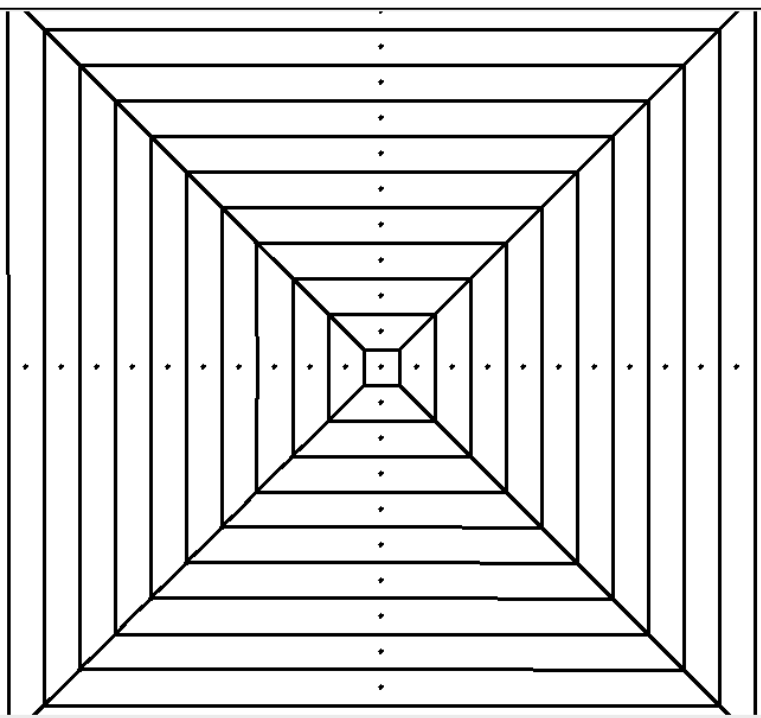
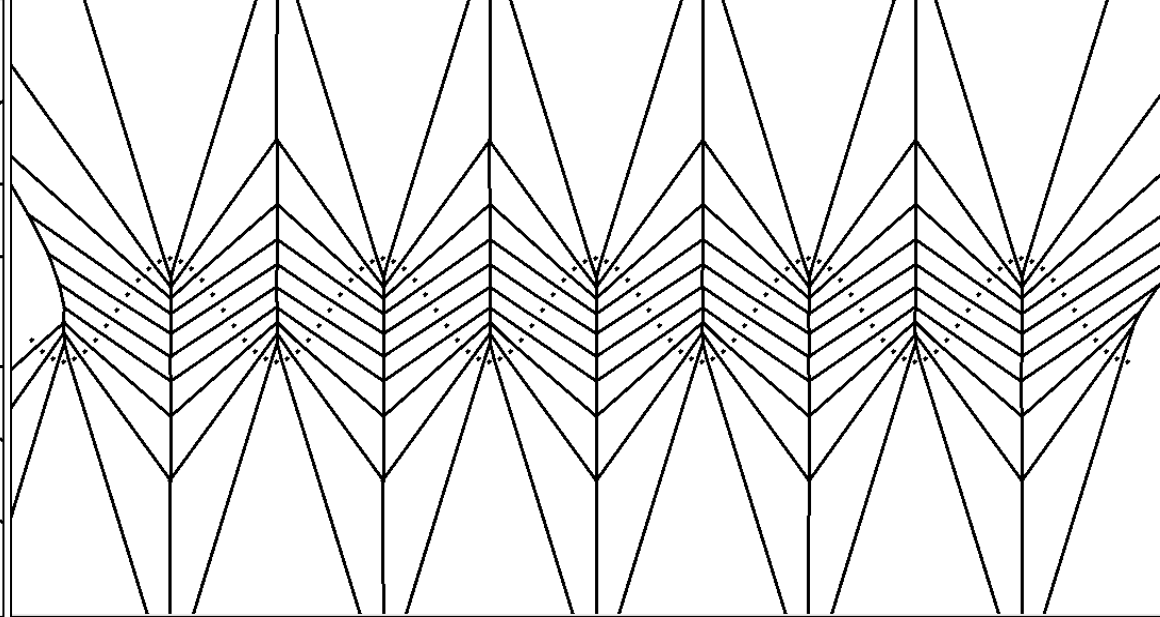
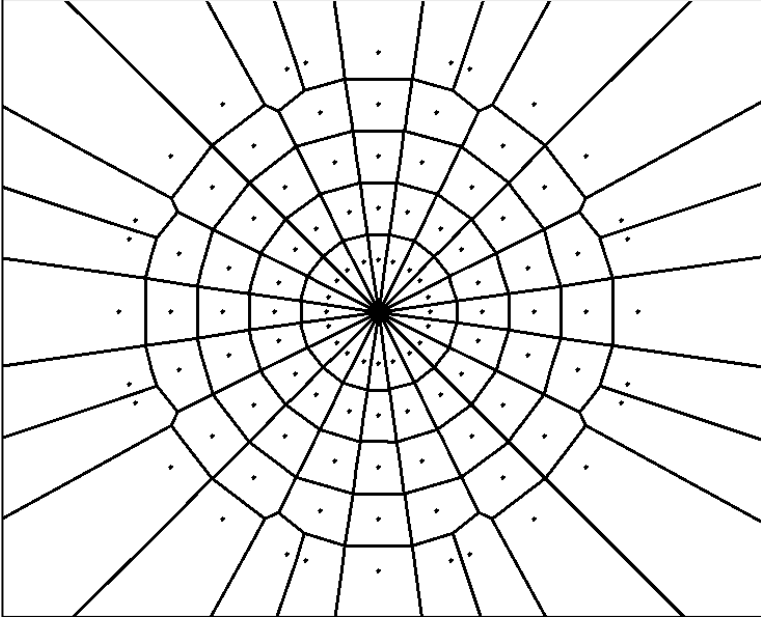
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

- ✓ Подробно изучен алгоритм Форчуна и варианты его программной реализации;
- ✓ Бегло изучены другие алгоритмы построения диаграммы Вороного;
- ✓ Функциональные требования к программе были разработаны и указаны в «Техническом задании»;
- ✓ Выбраны структуры данных и разработана структура приложения (см. «Пояснительную записку»);
- ✓ Разработан дружелюбный пользовательский интерфейс;
- ✓ Программа реализована и протестирована (см. «Пояснительную записку» и «Программу и методику испытаний»);
- ✓ Техническая документация разработана согласно ГОСТ.

ПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ

- Сделать браузерную версию приложения;
- Добавить возможность ввода/вывода из файла;
- Добавить примеры «красивых» диаграмм Вороного.





СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Применения диаграммы Вороного. [Электронный ресурс]// URL: [https://www.voronoi.com/wiki/index.php?title=Voronoi_Applications - General_applications](https://www.voronoi.com/wiki/index.php?title=Voronoi_Applications_-_General_applications) (Дата обращения: 03.05.2017, режим доступа: свободный).
2. Диаграмма Вороного и ее применения. [Электронный ресурс]// URL: <https://habrahabr.ru/post/309252> (Дата обращения: 04.05.2017, режим доступа: свободный).
3. Статья Стива Форчуна «A sweepline algorithm for Voronoi diagrams». [Электронный ресурс]// URL: <http://link.springer.com/article/10.1007%2F01840357> (Дата обращения: 04.05.2017, режим доступа: свободный).



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Спасибо за внимание!

Мариносян Никита Арамович,
nikita.marinosyan@gmail.com

Москва - 2017