

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОН ВИДИМОСТИ РАДАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСУРСОВ GOOGLE MAPS

*Аннотация.* Данная работа посвящена решению задачи оптимального размещения радара на местности со сложным рельефом и расчета зон видимости и зон отражения радиолокационных станций. Также рассматривается функционал использования топографических карт, полученных с помощью ресурсов Google Maps.

Одно из первых устройств, предназначенных для радиолокации воздушных объектов, было продемонстрировано 26 февраля 1935 года шотландским физиком Робертом Ватсоном-Ваттом, который примерно за год до этого получил первый патент на изобретение подобной системы. Позже, в 1939 году в СССР и США были заключены контракты на поставки радиолокационных станций (РЛС) в армию. Основной целью было обнаружение атак авиации. Во время второй мировой войны в США, СССР и Англии были действующие образцы РЛС, но решающего значения в сражениях войны они не имели. Однако именно события войны показали важность развития радиолокации.

В наше время радиолокационные станции (РЛС) широко применяются для контроля за воздушным пространством. При размещении РЛС на местности со сложным рельефом возникают невидимые зоны, в которых обнаружение летательных аппаратов невозможно, а также зоны отражения, в которых возникают помехи для радара. [1] Именно поэтому актуальной проблемой является выбор наиболее оптимального размещения РЛС на местности, а также моделирование зон видимости и зон отражения сигнала.[2, 3]

Другая важная проблема - это задание карты высот. Ручной ввод данных является трудоемкой операцией, а импорт электронных топографических карт затруднен из-за разнообразия форматов и отсутствия общедоступных карт высот.

Целью работы явилось создание функционала, позволяющего моделировать размещение радара на местности и рассчитывать зоны видимости и зоны отражения сигнала, а также обладающего средствами удобного задания топографических карт.

Методы разработки. Программа моделирования разрабатывалась в среде Microsoft Visual Studio 2008 на языке C#. В программе использованы данные топографических карт, взятые из внешних источников. Получение высоты местности по координатам широты и долготы возможно из данных одной из двух цифровых моделей земли SRTM (Shuttle radar topographic mission) или ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) GDEM (Global Digital Elevation Model), а для удобства выбора интересующей местности используется функционал, предоставляемый Google Maps.

В математической модели программы производился расчёт углов скольжения и закрытия по формулам [4, 5]:

$$\psi_{i,j} = \left( \arctg\left(\frac{H_{i,j} - H_{i,j-1}}{\Delta r}\right) + \arctg\left(\frac{(h_{\text{поз}} + h_a) - 0.5 \cdot (H_{i,j} + H_{i,j-1}) - \frac{j \cdot \Delta r}{2 \cdot R_3}}{j \cdot \Delta r}\right) \right) \cdot 57.3$$

$$\alpha_{i,j} = \arctg\left(\frac{H_{i,j} - h_a - h_{\text{поз}} - \frac{j \cdot \Delta r}{2 \cdot R_3}}{j \cdot \Delta r}\right) \cdot 57.3$$

$R_3=8500$  км - эквивалентный радиус Земли;

$h_{\text{поз}}$ - высота позиции относительно среднего уровня местности;

$h_a$  - высота подъема антенны относительно  $h_{\text{поз}}$ ;

$\Delta r$  - разрешающая способность РЛС по дальности;

$H_{i,j}$  – матрица высот подстилающей поверхности.

Углы скольжения и закрытия используются для расчета невидимых зон и зон скольжения. Все данные отображаются в визуальном интерфейсе, при этом возможно построение вида сбоку и вида сверху (по указанной высоте среза). Для удобства выбора позиции радара, предусматривается специальный интерфейс, изображающий карту высот и текущую позицию радара на ней.

Результаты. Полученный продукт позволяет выбирать наиболее оптимальное расположение радара на местности, а также наглядно демонстрирует все невидимые зоны и зоны скольжения для текущей позиции РЛС. Поверхность может задаваться следующими способами:

- Загрузка из внешнего файла формата txt или xml, например сформированного с помощью функционала основанного на Google Maps. Этот способ наиболее удобен для ввода наиболее точных данных. Также он позволяет получать карту высот любого участка земного шара, используя бесплатные ресурсы в интернете. В импортируемом файле задается таблица с указанием долготы, широты и высоты, которые затем автоматически считываются и обрабатываются программой.

- Ручное изменение данных матрицы высот через специальный интерфейс. Возможно задание больших участков, которые затем автоматически будут разбиваться на зоны минимальной длины, что существенно сокращает время задания данных.

- Визуальное редактирование поверхности с помощью мыши. В интерфейсе, отображающим поверхность сбоку, есть возможность добавления контрольных точек, который затем можно передвигать с помощью мыши, тем самым изменяя подстилающую поверхность. Данный способ, хоть и не предоставляет большую точность, но является наиболее наглядным для пользователя.

Для точного размещения радара на местности разработан интерфейс, строящий местность по заполненной карте высот и указывающий расположение радара с точными данными широты, долготы и высоты (рис. 1). Для удобства пользователя рядом с картой высот возможна загрузка изображения реального рельефа местности. Данный функционал позволяет точно определить позицию радара и разместить его на интересующей высоте.

Для наиболее наглядного отображения зон видимости разработано два интерфейса, изображающие карту невидимых областей сбоку и сверху (рис. 2). На виде сбоку отображается рельеф местности, а невидимые зоны обозначаются красными линиями. Вид сверху строится по срезу на указанной высоте, а различные зоны видимости отображаются цветами, указанными пользователем в настройках.

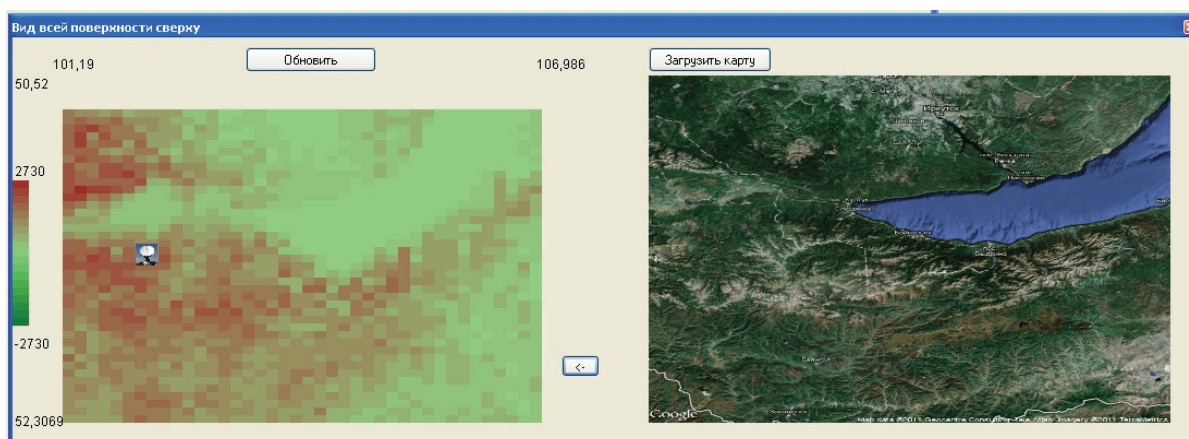


Рисунок 1. Интерфейс размещения радара

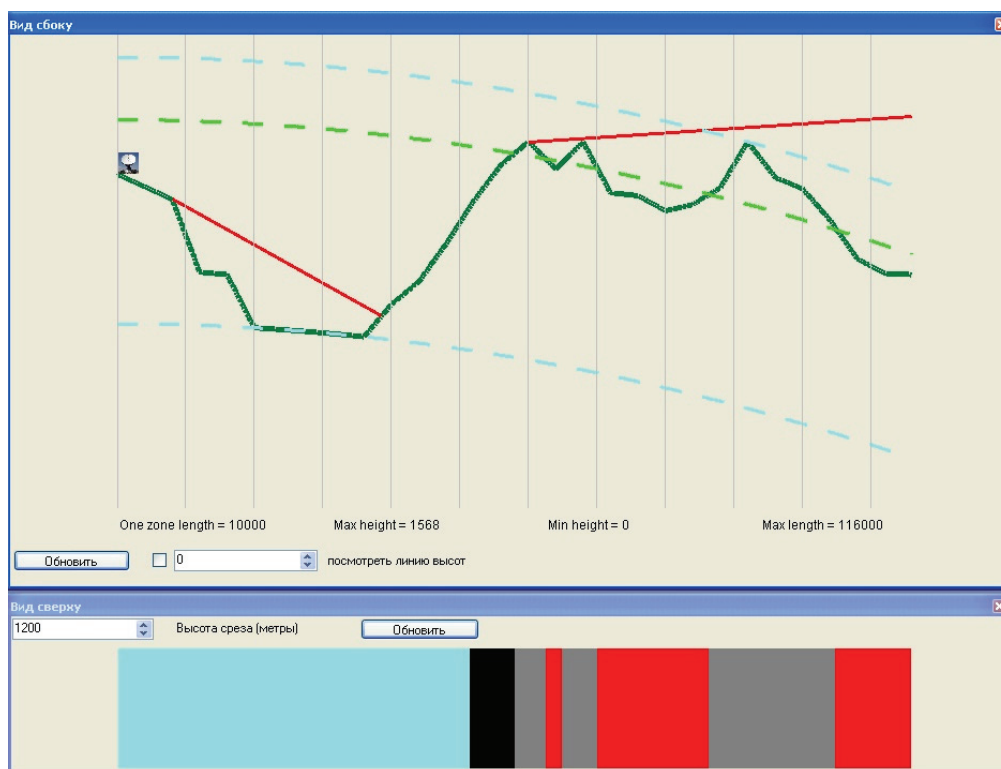


Рисунок 2. Вид сбоку и сверху

## Выводы

1. Разработанная программа, позволяет получать данные из внешних источников, редактировать карты высот, размещать радар на поверхности, наглядно отображать невидимые зоны сверху и сбоку.
2. Представленный продукт дает возможность прогнозировать распространение сигнала как в реально существующих условиях, так и возможную коррекцию рельефа местности для получения оптимального практического результата.
3. Приведенные данные имеют практическое значение при планировании размещения радиолокационных объектов.

## Список литературы

1. Ширман Я.Д., Горшков С.А., Братченко Г.Д., Орленко В.М., Леценко С.П. Методы радиолокационного распознавания и их моделирование. – Зарубежная радиоэлектроника: успехи современной радиоэлектроники, 1996, № 11.
2. Нотт. Развитие методов расчета эффективной площади отражения радиолокационных целей. – ТИИЭР, 1985, № 2.
3. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник / Ширман Я.Д., Лосев Ю.И., Горшков С.А. и др./под ред. Я.Д.Ширмана. – М.: ЗАО «МАКВИС», 1998.
4. Комплексная имитационно-моделирующая установка для автоматизации научных исследований, моделирования и испытаний сложных радиотехнических систем. // Методическая инструкция.- Мн., 2000.- 20с.
5. И.В. Душко, Д.Н. Ивлев, Д.Н. Кириллов. Моделирование канала распространения радиосигнала РЛС ближнего действия. // Труды XIII научной конференции по радиофизике, ННГУ, 2009.-С.79.