

УДК 621.396

## Разработка модуля обработки данных для программного комплекса формирования радиолокационных моделей подвижных объектов на основе точечного изображения

Смирнов М.С., Шкаликова А.А.

В данной работе рассматривается описание модуля обработки данных входящего в состав программного блока формирования радиолокационных моделей на основе растровых изображений. Модуль предназначен для анализа поступающих растровых данных и формирования цифровой радиолокационной модели подвижного объекта. Работа описывает принципы функционирования модуля и интерфейсную часть.

**Ключевые слова:** РСА, радиоголограмма, радиолокационное изображение, программный модуль, растровое изображение.

При разработке программных продуктов, предназначенных для формирования модели радиоголограмм и радиолокационных изображений (РЛИ) для радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА) встает вопрос создания адекватных моделей подвижных объектов. В работах [1-2] при разработке подобного комплекса была принята классовая модель, описывающая несколько стандартных классов подвижных объектов (например, легковые автомобили, грузовые автомобили, морской транспорт, железнодорожный транспорт и т.д.), представляющих собой набор блестящих точек и отличающихся между собой только значением ЭПР и размером. В данных моделях отсутствует учет конструктивных особенностей конкретного подвижного объекта. В работе [4] описан программный

блок для формирования радиолокационных моделей подвижных объектов.

В данной работе описано развитие программного модуля, предназначенный для формирования радиолокационной модели подвижного объекта на основе графического изображения. Данный модуль используется как составная часть комплекса, описанного в [1,2,4].

Основная цели модуля обработки принять данный полученные от блока чтения растровых изображений и сформировать массив блестящих точек на его основе. Принцип работы модуля обработки приведен на рис. 1.

Блок обработки состоит из нескольких программных блоков:

- блока расчета ширины изображения;
- блока расчета длины изображения;

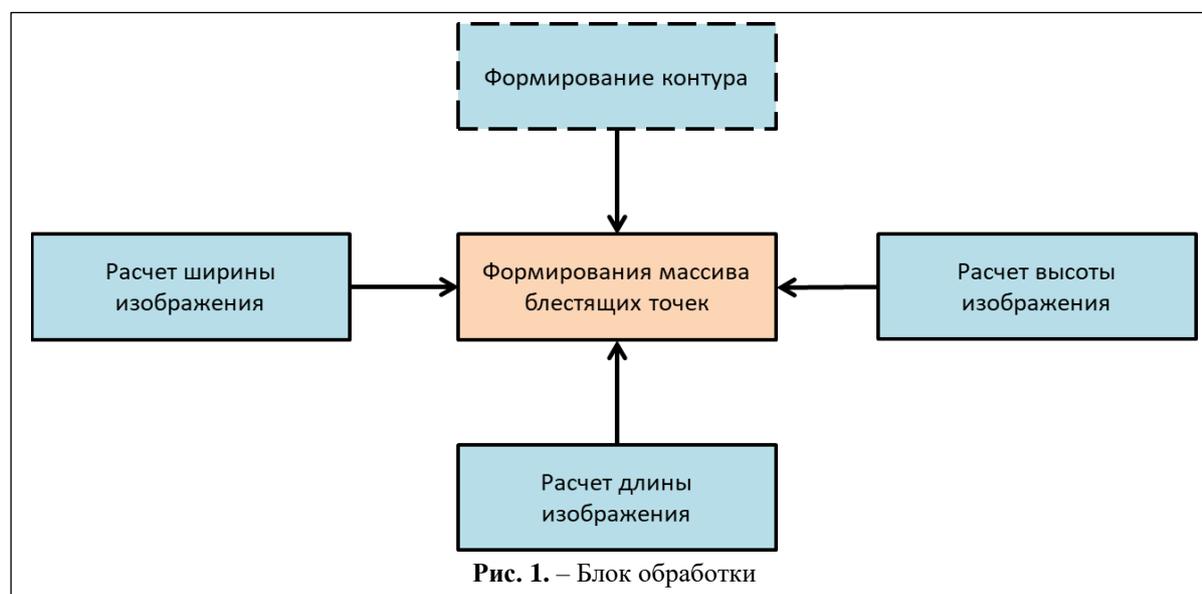


Рис. 1. – Блок обработки

- блока формирования произвольного контура изображения;
- блока формирования двумерного массива блестящих точек.

При составлении базовой 3D модели необходимо рассчитать значения длины, ширины и высоты объекта.

Алгоритм работы программного блока для расчета длины изображения состоит в следующем. В качестве аргументов принимается значения координат верхнего левого и правого нижнего углов. На основе этих данных рассчитывается ширина и высота обрабатываемой области. Затем в массиве точек изображения, считанных из файла BMP в области, ограниченной переданными координатами, отыскивается крайняя левая и правая, верхняя и нижняя точки контура. На основе этих данных рассчитывается длина и ширина объекта в точках. Далее значения длины и ширины пересчитываются в физическую размерность в метрах. Для этого значения в точках умножаются на значение масштаба изображения.

Программный блок для расчета для расчета ширины и высоты работает аналогичным образом. Поскольку ширина изображения рассчитывается два раза, то в качестве действительного выбирается большее значение.

Программный блок для формирования произвольного контура изображения работает на основе данных заданных в ручном режиме для нестандартного подвижного средства (например строительной или другой специальной техники).

В этом случае при добавлении блестящих точек необходимо учитывать следующую особенность – каждая точка должна быть указана дважды: один раз на виде сверху и один раз на виде сбоку. Это необходимо для того, чтобы задать координаты этой точки в трехмерном пространстве. Далее высчитываются координаты линий соединяющие данные точки. В качестве базового алгоритма построения отрезка по начальной и конечной точке был выбран алгоритм DDA-линии. Данный алгоритм отличается простотой использова-

ния и возможностью реализации в целочисленной арифметике. Суть алгоритма в следующем.

Заданы точки контура подвижного объекта, между которыми необходимо построить линию  $(x_{нач}, y_{нач}, x_{кон}, y_{кон})$ . Количество шагов растеризации определяется как

$$\max(|x_{нач} - x_{кон}|, |y_{нач} - y_{кон}|)$$

Далее, при начале прохода по линии вспомогательным вещественным координатным переменным  $x$  и  $y$  присваиваются исходные координаты начала отрезка:  $x=x_1$ ;  $y=y_1$ . На каждом шаге цикла эти вещественные переменные получают приращения  $(|x_{нач} - x_{кон}|) / L$ ;  $(|y_{нач} - y_{кон}|) / L$ . Растровые же координаты, продуцируемые на каждом шаге, являются результатом округления соответствующих вещественных значений  $x$  и  $y$ . После формирования линий контура внешняя часть двумерного массива, ограниченная данными линиями, заполняется нулями. Сам двумерный массив передается в блок формирования массива блестящих точек

Функция формирования массива выполняет две основных задачи: создание проекции трехмерной фигуры на подстилающую поверхность и заполнение массива значениями ЭПР объекта.

Для формирования проекции рассчитывается угол между падением луча сигнала и плоскостью поверхности.

$$\gamma = \arccos\left(1 + \frac{H_{КА}}{R_3}\right) \cdot \sin(\beta),$$

где  $H_{КА}$  – высота орбиты космического аппарата,  $R_3$  – радиус Земли,  $\beta$  – угол визирования.

При формировании координат точек объекта необходимо учитывать разрешающую способность РСА по азимутальной и угломестной координате. Количество точек объекта по азимутальной или угломестной координате определяется как отношение соответствующего размер объекта к соответствующему значению разрешающей способности. количество точек по азимуту рассчитывается как:

$$N_{аз} = \left\lfloor \frac{L}{R_{аз}} \right\rfloor,$$

Таблица 1 – Параметры радиолокационных моделей подвижных объектов

Класс подвижного объекта	Габариты подвижного объекта			$\sigma_{0t}, \text{ м}^2$
	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	
Колесный легковой транспорт	4,75	1,9	2	5
Колесный грузовой транспорт	13,4	2,4	3	15
Гусеничная тяжелая техника	7,8	3,7	2,2	12
Железнодорожный транспорт	14 (на 1 вагон)	3,3	4,5	150
Малые морские суда	10	3	5	200
Средние морские суда	150	16	30	3000
Крупные морские суда	300	30	60	40000

где  $L$  – длина объекта,  $R_{аз}$  – разрешающая способность по азимуту.

Количество точек по дальности рассчитывается как:

$$N_{ум} = \left\lfloor \frac{W}{R_{ум}} \right\rfloor,$$

где  $W$  – длина объекта,  $R_{ум}$  – разрешающая способность по дальности.

После определения количества точек формируется двумерный массив координат точек объекта. Для этого массив заполняется значениями ЭПР для конкретного подвижного объекта, согласно таблице 1.

Сформированный массив передается программный комплекс формирования моделей радиолограмм в качестве части подстилающей поверхности.

### Литература

1. Храмов К.К., Костров В.В., Смирнов М.С. Разработка программного комплекса формирования радиолограммы и РЛИ для РСА // Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. XII Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Всероссийской межвузовской научной конференции [Электронный ресурс]. Муром, 7 февр. 2020 г. – Муром: ИПЦ МИ ВлГУ, 2020. – С.87-88

Поступила 09 августа 2022 г.

In this paper, the description of the data processing module included in the software unit for the formation of radar models based on raster images is considered. The module is designed to analyze incoming raster data and generate a digital radar model of a moving object. The work describes the principles of the module's functioning and the interface part.

*Key words:* RSA, radio hologram, radar image, software module, bitmap image.

2. М.С. Смирнов, В.В. Костров, В.А. Пальманов Разработка программного комплекса для моделирования радиолограмм от радиолокаторов с синтезированной апертурой // Всероссийские открытые Армандовские чтения [Электронный ресурс]: Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн / Материалы Всероссийской открытой научной конференции. –Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2020. – С.265 - 270

3. Храмов К.К., Костров В.В., Смирнов М.С. Расчет геометрических параметров радиолокационной съемки с помощью РСА космического базирования для программного комплекса формирования радиолограммы // Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. XII Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Всероссийской межвузовской научной конференции [Электронный ресурс]. Муром, 7 февр. 2020 г. – Муром: ИПЦ МИ ВлГУ, 2020. – С.93-94

4. Смирнов М.С., Шкаликова А.А. Программный комплекс для формирования радиолокационных моделей на основе точечного изображения. Методы и устройства передачи и обработки информации, [S.l.], n. 23, p. 45-49,

4. Варба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турок В.Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования / Под ред. В.С. Вербы. – М.: Радиотехника, 2010. – 680 с.: ил.

*Шкаликова Алина Анатольевна* - магистрант 1-го курса по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 «Радиотехника» факультета информационных технологий и радиоэлектроники Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

*Смирнов Михаил Станиславович* – старший преподаватель кафедры радиотехники Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

*E-mail:* [srv777@mail.ru](mailto:srv777@mail.ru).

*Адрес:* 602264, Муром, ул. Орловская, д. 23.