# УДК

**Система распознавания и географической привязки объектов на радиолокационных изображениях, полученных многодиапазонным радиолокатором Новожилов Д.В.**

**Научный руководитель: Липатов А.А.**

***РТУ МИРЭА, Институт искусственного интеллекта***

***Аннотация:*** *В докладе рассматриваются все стадии разработки приложения для распознавания объектов на радиолокационных изображениях земной поверхности, а также их географической привязки к местности.*

***Ключевые слова:*** *распознавание, ГИС, РЛИ изображения, анализ данных.*

# Введение

Радиолокационные системы (РЛС) авиационного базирования являются одним из важнейших средств получения информации о земной поверхности. Основную роль в решении этой задачи играют радиолокаторы с синтезированной апертурой (РСА), которые позволяют получать радиолокационные изображения (РЛИ) земной поверхности.

Обработка РЛИ земной поверхности, полученных с помощью авиационных РСА, включает в себя, в том числе, выявление и распознавание объектов с последующей их привязкой к географическим картам. В настоящее время эти задачи решаются преимущественно вручную операторами дешифрирования РЛИ. Указанные задачи характеризуются большой трудоёмкостью, что обусловливает актуальность разработки программных средств автоматизации обработки и анализа РЛИ.

Разрабатываемое приложение предназначено для обеспечения пользователя автоматизированным рабочим местом обработки видовой информации (АРМОВИ), внутри которого он сможет добавлять и обрабатывать растровые изображения и изображения с метаданными о географической привязке (GeoTIFF) для их дальнейшего распознавания и анализа распознавателем объектов. В приложение будут интегрированы библиотеки ГИС «Панорама» для работы с геопространственной основой, а также распознаватель объектов, разработанный в стенах АО «Концерн «Вега». Программа будет работать в среде Windows и будет требовательна к железу.

**Основные функциональные требования**

Пользователь ПК (программного комплекса) заинтересован в сборе и анализе данных полученных в ходе работы РЛС в конкретный момент времени. Для удовлетворения этой цели он может выполнять следующие задачи:

1) Работа с картой местности. Пользователь в своём распоряжении имеет интерактивную карту местности, на которой он может выполнять необходимые ему измерения и операции. Для этого ему на выбор предоставлены базовые инструменты для работы с изображениями. Это, например, масштабирование, поворот, рисование, выделение, и др. Другая группа инструментов – измерительные инструменты. Они позволяют прокладывать маршруты, измерять углы, площади и расстояния, а также оценивать досягаемость по радиусу.

Кроме этого, пользователь имеет возможность загружать поверх карты помимо изображений основных графических форматов также снимки с РЛС в формате GeoTIFF – это формат представления растровых данных в формате TIFF совместно с метаданными о географической привязке. Далее он может работать с ними с помощью тех же инструментов, с которыми он ознакомился на этапе изучения карты местности.

При работе с картой местности пользователь должен иметь доступ к следующим функциям:

* Масштабная линейка. Изменяет масштаб геопространственной основы в рабочей области;
* Компас. Отображает ориентацию геопространственной основы относительно сторон света и обеспечивает перемещение по содержимому рабочей области;
* Миникарта. Обеспечивает перемещение по геопространственной основе в рабочей области. Состоит из уменьшенной версии геопространственной основы с отображением текущих границ рабочей области;
* Масштаб. Отображает текущий масштаб геопространственной основы;
* Координаты. Отображает текущие координаты указателя манипулятора в визуализаторе.

Кроме навигации по геопространственной основе, пользователю предоставляется доступ к функциям, обеспечивающим выполнение простых измерений:

* Измерение расстояний. Измеряет расстояние между двумя точками на геопространственной основе.
* Прокладка маршрутов. Расширенная версия инструмента «Измерение расстояний». Позволяет устанавливать произвольное количество точек, которые последовательно соединяются отрезками и сообщают общее накопленное расстояние.
* Поиск азимута. Измеряет азимут на геопространственной основе. Азимут строится по двум точкам: вершина и конец.
* Измерение площадей. Измеряет площадь выбранного фрагмента геопространственной основы. Для измерения площади необходимо выбрать произвольное количество точек на геопространственной основе, после чего подтвердить завершение построения фигуры. На экране отобразится закрашенная область с указанной площадью.

2) Распознавание объектов. Как только все шаги выше выполнены, пользователь захочет получить информацию из полученных снимков. Для этого применяется разработанная на концерне «Вега» нейросеть, обученная на распознавание изображений на основе снимков с РЛС, и позволяющая с определенной точностью определить тип представленных на выбранном пользователе снимке объектов. Если пользователя не устраивает полученный автоматически результат, ему предоставляется возможность вручную выделить интересующую его область, если система не обнаружила объект, или выбрать объект из сформированного списка, если объект обнаружен, но определен неточно, а затем вручную назначить его тип.

**Интеграция ГИС**

Основной этап разработки программного комплекса заключался в интеграции библиотек работы с геопространственной основой в программный комплекс. Данный этап занял продолжительное время, так как предстояла задача решить проблему совместимости рабочей среды и компонентов, подлежащих интеграции в единую систему.

На основании результатов работы, полученных в течение производственной практики, было решено остановиться на продуктах КБ Панорама. В их документации указывалось, что ГИС «Панорама» полностью совместима с ОС Windows. В ходе работы же выяснилось, что продукт «ГИС Конструктор для Qt Designer» "более не совместим с ОС Windows, оставляя в качестве вариантов только Unix-подобные операционные системы, в частности Astra Linux.

В качестве альтернативы выступало использование другого продукта, «GIS ToolKit Active». «GIS ToolKit Active» - это набор СОМ объектов и компонентов ActiveX для разработки 32-х и 64-х разрядных ГИС-приложений в любой среде программирования, поддерживающей ActiveX технологию, например, Visual Studio, 1С, Microsoft Office, Microsoft Access.

Таким образом, были испробованы различные комплекты программного обеспечения.

**ГИС Конструктор для Qt Designer и Windows**

Как было сказано выше, описание продукта «ГИС Конструктор» с официального сайта КБ Панорама допускает работу под ОС Windows, однако кнопка «Скачать» приводит на страницу, содержащую дистрибутивы программы, поддерживаемые исключительно Unix-подобными системами. Документация также содержит информацию об установке продукта только на Unix-подобных системах. Также, на официальном форуме КБ Панорама было обнаружено сообщение, в котором администратор сайта сообщает о прекращении поддержки данного продукта на ОС Windows, предлагая воспользоваться другими продуктами конструкторского бюро.

**ГИС Конструктор для Qt Designer и Astra Linux**

Другим вариантом было продолжить придерживаться заданного плана, но сменить операционную систему. Таким образом, можно было бы избежать любых изменений в самом проекте и не начинать разработку с чистого листа. Для установки системы Astra Linux на рабочий компьютер был скачан дистрибутив программы Oracle VM VirtualBox для создания изолированной виртуальной машины. Из-за недостаточных знаний в работе с Unix-подобными системами и виртуальными машинами, установка и настройка ОС Astra Linux сопровождалась огромным количеством трудностей и проблем. Далее, была проведена попытка загрузить и установить IDE Qt Creator. Данная задача не вызвала затруднений, однако запустить установленную программу так и не удалось. На этом было решено отказаться от попыток продолжить работу в Astra Linux, а вместе с этим и от продукта «ГИС Конструктор».

**GIS ToolKit Active и Windows**

GIS ToolKit Active также не позволит нам собрать тот же проект, написанный в Visual Studio без внесения изменений. Сама среда Visual Studio допускает перенос и компиляцию проектов, написанных в среде Qt Creator, однако сам GIS ToolKit Active основан на работе с COM объектами, поэтому, даже перенеся весь программный комплекс в MS Visual Studio, подключить к нему библиотеки ГИС «Панорама» не удалось. Впервые компоненты ГИС «Панорама» можно было увидеть в действии, если создать проект «Приложение Windows Forms» в Visual Studio, однако это означало бы смену языка с C++ на C#, а также начало цикла разработки с нуля.

**Класс MapEngine и Windows**

Концерн «Вега» предоставил доступ к ряду модулей, которые используются внутри программного имитатора воздушной обстановки. MapEngine – это основной класс, обеспечивающий отображение геопространственной основы и работу с ней. Вместе с ним были получены заголовочные файлы продукта ГИС «Панорама», а также необходимые файлы библиотек: mapaccess.lib и mappicex.lib. Преимущества данного варианта заключаются в том, что данный модуль обеспечивает работу системы, выполняющую реальные задачи на сегодняшний день. Из минусов можно выделить необходимость переписать ряд функций для обеспечения совместимости с Qt (класс MapEngine написан в среде Borland), а также перекомпилировать проект как 32-битный (файлы .lib не совместимы с 64-битными проектами). Также существенной проблемой в процессе разработки стала невозможность поддерживать активную связь с лицами, ответственными за данные файлы, при прохождении практики в домашних условиях, поэтому от данного метода пришлось отказаться в пользу следующего.

**Использование ГИС Панорама**

Все вышеперечисленные проблемы в ходе разработки привели к тому, что необходимо было искать новый способ включения геопространственной основы в проект, а самое главное надёжный. Руководящий отдел оказался не против применения разработок, созданных в КБ Панорама, а именно их продукта ГИС «Панорама». Данный продукт показал работоспособность с первых секунд, обладает обширным функционалом, а самое главное удобной и однозначной документацией, которая позволила в кратчайшие сроки освоить приложение и добиться первых результатов по привязке изображений на интерактивную карту. Таким образом, при необходимости работы с геопространственной основой, пользователь будет обращаться к стороннему приложению, но отвечающему всем поставленным требованиям.

**Распознаватель объектов**

В рамках самостоятельной разработки программного обеспечения были выполнены задачи по взаимодействию с распознавателем объектов в расширенном формате. В соответствии с функциональными требованиями, было определено, что существующий продукт обладает функциями автоматического обнаружения и классификации объектов, а также анализа достоверности распознанных объектов. Таким образом, оставалось добавить функции обнаружения и классификации объектов вручную, а также задания области анализа. В рамках разрабатываемого программного комплекса были реализованы соответствующие функции, а также графический интерфейс, позволяющий выполнять перечисленные выше задачи. Так, ручная классификация объектов производится путём выделения прямоугольных областей на РЛИ, которые затем получают идентификатор класса от пользователя, соответствующий тем классам, который поддерживаются нейросетью (Plane\_1, Plane\_2, Tank, Ship, Cannon). Перед отправкой изображения на распознавание пользователю будет предложено задать область поиска. Пользователь по точкам рисует полигон, область внутри которого является значимой. Область снаружи полигона будет потеряна, но изображение сохранит то же разрешение, так как нейросеть – это математическая модель, работающая с однозначно определенным набором входных данных.

**Заключение**

В данной работе было рассмотрено решение поставленной задачи – разработка системы, обеспечивающей работу с геопространственной основой, РЛИ и распознавателем объектов.

Программное обеспечение реализовано на языке C++ в среде Qt Creator 6.0.1. При выборе необходимой комплектации программных компонент, были проанализированы требования к программе, существующие на данный момент популярные программные средства, предоставляющие доступ к работе с геопространственной основой, а также были опробованы несколько популярных операционных систем. На основе собранных данных было решено остановиться на применении внешней системы для предоставления функций работы с картой, а именно ГИС Панорама. Данное ПО удовлетворяет всем функциональным требованиям, поставленным при постановке задачи, а также устраивает руководящий отдел. Затем была проведена отладка автоматического распознавателя и создание программы ручной маркировки и дешифрования РЛИ, так как автоматический распознаватель не отвечает всем поставленным функциональным требованиям, что вызвало потребность в новом модуле системы.

**Список литературы**

1. Программный комплекс автоматизированной обработки разноспектральной видовой информации. Руководство оператора. ИТСБ.01045-02 34 01. 2017.
2. Qt Documentation. Qt Creator Manual [Электронный ресурс]. URL : <https://doc.qt.io/qtcreator/> Дата обращения 15.05.2022
3. GIS ToolKit (Windows) [Электронный ресурс]. URL : <https://gisinfo.ru/products/gistool_win.htm> Дата обращения 15.05.2022
4. GIS ToolKit (Windows) [Электронный ресурс]. URL : <https://gisinfo.ru/products/gistool_active13.htm> Дата обращения 15.05.2022
5. ГИС Конструктор для Qt Designer [Электронный ресурс]. URL : <https://gisinfo.ru/products/lin_gk_qt.htm> Дата обращения 15.05.2022
6. М. Шлее, Qt 5.10. Профессиональное программирование на С++, БХВ-Петербург, 2018
7. Форум КБ Панорама [Электронный ресурс]. URL : <https://gisweb.ru/forum> Дата обращения 15.05.2022
8. sv, Быстрый старт с Qt C++ в Visual Studio (Quickstart with Qt C++ in Visual Studio), 2019 [Электронный ресурс]. URL : <https://api-2d3d-cad.com/c-qt/> Дата обращения 15.05.2022
9. ArcGIS Runtime API for Qt [Электронный ресурс] URL : <https://developers.arcgis.com/qt/> Дата обращения 15.05.2022