

## Подсистема визуализации программного комплекса для поиска людей и транспортных средств с помощью беспилотного летательного аппарата

Д.И. Булатицкий<sup>1</sup>, А.А. Селифонтов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Брянский государственный технический университет, Брянская область, город Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7, 241035, Россия*

### Аннотация

Для повышения эффективности поиска пропавших людей и транспортных средств в природной среде могут быть использованы беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Однако одного лишь применения БПЛА может оказаться недостаточно. Для получения, действительно, ощутимого эффекта авторами статьи разрабатывается программный комплекс, включающий в себя нейросетевое ядро для обработки изображений с БПЛА, веб-интерфейс для координатора поисковой операции и мобильное приложение для участников поисковых групп, работающих на местности. В статье обоснована важность подсистемы визуализации для разрабатываемого программного комплекса. Систематизированы данные, выводимые для координатора поисковой операции и участников поисковых групп, работающих на местности. Выделены следующие виды данных: сведения о районе и целях поиска; сведения о результатах облетов района поиска и анализа изображений; сведения об участниках поисковой операции; сведения о ходе поисковой операции; данные о поисковой операции для участника поисковой группы; данные о результатах поисковых операций. Описаны подходы к визуализации перечисленных данных, подобраны и разработаны элементы интерфейса для их визуализации. Предложены и реализованы доработки программного комплекса с учетом требований к визуализации.

### Ключевые слова

Программный комплекс, поиск людей, поиск транспортных средств, беспилотный летательный аппарат, визуализация данных.

## Visualization Subsystem of the Software Package for Searching People and Vehicles Using Unmanned Aerial Vehicles

D.I. Bulatitskiy<sup>1</sup>, A. A. Selifontov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Bryansk State Technical University, Bryansk Oblast, Bryansk, ul. 50 let oktyabrya, 7, 241035, Russia*

### Abstract

Unmanned aerial vehicles (UAVs) can be used to improve the efficiency of searching for missing people and vehicles in the natural environment. However, the use of UAVs alone may not be enough. To get a tangible effect, the authors of the article are developing a software package that includes a neural network core for processing images from UAVs, a web interface for the coordinator of the search operation and a mobile application for members of search groups working on the ground. The article substantiates the importance of the visualization subsystem for the software package being developed. The data output for the coordinator of the search operation and the participants of the search groups working on the ground are systematized. The following types of data are highlighted: information about the search area and the search targets; information about the image sets from flights and about image analysis; information about the participants of the

*ГрафиКон 2022: 32-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-22 сентября 2022 г., Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, Рязань, Россия*

EMAIL: bulatizkydi@mail.ru (Д.И. Булатицкий); selifontov99@mail.ru (А.А. Селифонтов)  
ORCID: 0000-0003-3584-9066 (Д.И. Булатицкий); 0000-0001-8683-8629 (А.А. Селифонтов)



© 2022 Copyright for this paper by its authors.  
Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

search operation; information about the progress of the search operation; data about the search operation for a member of the search group; data on the results of search operations. Approaches to visualization of the listed data are described, interface elements for their visualization are selected and developed. Improvements to the software package are proposed and implemented considering the requirements for visualization.

### **Keywords**

Software package, search for people, search for vehicles, unmanned aerial vehicle, data visualization.

## **1. Введение**

Одним из способов повышения результативности поиска людей и транспортных средств в природной среде является использование беспилотной авиации. Классическую схему применения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) в поисковой операции в общих чертах можно описать так. При наличии постоянного канала связи с БПЛА, позволяющего передавать видеопоток, оператор может вести непосредственный осмотр местности в режиме реального времени. При отсутствии такого канала или дополнительно для более тщательного анализа оператор с помощью БПЛА, делает снимки, совершая облет заданной территории. За один день с БПЛА получают несколько тысяч фотографий, которые обрабатывают вручную: исследуют каждое изображение на наличие искомого объекта. При обнаружении объекта, определяют его местоположение и затем, с помощью различных средств связи, передают информацию группам, ведущим поиск на местности.

Данный метод, безусловно, повышает эффективность поисковой операции, но при этом влечет за собой и ряд трудностей. Проверка и анализ изображений вручную – крайне трудоемкая задача, требующая постоянного напряжения внимания. Стоит ли говорить о том, что по мере ее выполнения эффективность и, что важнее, результативность постепенно падают, а цена пропущенного объекта может оказаться неприемлемо высока. Также немаловажную роль играет и время: ручная обработка снимков сильно замедляет процесс поиска.

Еще можно отметить то, что отсутствие общей информационной системы вынуждает участников поиска тратить много сил и времени на непродуктивные коммуникации.

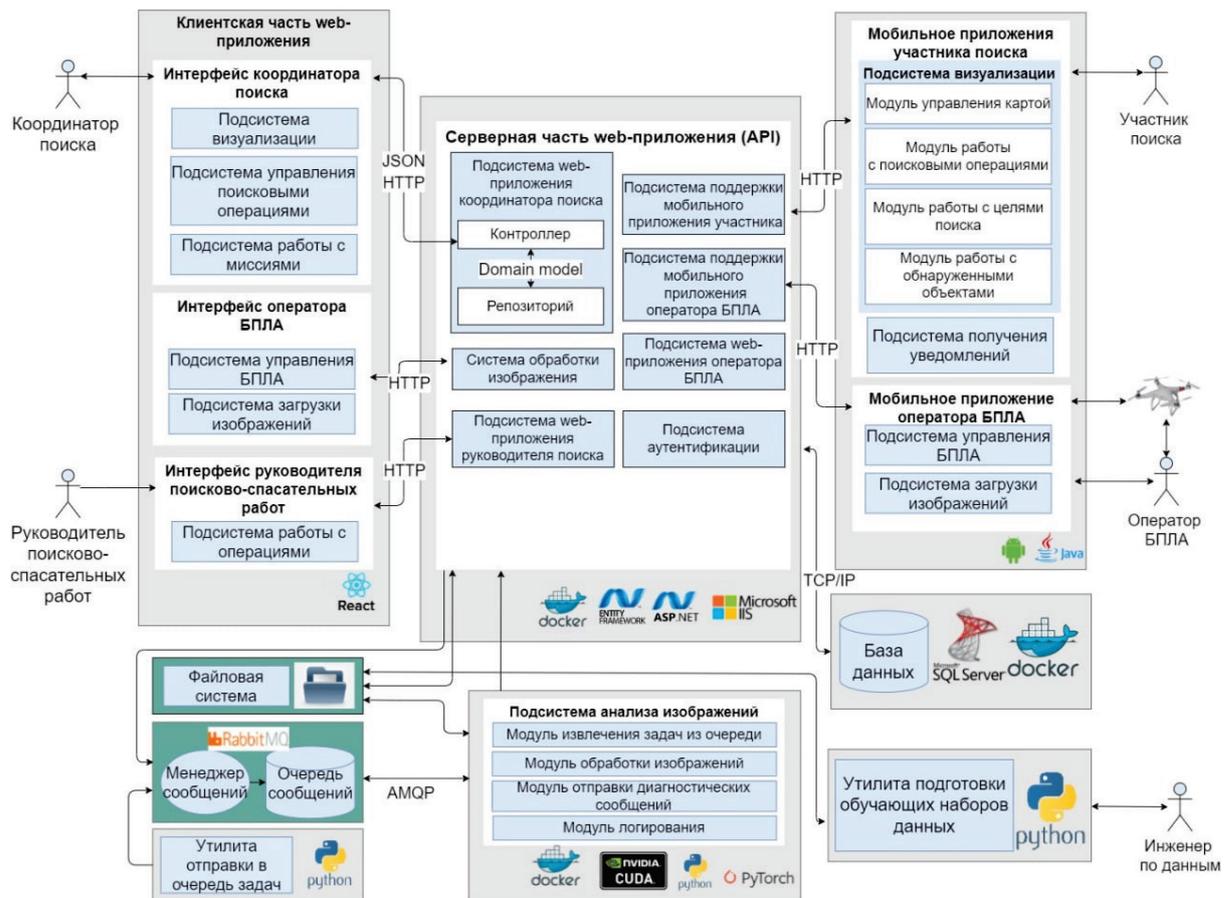
Для того, чтобы повысить эффективность поиска, разрабатывается программный комплекс обнаружения людей и транспортных средств в природной среде по снимкам с БПЛА, который позволяет не только выполнить автоматизированный анализ полученных снимков, но и представляет собой единую информационную площадку для участников поисковой операции [1, 2].

Обилие и разноплановость данных, с которыми приходится иметь дело пользователям разрабатываемого комплекса, изначально определили необходимость тщательной проработки пользовательских интерфейсов. Однако в процессе опытной эксплуатации обозначилась потребность в дополнительных средствах упрощения восприятия демонстрируемых пользователям данных.

Так как большую часть информации человек получает с помощью органов зрения, важнейшую роль в современных информационных системах играет визуальное представление данных. Оно помогает пользователю не только воспринять, но и систематизировать то обилие информации, которое предоставляет ему тот или иной программный продукт. Именно поэтому, в рассматриваемом программном комплексе подсистемам визуализации было уделено особое внимание.

## **2. Архитектура программного комплекса**

Архитектура разрабатываемого программного комплекса для поиска людей и транспортных средств с помощью БПЛА представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1** – Архитектура программного комплекса

Разрабатываемый комплекс выполняет информационную поддержку процесса, в который вовлечены пользователи различных ролей, значительно удалённые друг от друга. Участники поисковых групп (УПГ) работают в зоне поиска, оператор БПЛА находится в непосредственной близости от зоны поиска, а координатор может находиться как в оперативном штабе на местности, так и в стационарном офисе на обычном рабочем месте. Пользователи различных ролей работают с данными по-разному. Координатору нужно видеть на карте поисковую операцию целиком со всеми миссиями и участниками поисковых групп, а также вводить довольно много текстовых данных, а значит ему удобнее пользоваться ноутбуком или стационарным компьютером. При этом может возникнуть необходимость работать за «чужим» неподготовленным компьютером, поэтому пользовательский интерфейс координатора поиска реализован как web-приложение, включающее в себя подсистему визуализации для отображения на карте сведений об обнаруженных объектах и участниках поисковых групп, подсистему управления поисковыми операциями, а также подсистему работы с миссиями.

Интерфейс руководителя поисково-спасательных работ также представлен web-приложением.

Для оператора БПЛА в системе предусмотрен web-интерфейс, который позволяет прежде всего выполнять загрузку аэрофотоснимков для анализа. В некоторых случаях у оператора БПЛА может не быть под рукой даже ноутбука, поэтому для него предусмотрен также интерфейс в виде мобильного приложения.

Выбор форм-фактора «мобильное приложение» для интерфейса участника поисковой группы обусловлен, во-первых, тем, что носить с собой даже ноутбук при работе на местности крайне неудобно; а во-вторых, тем, что телефон предоставляет возможность геопозиционирования и фотографирования, которые могут понадобиться в работе УПГ.

Подсистема анализа изображений является отдельным приложением, которое постоянно прослушивает очередь задач и при появлении новой задачи извлекает и обрабатывает её. Об извлечении задачи и ходе её обработки модуль логирования оставляет записи в локальном

журнале событий, а модуль отправки диагностических сообщений передаёт сведения через специальный программный интерфейс. Также результаты в виде массива JSON объектов с описанием классов и координат объектов подсистема отправляет через соответствующие методы в серверную часть web-приложения. Так как задача распознавания объектов на изображении является достаточно ресурсоёмкой и имеет большую вычислительную сложность, то она решается с применением технологии CUDA, реализующей вычисления на графических процессорах, что позволяет существенно увеличить производительность. Дополнительно в архитектуру комплекса заложена возможность простого масштабирования для подсистемы анализа изображений: одновременно могут быть запущены на отдельных вычислительных мощностях несколько экземпляров приложения, которые будут прослушивать очередь задач. Единственность обработки каждой задачи достигается средствами RabbitMQ, а удобство развёртывания обеспечивается использованием настроенного Docker-контейнера с приложением подсистемы анализа изображений.

Возможности для инженера по знаниям реализованы в виде набора утилит по обработке изображений, формированию обучающей выборки и обучению моделей распознавания.

### 3. Анализ существующих инструментов и методов визуализации

Перед тем, как приступить к реализации подсистемы визуализации данных разрабатываемого программного комплекса целесообразно проанализировать инструменты и методы, применяемые для визуализации данных в различных прикладных решениях.

Для визуализации числовых рядов, различных количественных показателей и зависимостей распространены **графики** и **диаграммы**. Под диаграммами обычно понимают графическое представление данных в виде различных фигур и отрезков. Данные, представленные в виде графиков и диаграмм, воспринимаются, запоминаются и анализируются человеком гораздо легче, чем лежащие в их основе числа. К их недостаткам можно отнести неточность (отображаемые данные всегда приблизительны) и невозможность изобразить динамику с резким перепадом уровней. Достаточно подробный анализ типов диаграмм и графиков и особенностей их применения в различных условиях выполнен в работе [3]. Сегодня применение диаграмм и графиков можно встретить во многих областях деятельности при создании презентаций, отчетов [4]. В медицине диаграммы используются для отслеживания и прогнозирования состояния здоровья человека [5].

Также отдельно можно рассматривать диаграммы, в основе которых лежат не числовые данные, а структурные элементы каких-либо процессов или систем. К таким диаграммам можно отнести блок-схемы, диаграммы UML [6]. Часто с их помощью определяются, визуализируются, проектируются и документируются программные системы.

Следующий метод визуализации данных, который хотелось бы упомянуть – **инфографика**. Это графический метод подачи информации, данных и знаний, целью которого является быстро и чётко преподнести сложную информацию. Он делает информацию более понятной и наглядной для читателя, позволяет эффективно подавать материал с максимально точным донесением смысла до целевой аудитории. Представляет собой набор картинок с текстом. Основным плюсом такого вида визуализации информации является минимальное количество текстовой информации. Инфографика часто используется средствами массовой информации и в сфере маркетинга [7, 8, 9]. Часто если инфографика сконструирована грамотно, то это приводит к тому, что пользователи начинают делиться качественным изображением. Минусами являются сложность создания такого изображения и возможность несерьёзно воспринимать такой вид подачи информации. Предпринимаются попытки автоматизированной генерации инфографики [10].

В дополнение к инфографике, следует рассказать об интерактивном сторителлинге. Сам по себе **сторителлинг** – это преподнесение полезной информации в форме интересного рассказа. Интерактивный сторителлинг – рассказ, с которым слушатель может взаимодействовать. Этот метод очень напоминает инфографику, но в отличие от неё пользователь может управлять отображаемой информацией и находить новые зависимости. Примеры такого способа визуализации данных зачастую можно встретить в маркетинге и крупных СМИ [11, 12].

Одним из эффективных способов визуализации данных является **дашборд**. Под дашбордом понимается набор схем, таблиц, графиков, показывающих данные, добытые из разных источников, но связанные между собой. Обычно эти данные подаются в виде интерактивного цифрового поля. Целесообразность применения дашбордов заключается в том, что у пользователей нет времени для сбора информации, его анализа и изучения. Для экономии времени пользователя создаются дашборды мгновенной отчетности. Они решают задачу по информационно-аналитическому обеспечению при разработке и принятии управленческих решений. Тематика активно развивается за счет все большего применения аналитики в бизнесе. Также дашборды применяются и для личного использования (фитнес трекеры, анализ личных расходов и т.п.) [13, 14, 15].

Обычно информационные системы хранят данные в реляционных СУБД и часто представляют эти данные пользователю в виде обычной таблицы или списка, каждая строка (запись) которой характеризует отдельный объект. Часть данных об объекте может носить пространственный характер. В табличном виде человеку проблематично сопоставлять данные с пространством, поэтому при необходимости акцентировать внимание на расположении объекта в пространстве и, в частности, на поверхности планеты говорят о возникновении **геоданных** [16]. Для удобства восприятия такие данные визуализируются с помощью карт и картограмм. На карте в виде топографических и других специальных знаков отображают объекты, данные о которых необходимо сообщить пользователю. Основные характеристики объекта могут быть выведены внутри или вблизи знака, представляющего объект, при выборе интересующего объекта пользователь может получить более детальную информацию. Некоторые характеристики могут быть выведены непосредственно на карте (без привязки к каким-либо объектам), например, освещённость и температура воздуха или поверхности. Также часто числовые данные визуализируют на карте с помощью замкнутых и незамкнутых изолиний. В качестве примера можно привести линии высот или температуры. Если геоинформационная система позволяет хранить и отображать данные в различные моменты времени (в реальном режиме времени или произвольно устанавливая интересующее время), то местоположение отображаемых объектов и их характеристики могут меняться динамически. В качестве источника данных для отображения на карте могут использоваться БПЛА [17].

#### **4. Визуализация данных о поисковой операции для координатора поиска**

Во время поисковой операции координатор согласовывает и оптимизирует действия участников поиска, выдавая им специальные задания на проверку обнаруженных на снимках объектов (миссии). Решение принимается на основе данных, полученных с БПЛА, и проанализированных нейронной сетью. При назначении миссий основным его инструментом является географический интерфейс (карта). На карте отображается вся необходимая информация для проведения поисковой операции, а именно на ней видны местоположение обнаруженных объектов и участников поиска, видны статусы обнаруженных объектов. При взаимодействии с картой координатор получает подробную информацию. Такой подход позволяет сконцентрироваться на основной задаче. В дополнение есть различные интерфейсы, предоставляющие дополнительную информацию.

##### **4.1. Сведения о районе и целях поиска**

Перед началом поисковой операции собирается исходная информация. Она включает в себя не только сведения непосредственно о целях поиска – самих пропавших людей и транспортных средствах, их внешние признаки и приметы (у человека это цвет глаз, цвет кожи, цвет волос, рост, возраст, вес, его имя и фамилия; у транспортного средства это цвет корпуса, производитель, тип автомобиля и номерной знак), но также время, место и обстоятельства исчезновения. На основе этих данных координатор обозначает на карте в web-приложении

приблизительный район поиска, который размечается с помощью многоугольника произвольной формы, как показано на рисунке 2.

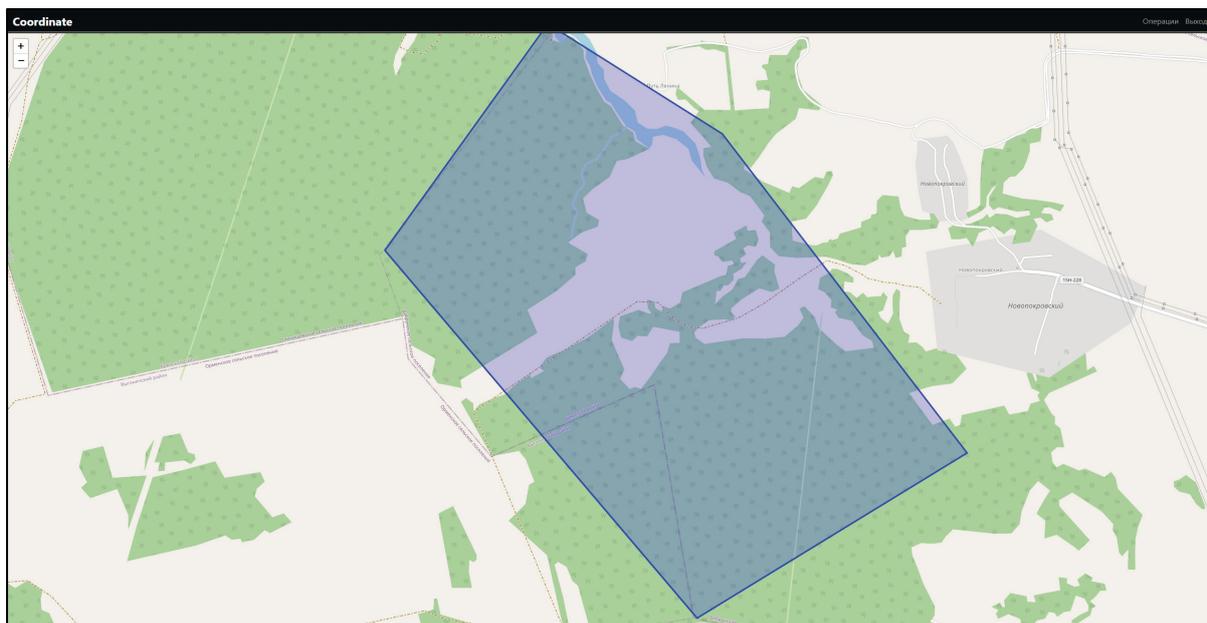


Рисунок 2 – Разметка приблизительного района поиска

#### 4.2. Сведения о результатах облетов района поиска и анализа изображений

В зависимости от размера района поиска, типа БПЛА и продолжительности поисковой операции может понадобиться один или несколько облётов местности для её фотографирования. Вначале район поиска делится на сегменты, которые для удобства обозначаются разными цветами, как показано на рисунке 3. Каждый сегмент может быть назначен в качестве задания тому или иному оператору БПЛА для облёта.

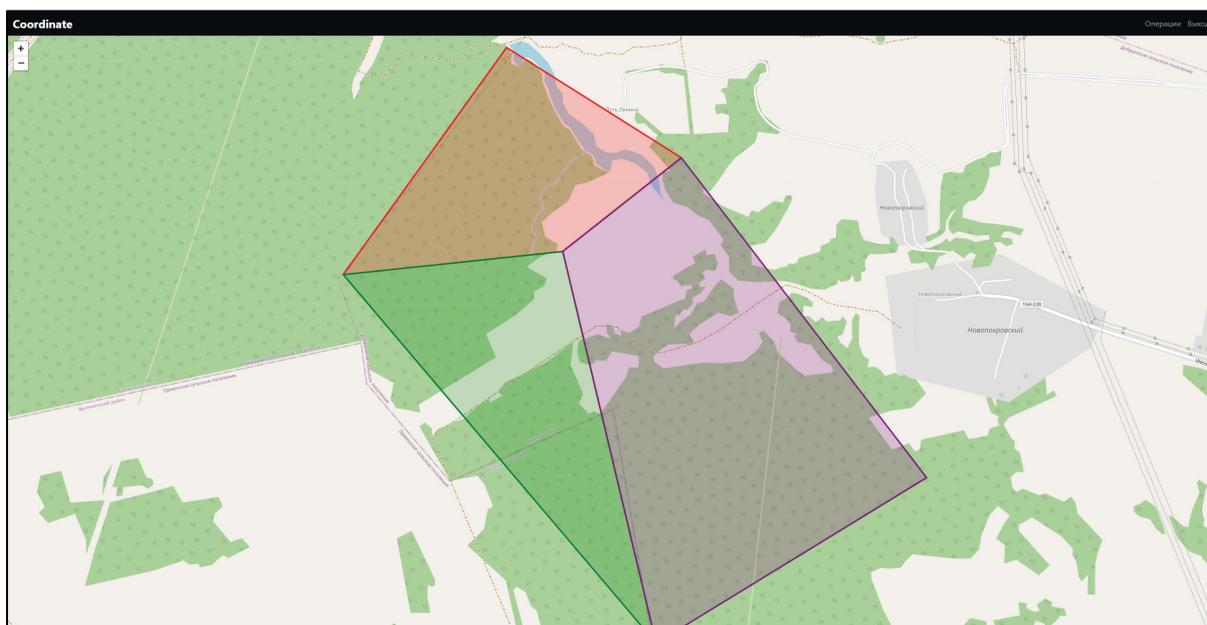


Рисунок 3 – Разделенный на сегменты район поиска

При завершении облета оператор возвращается на базу и загружает данные в систему. Эти данные представляют собой набор изображений и сведения о траектории БПЛА. В зависимости

от БПЛА снимки могут либо сразу содержать геоданные, либо потребуют от оператора вручную сопоставить их с местностью на карте. В дальнейшем планируется добавить возможность автоматического сопоставления снимков со снимками Яндекс Карты для их автоматического геопозиционирования.

При клике в сегмент можно увидеть закреплённого оператора, передать сегмент другому оператору, а также увидеть наборы изображений и траектории облётов. Если координатору покажется, что сегмент обследован недостаточно, то он может выдать задание на дополнительные облёты.

Задания на облёт одних и тех же территорий могут многократно повторяться, поэтому в систему могут быть загружены несколько снимков для одного и того же места. Для удобства координатора ему предоставляется возможность отфильтровать видимые изображения с помощью временной шкалы.

После загрузки оператором БПЛА полученные изображения автоматически анализируются системой для поиска людей и транспортных средств. Анализ занимает довольно продолжительное время и отслеживание его выполнения отвлекает внимание координатора от его главной задачи в поисковой операции. Чтобы дать возможность координатору сконцентрироваться на главном, система уведомляет его о начале и завершении анализа отдельных наборов изображений – результатов отдельных облётов. Тем не менее при желании координатор может увидеть прогресс выполнения анализа изображений по каждому облёту (анализ изображений может выполняться параллельно при наличии нескольких экземпляров приложения нейросетевого ядра системы).

Результаты этого анализа координатору поиска выводятся в двух видах. Во-первых, при просмотре обработанных изображений обнаруженные на них объекты обозначаются в виде прямоугольных рамок поверх изображений. Во-вторых, при просмотре карты обнаруженные объекты обозначаются в виде меток.

Если объект в одном и том же месте обнаружен на нескольких изображениях, то на метке объекта выводится количество связанных с ним изображений. На рисунке 4 представлены метки объектов (зелёные метки – ещё не проверенные объекты, серые метки – проверенные объекты), а также инструменты для фильтрации объектов по результатам облётов и метки участников поисковых групп (красные), о которых подробнее будет рассказано далее.

При клике в метку открывается диалоговое окно сведений об объекте, представленное на рисунке 5. Диалог позволяет пролистать связанные с этим объектом изображения, увидеть при необходимости разметку обнаруженного объекта, а также данные о том, из какого облёта изображение, и о том, в составе какой миссии и каким участником поиска должен быть проверен данный объект.

### 4.3. Сведения об участниках поисковой операции

Результаты поисковой операции зависят от слаженности и эффективности действий всех её участников, поэтому при подборе команды координатор поиска руководствуется не только возможностью того или иного кандидата принять участие в операции, но также личным опытом взаимодействия с кандидатами в прежних операциях. Вместе с тем непостоянство списка потенциальных участников операции может приводить к тому, что опыта взаимодействия координатора с многими кандидатами может не оказаться. В таких случаях полезной может быть статистика участия кандидата в других поисковых операциях.

В качестве основных показателей работы участника поисковой группы можно выделить следующие:

- Количество операций, в которых он принимал участие.
- Отношение количества операций к количеству приглашений в операцию.
- Число проверенных объектов: общее и среднее за одну операцию.
- Число предположенных обнаруженных целей поиска: общее и среднее за одну операцию.
- Число подтверждённых обнаруженных целей поиска: общее и среднее за одну операцию.
- Пройденный путь: общий и средний за одну операцию.

- Средняя скорость.
- Субъективная оценка по пятибалльной шкале: средняя и массив персональных оценок от других участников.
- Массив текстовых комментариев о работе участника от других участников.

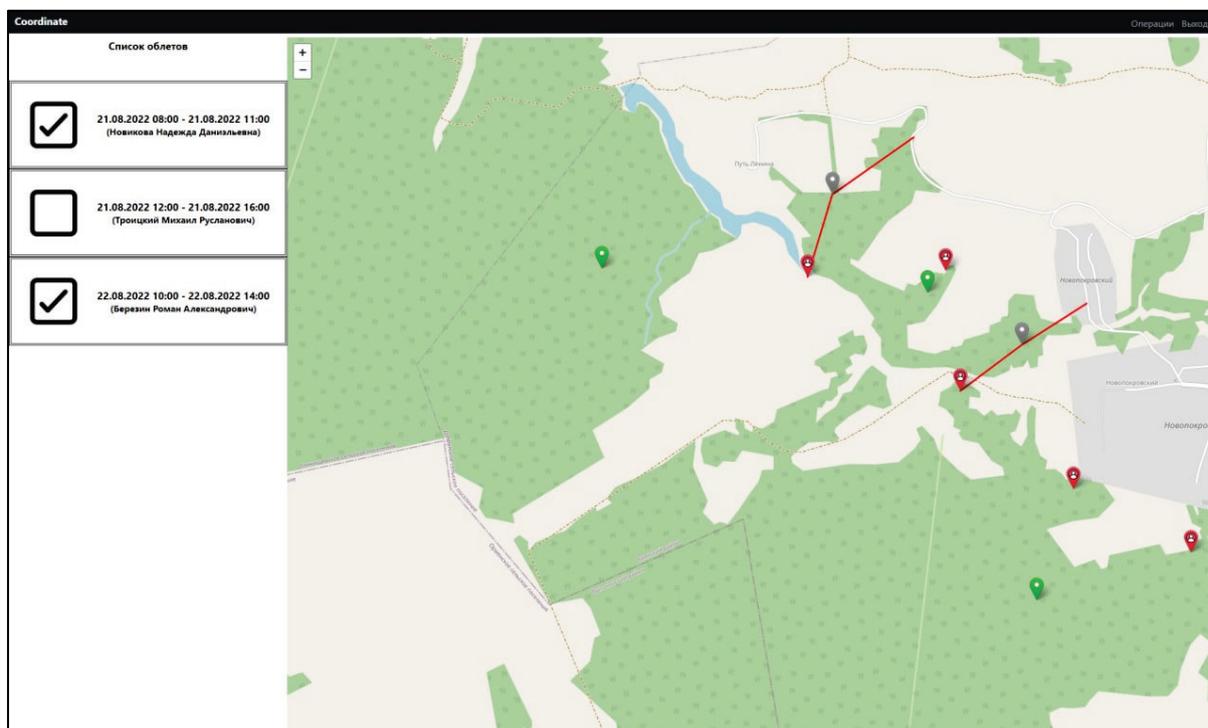


Рисунок 4 – Сведения об обнаруженных объектах и участниках поисковых групп



Рисунок 5 – Диалоговое окно сведений об объекте

На текущем этапе разработки комплекса в качестве способа визуализации данных о кандидатах при отборе участников операции используется список кандидатов в виде таблицы, в которой представлены основные показатели работы в предыдущих операциях. Система позволяет координатору отфильтровать или упорядочить список по различным критериям,

получить подробные сведения по интересующим его кандидатам и выбрать участников для своей операции. Это можно сделать, как при создании, так и в ходе поисковой операции.

#### 4.4. Сведения о ходе поисковой операции

Прежде всего, координатор поисковой операции держит в фокусе своего внимания сведения о **целях поиска**. Он должен чётко понимать, в каком статусе находится та или иная цель. Можно выделить следующие статусы: цель не обнаружена, цель предположительно обнаружена (УПГ обнаружил физический объект на местности, похожий на цель поиска, но требуется подтверждение, что это, действительно, она), цель обнаружена (выполнено подтверждение обнаружения цели).

Компактно цели поиска визуализируются в виде опционального окна (его можно отображать или не отображать в зависимости от выбора пользователя), располагающегося поверх других окон. В окне показаны названия и статусы целей поиска. При наведении мыши или при клике в одну из целей поиска выводятся подробные сведения о самой цели, а также история предположительных её обнаружений и сведений о способе подтверждения.

Второй фокус внимания координатора – это **обнаруженные объекты**. Объекты могут появляться тремя способами: 1) быть обнаружены автоматически системой на снимках с БПЛА; 2) обнаружены и размечены на изображении с БПЛА координатором поиска вручную и 3) нанесены непосредственно на карту (например, при поступлении сведений от участников поиска или случайных свидетелей).

Обнаруженные объекты должны быть распределены в миссии – задания на проверку для УПГ, а затем проверены. Можно выделить следующие статусы объектов: не распределён; ожидает проверки; не обнаружен на местности; обнаружен на местности, но не является целью поиска; обнаружен на местности и предположительно является целью поиска (ожидает подтверждения); является целью поиска (подтверждён). Визуализация обнаруженных объектов представлена на рисунках 4–5.

Наконец, третьим фокусом внимания являются участники поиска. Местоположение участников поиска визуализируется соответствующими метками. Также при выборе соответствующего режима отображения можно видеть список УПГ, как показано на рисунке 6.

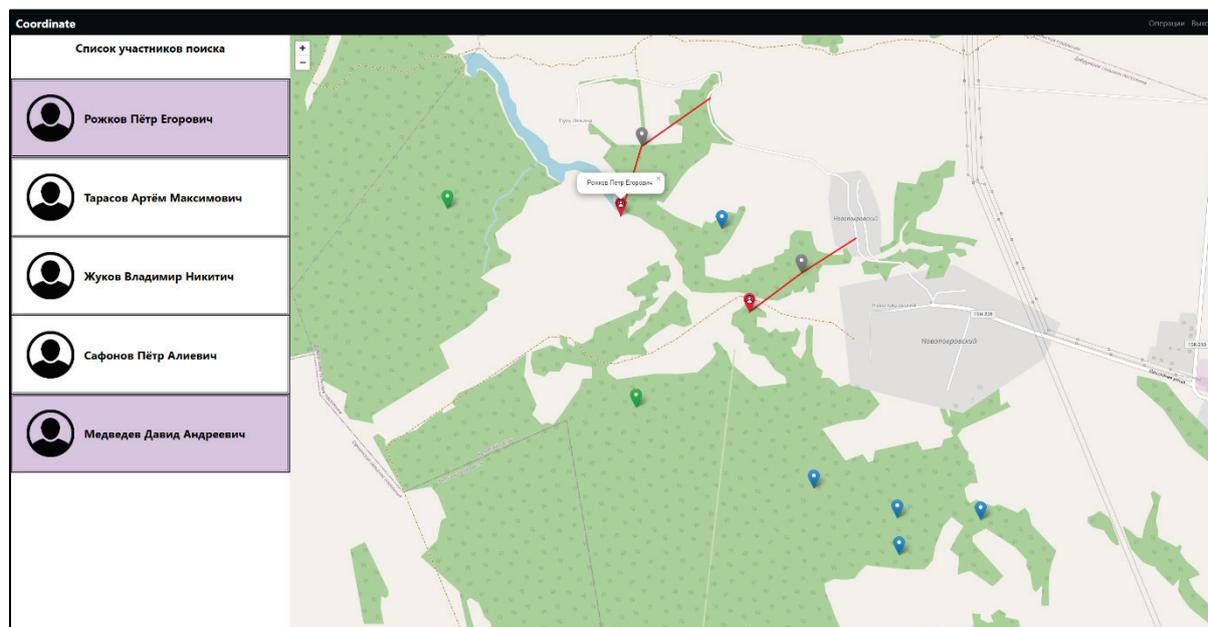


Рисунок 6 – Режим отображения списка участников поисковой группы

Клик в метку или элемент списка, соответствующий УПГ, позволяет показать дополнительные сведения о нём, а также его траекторию и объекты на проверку, сгруппированные по миссиям.

Дополнительно контролировать ход поисковой операции помогают фотографии, присылаемые участниками поиска, которые делаются в следующих ситуациях:

- В процессе операции участник может обнаружить “следы”, которые могут свидетельствовать о возможном прохождении цели поиска через данную точку: отпечаток подошвы, личную вещь, сломанные ветки деревьев и тому подобное. В таком случае участник делает фотографию и отправляет ее на сервер, после чего она становится еще одной меткой на карте, соответствующего вида.
- Также фотография делается тогда, когда участник поиска нашел объект на местности, похожий на цель поиска, и запрашивает подтверждение. Если в дальнейшем координатор подтверждает обнаружение цели, то она переходит в статус «обнаружена», а все участники получают уведомление об этом.

Для предотвращения перегрузки карты метками и координатора визуальной информацией при слишком большом количестве меток была введена система слоев, которая позволяет оставить лишь нужные пользователю сведения. Можно выделить следующие слои данных: изображения с БПЛА, цели поиска, обнаруженные объекты, участники поисковых групп, следы, траектории.

Другой важной возможностью для координатора является возможность увидеть состояние поисковой операции на произвольный момент времени (от начала операции до текущего момента). Для этого нужно выбрать отображение шкалы времени и в появившемся окне передвинуть ползунок на интересующий момент. Также можно одним кликом на кнопке «Текущий момент» в этом окне установить режим отображения актуальной картины.

При необходимости координатор может вносить изменения, а также удалять некоторые метки. Для этого ему нужно не просто нажать на метку, а использовать удержание клавиши.

## **5. Визуализация данных о поисковой операции для участника поисковой группы**

Если человек хочет принимать участие в поисковых операциях, проводимых с помощью разрабатываемого программного комплекса, то он должен установить на свой телефон мобильное приложение участника поисковой группы и зарегистрироваться. После этого он станет отображаться в списке потенциальных участников операции.

Пользователь мобильного приложения получает уведомление с приглашением принять участие в поисковой операции, если координатор выбирает в состав поисковой группы данного пользователя из списка потенциальных участников или отправляет широковещательное приглашение на участие в операции (всем пользователям или через выбранный фильтр). Получив приглашение, пользователь может принять его или отказаться.

На текущем этапе развития комплекса не рассматривается вопрос о тиражировании серверной части и/или создании отдельных групп пользователей по территориям, однако понятно, что в будущем этот вопрос потребует проработки.

После согласия на участие в операции участник поисковой группы должен прибыть к месту сбора в назначенный срок для последующей доставки в район поиска или самостоятельно добраться до него.

Когда участник добирается до места проведения поисковой операции, координатор назначает ему миссии на проверку объектов, обнаруженных системой на снимках с БПЛА. В условиях операции время играет важную роль, поэтому участник поиска должен быстро реагировать и выполнять свои, затрачивая минимум времени на ориентирование. В этом ему поможет карта в мобильном приложении участника поисковой группы. Она с помощью меток покажет его расположение и расположение объектов в рамках его миссии, а также опционально расположение других участников поиска и их объектов для проверки.

В связи со сложностью построения маршрутов вне дорог мобильное приложение не берёт на себя эту функцию, оставляя этот вопрос в ведении пользователя, однако в программе

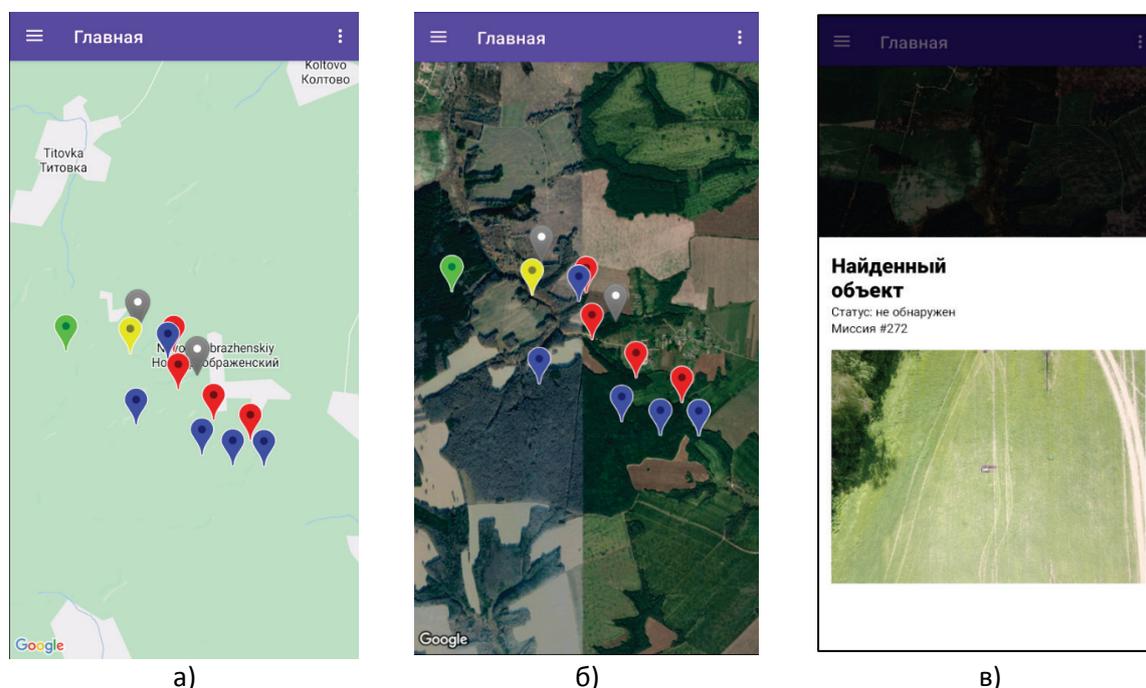
предусмотрен режим отображения направления на выбранный объект. В ориентировании могут помочь данные о природных объектах и высоте рельефа, а также возможность выбора типа карты: «схема» «спутник» и «гибрид».

Даже подобравшись к обозначенному на карте объекту участнику все еще нужно найти его на местности. Он может не заметить объект из-за особенности рельефа или каких-либо преград. Помочь обнаружить объект может его изображение, на котором он был найден. При нажатии на метку объекта можно открыть размеченное изображение. Варианты отображения карты и сведений об объекте представлены на рисунке 7. Если разметка по какой-либо причине будет мешать, ее можно скрыть, нажав на изображение.

Если участник поисковой группы находит обнаруженный на снимке с БПЛА объект, то он проверяет, подходит ли этот объект под описание одной из ещё не обнаруженных целей поиска. Если подходит, то участник поиска должен отправить описание и фотографию найденного обнаруженного объекта для проверки координатору поиска. Координатор должен подтвердить или опровергнуть принадлежность объекта к целям поиска. При подтверждении цель поиска считается обнаруженной, информация об этом распространяется другим участникам поиска. Если же объект не подходит ни одному из описаний целей поиска, то участник поиска делает соответствующую пометку в сведениях об объекте и также прикрепляет его фото, сделанное на месте.

Наконец, если УПГ в указанном месте не обнаруживает объект (объект был размечен ошибочно и вообще не является человеком или транспортным средством либо объект был на снимке, но отсутствует на местности: например, человек уже ушёл из этого места), то он также должен перевести объект в соответствующий статус и подтвердить фотоснимком «пустого места».

Также есть вероятность, что участник поисковой группы встретит цель поиска в том месте, которое не соответствует ни одному из объектов, обнаруженных на снимках с БПЛА. Тогда УПГ делает пометку о предположительном обнаружении цели поиска, фотографирует её и отправляет координатору на проверку, а объект для проверки создается и получает соответствующий статус автоматически.



**Рисунок 7** – Примеры пользовательского интерфейса участника поисковой группы: а) метки на карте в режиме «схема», б) метки на карте в режиме «спутник», в) сведения об объекте

## 6. Визуализация данных о результатах поисковых операций

В ходе выполнения поисковой операции все значимые события заносятся в журнал операции. В интерфейсе руководителя поисково-спасательных работ и в интерфейсе координатора поисковой операции предусмотрен вывод сведений о завершённых и текущих операциях в виде интерактивного дашборда, однако на текущий момент реализован в виде таблицы со сведениями об операциях и простейшей инфографикой.

Основными показателями операции являются следующие:

- Количество искомых людей: всего, из них обнаружено, из них обнаружено живыми.
- Количество искомых транспортных средств: всего, из них обнаружено.
- Количество УПП.
- Количество операторов БПЛА.
- Площадь района поиска.
- Количество уникальных обнаруженных на снимках с БПЛА объектов (без учёта дублирования в одном и том же месте, но на разных снимках): суммарное, среднее по УПП, в разрезе по УПП.
- Количество дополнительных обнаруженных объектов (не зафиксированных на снимках с БПЛА): суммарное, среднее по УПП, в разрезе по УПП.
- Пройденный путь: суммарный, средний по УПП, в разрезе по УПП.
- Длительность операции.

В мобильном приложении УПП также есть возможность посмотреть итоговую информацию об операциях, в которых пользователь принимал участие, сравнить свою результативность с достижениями других участников операции.

## 7. Выводы

В статье предложен подход к построению подсистем визуализации в web-приложении координатора поиска и в мобильном приложении участника поисковой группы. Предложенный подход на данный момент частично реализован в разрабатываемом программном комплексе для поиска людей и транспортных средств с помощью БПЛА.

В ходе опытной эксплуатации, проведённой совместно с МЧС России по Брянской области, установлено, что реализованные возможности подсистем визуализации в составе web-приложений и мобильного приложения комплекса позволяют достаточно удобно оперировать данными и воспринимать их в условиях большого потока данных и сильно ограниченного времени. Вместе с тем были выявлены следующие основные направления дальнейшего развития комплекса.

1. Улучшение информативности и интерактивности дашборда результатов поисковых операций для руководителя поисковых работ и для участника поисковой операции.
2. Создание публичной части с веб-интерфейсом, добавление игровых и соревновательных элементов, а также элементов социальных сетей (перекрёстные оценки работы участников поисковой операции, комментарии, фотоотчёты) с целью привлечения спонсоров и добровольцев для поисковых операций.

## 8. Список источников

- [1] Software Package for Searching People and Vehicles Using Unmanned Aerial Vehicles / Dmitriy Bulatitskiy, Andrey Selifontov, Sergey Shevchenko, Victor Filippov // CEUR Workshop Proceedings of the 31st International Conference on Computer Graphics and Vision (GraphiCon 2021), Vol. 3027, pp. 942–953.
- [2] Свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № RU 2021680852. Программный комплекс для поиска людей и транспортных средств с помощью беспилотного летательного аппарата / Д.И. Булатицкий, А.А. Селифонтов, М.С. Кириченко, А.А. Подоляко;

- правообладатель ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет». № 2021680220; заявл. 06.12.2021; зарегистр. 06.12.2021.
- [3] Круглова Е. Инфографика и визуализация данных: методическое пособие [Электронный ресурс]. Москва: Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 2018. – 63с. URL: <https://fingramota.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=4207&p=attachment> (дата обращения: 20.05.2022).
- [4] Клеменок Д. А. Графики и диаграммы как инструмент визуализации данных // Повышение управленческого, экономического, социального и инновационно-технического потенциала предприятий, отраслей и народно-хозяйственных комплексов (Пенза, май 2021 г.): сб. трудов XII Международной научно-практической конференции / Пензенский государственный аграрный университет. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. С. 81-82.
- [5] Joffe M. Complex Causal Process Diagrams for Analyzing the Health Impacts of Policy Interventions / M. Joffe, J. Mindell // American Journal of Public Health, 2006, №3, pp. 473-479.
- [6] Буч Г., Рамбо Дж., Якобсон И. Введение в UML от создателей языка. М.: ДМК Пресс, 2015. 496 с.
- [7] Лайкова Я. В. Инфографика в мультимедийном тексте СМИ // Дизайн СМИ: тренды XXI века: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., 26- 27 сентября 2014 г. / М.: Факультет журналистики МГУ, 2014. С. 31-35.
- [8] Chepenko, D. O., Okorokov A.N. Data visualization: infographics as a marketing tool and the problem of Infrequent use // Наукосфера. 2021. No 3-2. – С. 268-271.
- [9] Meisam Hejazi Nia A Decision Support System for Inbound Marketers: An Empirical Use of Latent Dirichlet Allocation Topic Model to Guide Infographic Designers [Электронный ресурс] // arXiv.org. URL: <https://arxiv.org/abs/1611.00872> (дата обращения: 20.05.2022).
- [10] User-Centric Semi-Automated Infographics Authoring and Recommendation [Электронный ресурс] / Anjul Tyagi, Jian Zhao, Pushkar Patel, Swasti Khurana, Klaus Mueller. URL: <https://arxiv.org/abs/2108.11914v2> (дата обращения 15.05.2022)
- [11] Самсонов Н. Д. Интерактивный сторителлинг как метод продвижения бренда // Брендинг как коммуникационная технология XXI века : Материалы VII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 01–02 марта 2021 года / Под редакцией А.Д. Кривоносова. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. С. 336-339.
- [12] Interactive Movie Recommendation Through Latent Semantic Analysis and Storytelling [Электронный ресурс] / Kodzo Wegba, Aidong Lu, Yuemeng Li, Wencheng Wang URL: <https://arxiv.org/abs/1701.00199> (дата обращения 15.05.2022).
- [13] Колосов Р. Е. Дашборды мгновенной отчетности предприятия: перспективы применения // Молодой ученый. 2021. № 33(375). С. 118-120. – EDN KCAJIG.
- [14] Лагереv Д.Г., Ломаченков А.В. Исследование методов визуализации и особенностей визуализации данных для анализа динамических показателей социальных сетей // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2019. № 2(7). С. 76-83.
- [15] Gitinabard N. Designing a Dashboard for Student Teamwork Analysis [Электронный ресурс] / N. Gitinabard, S. Heckman, T. Barnes, C. F. Lynch // arXiv.org. URL: <https://arxiv.org/abs/2112.04465> (дата обращения 27.05.2022).
- [16] Кадочников А. А. Организация и визуализация данных наблюдений с помощью картографических веб-сервисов // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2014. Т. 20. С. 201-209.
- [17] Popovic M. Multiresolution Mapping and Informative Path Planning for UAV-based Terrain Monitoring [Электронный ресурс] / M. Popovic, T. Vidal-Calleja, G. Hitz, I. Sa, R. Siegwart, J. Nieto // arXiv.org. URL: <https://arxiv.org/abs/1703.02854> (дата обращения 28.05.2022).