

УДК 630.43

Система сбора и обработки данных для информационной системы контроля пожарной обстановки на базе беспилотного воздушного судна

Unmanned aircraft based wildfire state data acquisition and processing system

Доррер Г.А.^{1,2}

д-р. тех. наук, проф.

Антонов А.В.²

канд. тех. наук

Буслов И.А.¹

Гордеев А.Е.¹

Яровой С.В.¹

*¹Сибирский государственный
университет науки
и технологий имени
академика М.Ф. Решетнева*

*²ФГБОУ ВО Сибирская
пожарно-спасательная
академия ГПС МЧС России*

sanches12@mail.ru

Dorrer G.A.^{1,2}

*holder of an Advanced
Doctorate (Doctor of Science)
in Engineering Sciences, Full
Professor*

Antonov A.V.²

Ph.D. of Engineering Sciences

Buslov I.A.¹

Gordeev A.E.¹

Yarovsky S.V.¹

*¹Reshetnev Siberian state
university of science and
technologies*

*²FSBEE HE Siberian Fire
and Rescue Academy
EMERCOM of Russia*

Рецензент:

Осавелюк П.А.

канд. тех. наук

Аннотация:

Рассматриваются основные параметры проекта, посвященного разработке многофункциональной информационно-управляющей системы, предназначенной для мониторинга и оперативного управления борьбой с пожарами как в природной среде (лесах, степях, торфяниках), так и в населенных пунктах, на основе данных, полученных со спутников и беспилотных воздушных судов (БВС). Описывается аппаратура БВС для сбора и передачи в информационную систему данных о точках пожара. Система также может быть использована для обучения оперативного персонала противопожарных служб. Проект выполняется в рамках реализации Национальной технологической инициативы по направлению АэроНет.

Ключевые слова: беспилотное воздушное судно, информационно-управляющая система, природный пожар, разведка природного пожара, прогнозирование распространения пожара

Abstract:

The main parameters of the project devoted to the development of a multifunctional information and control system designed for monitoring and operational management of firefighting both in the wild environment (forests, steppes, peatlands) and in human settlements, based on data obtained from satellites and unmanned aerial vehicles (UAV). Wildfire data acquisition hardware is described. The system can also be used to train operational personnel of firefighting services. The project is implemented within the framework of the National Technological Initiative in the direction of AeroNet.

Key words: unmanned aircraft, information management system, wildfire, natural fire exploration, forecasting the spread of fire

Введение:

Стихийные природные пожары, к которым относятся пожары в лесах, степях, на торфяниках и других природных объектах – опасные и динамичные процессы, наносящие большой ущерб природе и объектам инфраструктуры, часто приводящие к гибели людей.

Во многих странах, в том числе и в России, ежегодно приходится вести борьбу с природными пожарами [1-5], привлекая для этой цели большое количество сил и средств. Своевременное обнаружение, локализация и ликвидация природного (лесного, торфяного, степного и т.п.) пожара достигается эффективным планированием и работой на всех уровнях принятия решений, достаточным материально-техническим обеспечением, использованием современных научно-технических разработок в области мониторинга и тушения пожаров и многими другими факторами [6-8].

В настоящее время действуют системы мониторинга природных пожаров, основанные на использовании спутниковой информации: «ИСДМ-Рослесхоз» (Минприроды РФ) и «Каскад» (МЧС России). Однако точность и оперативность поступления информации от этих систем недостаточны для использования ее в режиме реального времени при тушении конкретных пожаров. Поэтому все большее значение приобретает использование беспилотных авиационных систем (БАС), способных с высокой точностью в реальном времени оценивать пожарную обстановку [9].

В представленной работе рассматриваются основные параметры проекта, **посвященного разработке** многофункциональной информационно-управляющей системы, предназначенной для разведки, мониторинга и оперативного управления борьбой с пожарами как в природной среде, так и в населенных пунктах, на основе данных, полученных с беспилотных воздушных судов (БВС). Система также может быть использована для обучения оперативного персонала противопожарных служб.

Проект выполняется в рамках реализации Национальной технологической инициативы по направлению АэроНет (<http://asi.ru/nti/>).

Структура системы:

Система содержит следующие элементы.

1. Программно - аппаратный комплекс, включающий:
 - беспилотное воздушное судно вертолетного типа;
 - средства передачи данных (GSM-модем, радиомодуль) (Рис. 2);
 - систему датчиков (Рис. 2);
 - бесконтактный узконаправленный термодатчик MLX90614ESF-DCI для непосредственного определения температуры точки под БАС;
 - Совмещённый гироскоп, акселерометр и ком-

пас MPU-9250 и барометр BMP280 для определения положения датчика температуры в пространстве;

- GPS-приёмник uBlox NEO-6M для сопоставления данных о температуре с реальными координатами.
2. Математические модели динамики природных пожаров и процессов их обнаружения, идентификации и ликвидации, предназначенные для поддержки принятия решений по борьбе с пожаром и реализованные в виде агентно-ориентированной программно-информационной системы [4,10-11];
 3. Компьютерная имитационная система для обучения персонала основам тактики борьбы с природными пожарами и работе с БВС [12].

Структура системы представлена на рисунке 1.

Информационная система выполняет последовательно следующие этапы обработки данных.

На этапе сбора данных используются следующие источники.

1. Данные о действующих природных пожарах и о погоде, получаемые из информационных систем космического мониторинга природных объектов «ИСДМ Рослесхоз» и «Каскад». Эти данные позволяют оценить пожарную ситуацию в регионе, оценить целесообразность использования БВС и составить план работы по ликвидации пожара. Кроме того, с интернет-сайта Google Maps система получает данные о рельефе местности – наиболее точные данные, имеющиеся в открытом доступе, а также удобное API. Должны быть известны также предварительные данные о горючих материалах в данном регионе, а также метеоданные (температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, класс пожарной опасности по условиям погоды), полученные из ближайших гидрометеостанций.
2. Данные, полученные непосредственно с места действующего пожара. Ключевым моментом сбора данных является разведка и картирование контуров пожара с помощью аппаратуры, установленной на БВС. При этом нужно иметь в виду, что горящая кромка природного пожара часто имеет сложную конфигурацию, разрывы, она может быть скрыта кронами деревьев и дымным шлейфом. Поэтому район пожара следует тщательно обследовать путем периодического сканирования территории галсами БВС и с помощью датчика температуры выявлять горячие точки (Рис. 3). Кроме того, при сканировании территории с помощью других датчиков

могут быть уточнены данные о растительности и метеорологической обстановке. Данные передаются на сервер для хранения и ретрансляции по основному (GPRS) каналу и резервному (радио) каналу через станцию ретрансляции. Данные из разных источников, поступившие на сервер, анализируются и сравниваются и после первичной обработки заносятся в базу данных, для дальнейшего использования.

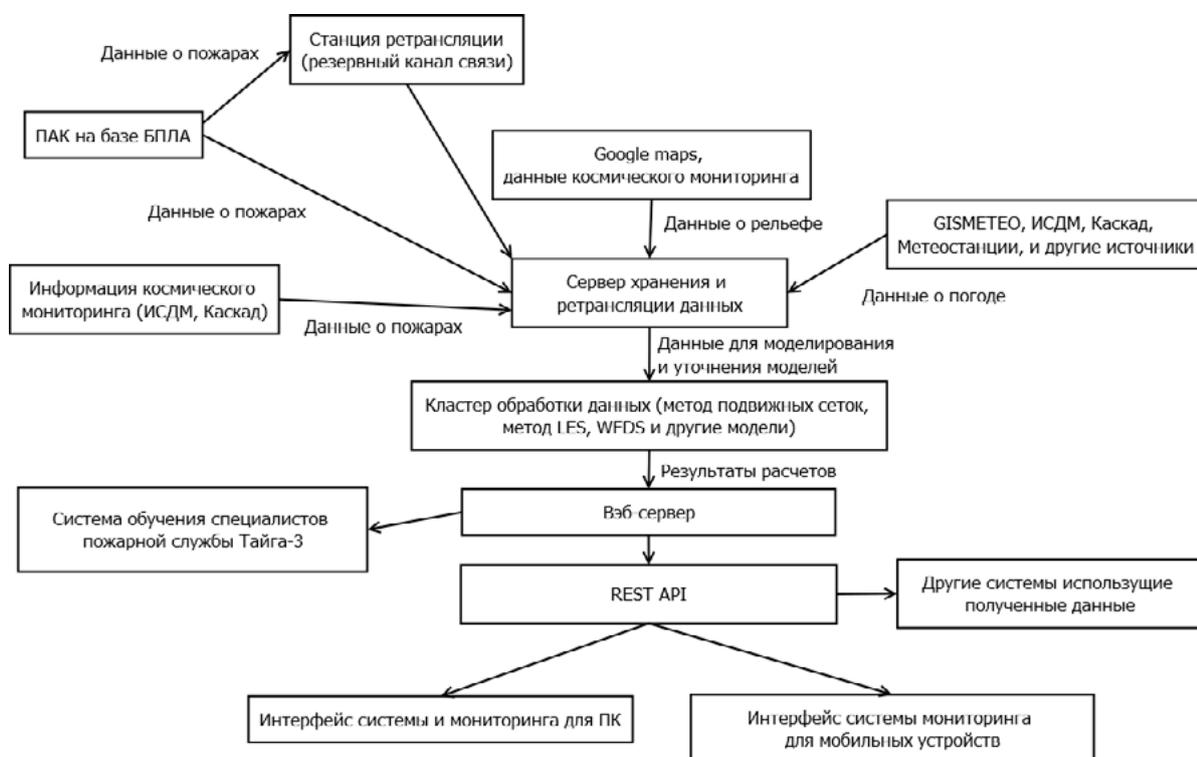


Рис. 1 Структурная схема информационной системы разведки, идентификации управления борьбой с природными пожарами и обучения оперативного персонала на базе БВС

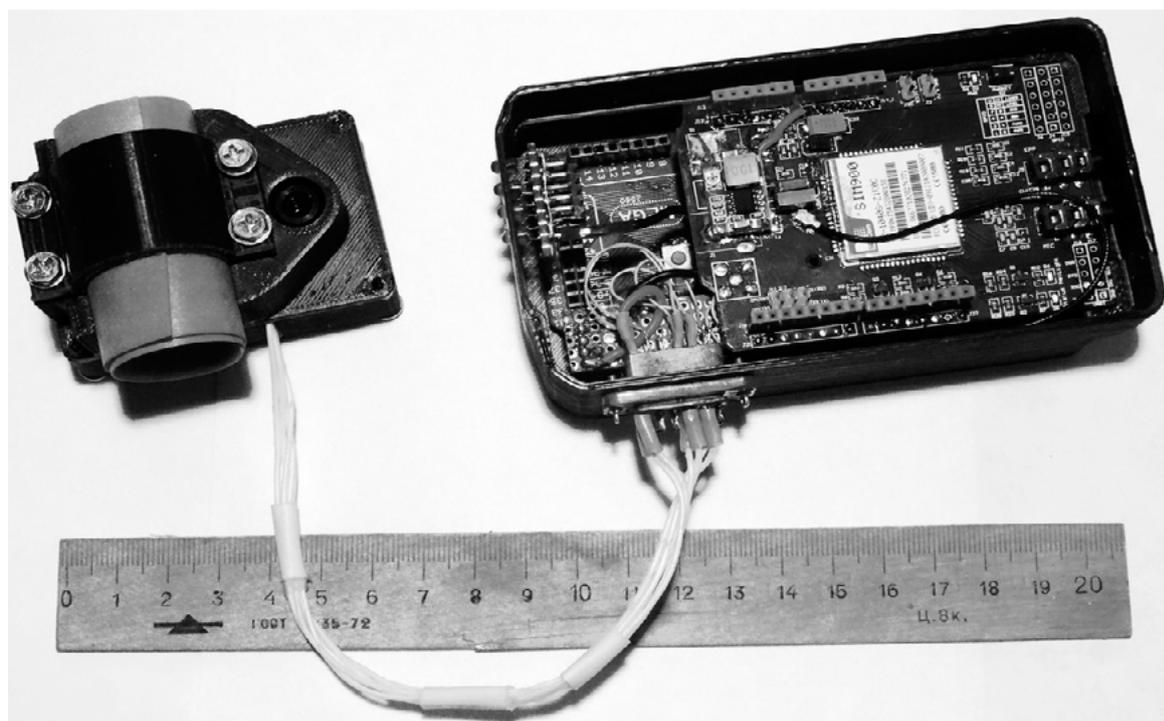


Рис. 2 Аппаратура сбора данных, состоящая из набора датчиков (слева) и блока обработки и передачи данных (справа)

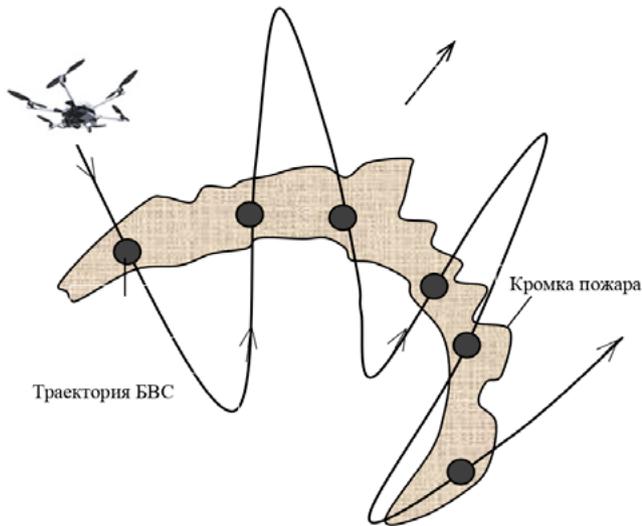


Рис. 3 – Разведка природного пожара и выявление горячих точек. $C_i(t_k)$ зафиксированная горячая точка, W – направление ветра

Данные могут быть переданы различными интерфейсами (мобильный, веб и другими) через REST-API и могут использоваться для оперативного принятия решений специалистами противопожарной службы, а также могут быть переданы сторонним информационным системам.

На этапе обработки данных производится оценка конфигурации и параметров действующего пожара на основе обработки координат горячих точек, переданных с борта БВС, прогнозирование процесса распространения пожара по одному или нескольким алгоритмам, а также оценка необходимых сил и средств для его ликвидации. В последнем случае может быть использована разработанная авторами информационная система «Тайга-3» [12].

При оценке конфигурации кромки пожара приходится принимать ряд допущений:

- кромка пожара представляет собой односвязную область на поверхности земли и, соответственно, так отображается на карте;
- каждая зафиксированная БВС точка кромки пожара рассматривается как источник дальнейшего распространения огня;
- скорость перемещения БВС намного больше скорости распространения пожара, поэтому в первом приближении можно считать все зафиксированные горячие точки относящимися к одному моменту времени t_k .

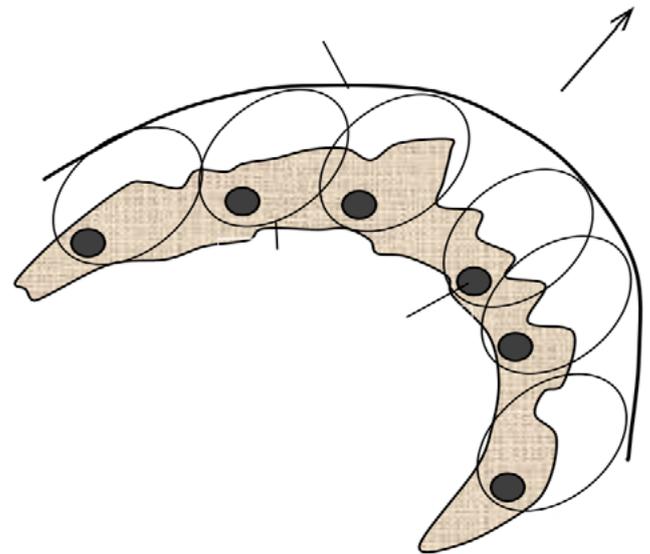


Рис. 4 – Прогнозирование распространения пожара. $C_i(t_k)$ – зафиксированная горячая точка, $D_i(t_k)$ – локальная область распространения огня, $L(t_k + \Delta t)$ – прогноз кромки пожара на момент $t_k + \Delta t = t_{k+1}$

Процедура идентификации и прогнозирования распространения пожара состоит из следующих повторяющихся шагов (рисунок 4):

- из каждой зафиксированной в момент t_k точки $C_i(t_k)$ на кромке пожара с помощью известных математических моделей [4,10,13-16] строится область возможного распространения огня $D_i(t_k)$ на период прогнозирования Δt ;
- ко всем областям $D_i(t_k)$ методом множественного сглаживания [3] строится внешняя огибающая $L(t_k + 1)$ которая рассматривается как прогноз внешней кромки пожара на момент $t_{k+1} = t_k + \Delta t$;
- сопоставление огибающих $L(t_k)$ и $L(t_{k+1})$ позволяет оценить параметры динамики пожара в момент t_{k+1} : скорость фронта $R(t_{k+1})$ и параметры индикатрисы $\chi_{k+1}(\varphi)$ где φ – угол между направлением ветра (или склона) и нормалью к контуру пожара [3].

При реализации этой процедуры (в связи с ее асинхронностью, многоступенчатостью и непредсказуемой продолжительностью этапов обработки) может быть использован мультиагентный подход [11]. При этом агенты 1-го типа

получают «сырые» данные от БВС и заносят их в базу данных. Агенты 2-го типа дополняют эти данные (используя Google Maps API) характеристиками рельефа в окрестностях пожара. Агенты 3-го типа (исходя из направления и угла наклона датчика, географических координат БВС в момент обнаружения, данных рельефа, высоты БВС над уровнем моря) уточняют координаты точек горящей кромки. Агенты 4-го типа служат для обмена обработанными данными с другими частями разрабатываемого приборно-аппаратного комплекса (ПАК).

На этапе передачи данных пользователям. Вся информация, полученная в системе, хранится на сервере, откуда отправляется заинтересованным пользователям. Используется типичный сервер баз данных (в прототипе использована СУБД PostgreSQL) под управлением ОС GNU/LinuxDebian. Обмен данными с БВС осуществляется по протоколу HTTP через REST API (реализованном на веб-сервере Apache и проксирующем сервере Nginx).

Заключение:

Рассмотрены структура и основные параметры проекта, **посвященного разработке** многофункциональной информационно-управляющей системы, предназначенной для разведки, мониторинга и оперативного управления борьбой с природными пожарами с использованием данных, полученных с беспилотных воздушных судов (БВС).

В настоящее время создан и испытан в условиях полигона прототип системы.

Дальнейшая работа по данному проекту планируется в следующих направлениях:

- совершенствование математических моделей и ПО,
- разработка рабочего проекта системы,
- продолжение испытаний системы в условиях полигона и реальных пожаров,
- расширение функций системы при использовании нескольких БВС,
- подготовка коммерческого проекта по использованию системы.

Литература:

1. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. – М.: 1985. – 96 с.
2. Андреев, Ю.А. А.В. Брюханов. Профилактика, мониторинг и борьба с природными пожарами (на примере Алтае-Саянского экорегиона): справочное пособие // Красноярск: изд-во СО РАН. 2011. – 272 с.

3. Волокитина А. В. Защита населенных пунктов от чрезвычайных ситуаций, связанных с природными пожарами (практические рекомендации). //Красноярск: изд-во СО РАН. 2002. – 63 с.
4. Доррер, Г.А. Динамика лесных пожаров. //Г.А. Доррер. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 404 с.
5. Доррер, Г.А. Концепция системы управления борьбой с природными пожарами /Доррер Г.А., Буслов И.А., Яровой С.В. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2016, №1.- С.38-44.- Режим доступа: <http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v1/7-13.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
6. Коморовский, В.С. Информационная система поддержки принятия решений подразделениями МЧС России при угрозе природных пожаров / Коморовский В.С. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2016, №1.-С.19-24.- Режим доступа: <http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v1/7-13.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
7. Ничепорчук, В.В. Информационное обеспечение управления природно-техногенной безопасностью / Ничепорчук В.В. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2016, №1.- С.49-54.- Режим доступа: <http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v1/7-13.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
8. Мельник, А.А. Новые принципы организации информационного пространства РСЧС / Мельник А.А., Ничепорчук В.В., Яровой А.В. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2017, №5.- С.34-41.- Режим доступа: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v5/N5_34-41.pdf, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
9. Вдовин, О.В. Использование беспилотных воздушных судов в условиях экстремальных температур / Вдовин О.В., Антипин М.И., Неволин В.С. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2017, №1.-С.9-12.- Режим доступа: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v1/N4_9-12.pdf, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
10. Доррер, Г.А. Система управления борьбой с природными пожарами // Информатизация и связь – 2016. №3. С. 66-72.

11. Яровой, С.В. Применение агентных моделей для имитации процесса локализации природных пожаров //Электронный научный журнал «Программные продукты, системы и алгоритмы» Вып. № 2, 2016 г.
12. Буслов, И.А. С.В. Яровой, Г.А. Доррер. Платформа для учебно-тренажерной системы по основам тактики борьбы с лесными пожарами // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015662521, зарегистрировано 26.11.2015.
13. Andrews P.L.,BevinsR.C.BehavePlus fire modeling system, version 2.0: User's Guide. // C.D. USDA Forest Service Gen. Techn. Rep. RMRS-GTR-106WWW. Ogden, 2003, 45 p.
14. Finney M.A. FARSITE: Fire simulator model, development and evaluation. // USDA Forest Service, Res. Paper RMRS-RP-4. Ogden, 1998, 47 p.
15. Mell W. A., Jenkins,J. Gould, Ph. A physics-based approach to modeling grassland fires.//International Journal of Wildland Fire. 2007, vol. 16, pp. 1-22.
16. Shatalov P.S. DorrerG.A.Parallel computation of forest fire and its interaction with infrastructureobjects.// Fourth Fire Behave and Fuels Conference, conference abstracts. St. Petersburg. 2013. P. 3.