

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС РАННЕГО ОПОВЕЩЕНИЯ О ПОЖАРЕ
НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ
И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО НЕЙРОСЕТЕВОГО РАСПОЗНАВАНИЯ**

Ю. А. Рогова

Рогова Юлия Александровна, аспирантка, Волгоградский аграрный университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7(927)526-13-85; e-mail: July702@rambler.ru

Рассматриваются вопросы разработки программно-аппаратного комплекса раннего оповещения о пожаре на основе дистанционного наблюдения и интеллектуального нейросетевого распознавания, а также основные преимущества системы раннего обнаружения горения, ее функциональные возможности, состав оборудования программной и аппаратной части системы раннего обнаружения горения, порядок оповещения системой о горении спасательных подразделений МЧС России, Департамента лесного дозора, администрации предприятий, городов и населенных пунктов, районных администраций, экологических служб, разработка специальной базы данных типовых изображений возгораний на разных стадиях, представлена классификация визуальных признаков возгорания по основным опасным факторам пожара, разработка пилотного проекта системы раннего обнаружения горения, осуществление подбора и оптимизация параметров искусственной нейронной сети на основе сочетания полносвязных сверточных слоев, а так же слоев других типов, перспективы внедрения пилотного проекта в тестовом режиме окружающей интегрированной системы для оперативного обнаружения и мониторинга пожаров на одном из пожароопасных объектов г. Волгограда и ее принцип работы.

Ключевые слова: пожар, возгорание, обнаружение пожара, дым, огонь, программно-аппаратный комплекс раннего оповещения о пожаре (ЧС), дистанционное наблюдение, интеллектуальное нейросетевое распознавание, вид возгорания, нейронная сеть.

**HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX OF EARLY FIRE ALERTS
BASED ON REMOTE MONITORING AND INTELLIGENT NEURAL NETWORK RECOGNITION**

Yu. A. Rogova

Rogova Yuliya Aleksandrovna, Post-graduate student, Volgograd Agrarian University, Volgograd, Russian Federation, phone: +7(927)526-13-85; e-mail: July702@rambler.ru

The issues of developing a hardware and software complex for early warning of a fire (emergency) based on remote monitoring and intelligent neural network recognition, as well as the main advantages of the early detection system of gorenje gorenje, its functionality, the equipment of the software and hardware of the system of early detection of a fire, the order of notification of the system about the burning of rescue units of the Ministry of Emergency Situations are considered. Russia, the Department of Forest Watch, the administration of enterprises, cities and settlements, district administrations, as well as environmental services, the development of a special database of typical images of fires at different stages, the classification of visual signs of fire according to the main dangerous factors of fire, the development of a pilot project of an early detection system of a disaster, the selection and optimization of parameters of an artificial neural network based on a combination of fully connected convolutional layers, and also layers of other types, prospects for the implementation of a pilot project in the test mode of a district integrated system for the rapid detection and monitoring of fires at one of the fire-hazardous facilities in Volgograd and its principle of operation.

Keywords: fire, ignition, fire detection, smoke, fire, hardware and software complex of early warning of fire (emergency), remote monitoring, intelligent neural network recognition, type of fire, neural network.

Актуальность исследования заключается в том, что одной из наиболее важных задач в обеспечении пожаро-взрывобезопасности современного производства, промышленных предприятий, сельского хозяйства и других отраслей экономики – это надежная защита и своевременное реагирование на любые чрезвычайные ситуации, которые могут произойти на их территории. Современные предприятия и агропромышленный комплекс, безусловно, нуждаются в эффективных системах обеспечения безопасности и противопожарной защиты, которые бы охватывали множество аспектов.

Предметом исследования являются современные и эффективные способы и средства обеспечения безопасности и защиты от возгораний, используемые на промышленных предприятиях, в агропромышленном комплексе и в других отраслях экономики.

Объект – системы видеонаблюдения и мониторинга, обеспечивающие всеобъемлющий интел-

лектуальный контроль не только внутри производственного объекта, но и огромных территорий агропромышленного комплекса нашей страны.

Целью исследования является разработка программно-аппаратного комплекса раннего оповещения о пожаре на основе дистанционного наблюдения и интеллектуального нейросетевого распознавания.

Научная новизна исследования заключается в разработке такого программно-аппаратного комплекса раннего оповещения о пожаре, который бы отвечал всем современным требованиям обеспечения наивысшего уровня безопасности защищаемого производственного объекта и охраняемой территории, учитывая различные потребности техносферной безопасности в настоящее время.

В данный момент на рынке гарантии безопасности и защиты производственного и сельскохозяйственного сектора экономики нашей страны представлен широкий ассортимент выпускаемой продукции – от систем раннего обнаружения по-



жаров, включающий визуальные и тепловизионные камеры, управляющие программные платформы, технологии видеоаналитики, устройства видеозаписи, до систем, позволяющих на высоком профессиональном уровне за считанные секунды решить все задачи видеомониторинга для раннего обнаружения возгорания и определения по основным факторам пожара угрозу и возможные негативные последствия.

Информационная система раннего обнаружения горения – это программно-аппаратный комплекс для мониторинга и раннего обнаружения различных видов горения, успешно применяющаяся не только в агропромышленном комплексе, но и на производственных, взрывопожароопасных объектах. Данная система позволяет дистанционно зафиксировать горение на определенной защищаемой территории и с высокой точностью определить координаты очага горения.

Для успешной реализации поставленных задач и функций перед системой раннего обнаружения горения, создаются специальные лицензированные организации, выполняющие монтаж и подключение высокоэффективного современного оборудования и программных средств системы раннего обнаружения горения в пределах защищаемой территории. На территории нескольких регионов нашей страны, например Воронежской, Тамбовской, Липецкой областях осуществляется техническое сопровождение функционирования данных программно-аппаратных комплексов в интересах территориальных органов МЧС России и органов управления Лесного хозяйства, что, безусловно, помогает им вовремя справиться с возникшей угрозой и предотвратить массу негативных последствий, связанных с пожарами.

Любая система раннего обнаружения горения состоит из нескольких взаимосвязанных частей: аппаратной и программной. Аппаратная часть представляет собой сеть управляемых специальных датчиков наблюдения (видеокамер, тепловизионных датчиков, инфракрасных камер и т. д.), которые позволяют обнаружить очаг горения по различным признакам и в разных условиях.

Программная часть представляет собой специальное программное обеспечение, с помощью которого осуществляется наблюдение за защищаемой территорией в режиме реального времени и определяются координаты горения. Программная часть системы позволяет так же обнаружить огонь или дым на ранних стадиях горения, что позволяет вовремя среагировать и предупредить возможный пожар и существенно сократить социально-экономические, экологические потери от него.

Для эффективного функционирования системы раннего обнаружения горения на предприятиях и в агропромышленном комплексе используется уже существующая инфраструктура мобильных операторов - сотовые вышки, аппаратура связи и обслуживающий персонал и т.д. Так как данная система легко масштабируется и

расширяется, она пригодна для обнаружения как лесных пожаров на больших территориях, так и пожаров на промышленных объектах сравнительно меньших площадей.

Аппаратная часть системы раннего обнаружения горения должна включать набор интеллектуальных датчиков, которые устанавливаются на всех доступных к размещению высотных сооружениях и конструкциях, находящихся на защищаемой территории (например, телевизионные вышки, вышки операторов связи и пожарно-наблюдательные вышки. Радиус действия датчиков обычно составляет от 5 до 40 км в зависимости от высоты сооружения и вида датчиков. Информация с датчиков отправляется на сервера программного комплекса системы, используя различные каналы связи: оптические, радиопроводные, GSM и другие сети.

Сведения о состоянии территории леса или защищаемой территории промышленного объекта передаются в программную часть системы, где с помощью специальных математических моделей они обрабатываются и анализируются. Система автоматически обнаружит и определит очаг горения, после чего эта информация поступит в специальные службы экстренного реагирования, используя встроенную систему оповещения, интернет и даже мобильные сети.

Важно иметь в виду, что:

- максимальная ошибка определения координат очага горения около 250 м;
 - точность определения направления на очаг горения составляет 0,5°;
 - время, требуемое для обзора одной точке – 10 мин.;
 - имеется возможность интеграции данных из других информационных систем метеорологических данных и данных спутникового мониторинга;
 - имеется возможность лёгкого масштабирования и расширения системы для увеличения площади наблюдения;
 - число пользователей с доступом к системе неограниченно;
 - имеется возможность получать информацию непосредственно на сотовые телефоны в реальном времени;
 - имеется возможность автоматически обнаруживать опасные факторы пожара – дым и пламя.
- Основными преимуществами системы раннего обнаружения горения являются:
- автоматизация процесса наблюдения;
 - централизованный мониторинг больших площадей;
 - возможность обнаружения горения на ранней стадии;
 - высокая точность обнаружения горения;
 - уменьшение роли человеческого фактора при обнаружении горения;
 - гибкие настройки системы в зависимости от условий местности и желания заказчика.

Функционал системы раннего обнаружения пожаров позволяет осуществлять следующие действия:

- получать доступ к системе из любого центра контроля, при наличии подключения к сети Интернет;
- возможность выбора любой доступной камеры для получения с нее видеоизображения;
- менять ориентацию камеры, как по азимуту, так и по высоте, менять ее приближение;
- устанавливать параметры получаемого с камеры видеоизображения, такие как разрешение и качество изображения (величина сжатия);
- изменять параметры используемой камерой инфракрасного фильтра для достижения приемлемых условий видимости в различных условиях;
- возможность получения информации о текущей ориентации камеры относительно севера (азимут) в виде числа и указания направления;
- получать информацию о текущем приближении камеры в виде числа и сектора обзора;
- возможность представления информации о местоположении видеокамер и их текущей ориентации;
- возможность управления камерой с помощью программных алгоритмов;
- возможность сохранения и доступа к сохраненным ориентациям камеры (привязкам) на заранее заданные объекты, например пожароопасные объекты, естественные ориентиры и т. д.;
- формировать маршруты патрулирования, предназначенные для автоматического сканирования заданной территории;
- запускать маршруты патрулирования по отдельности для выбираемых камер, а также последовательно несколько маршрутов на различных камерах путем формирования списка маршрутов для просмотра;
- запускать одновременно до четырех маршрутов патрулирования в одном окне, предназначенном для обзорного мониторинга сразу нескольких камер (требуется высокая пропускная способность каналов связи);
- возможность зациклить просмотр одного маршрута или группы маршрутов;
- возможность автоматического отключения приложения при долгосрочном отсутствии активности пользователя;
- сохранять текущее изображение с камеры в виде картинки и в виде видеофайла для дальнейшего просмотра и анализа;
- возможность автоматического обновления с минимальным участием пользователя для добавления новой функциональности и устранения программных ошибок в любом месте размещения;
- возможность работы нескольких пользователей с одной камерой в режиме разделения по времени с помощью механизма блокировок управления и просмотра;
- возможность маркировки различных объектов, предназначенных для выполнения процедур

по мониторингу леса (населенные пункты, ориентиры и т. д.);

- возможность отображения на видеоизображении, поступающем с камеры, объектов, попадающих в область обзора с обозначением типа объекта;
 - определять направление на видимый пожар при видимости с одной камеры с точностью $0,5^\circ$ и осуществлять маркировку данного объекта;
 - определять точные географические координаты видимого не менее чем с двух камер пожара с точностью 250 м и отображать его в информационной базе;
 - возможность определения квартала по географическим координатам;
 - возможность представления информации о текущей пожарной обстановке на мобильном телефоне;
 - определять координаты пожара на основе информации, поступающей от системы наземного мониторинга – с пожарно-наблюдательных вышек, осуществлять маркировку пожара;
 - возможность корректировки ориентации камеры при её физическом смещении, для сохранения всех привязок ориентации камеры;
 - возможность представления в едином информационном блоке информации с различных информационных источников (метеорологические данные, данные с системы спутникового мониторинга и др.);
 - возможность автоматического обнаружения очагов горения системой и оповещение об этом оператора при просмотре маршрутов патрулирования, а так же при выполнении мониторинга в ручном режиме;
 - сохранение фотоинформации и информации о направлении на потенциально опасный объект в архиве при автоматическом обнаружении очагов горения;
 - предоставление доступа к архиву потенциально опасных объектов, обнаруженных автоматической системой, с возможностью уточнения;
 - обмен оперативными сообщениями в рамках выполнения задач по обнаружению и ликвидации пожаров сложившейся ситуации с другими операторами;
 - получать уведомления, указания, рекомендации от администраторов по вопросам работы системы.
- Каналами передачи тревожного сигнала в системе раннего обнаружения горения являются не только сети интернет и мобильные сети, но и встроенная система оповещения.
- Система может оповестить о горении не только МЧС России, но и все необходимые службы, например, Департаменты лесного дозора, администрации предприятий, городов и населенных пунктов, районные администрации, а также экологические службы.
- Итак, система раннего обнаружения пожара позволяет на ранней стадии фиксировать очаг

возгорания вне зависимости от времени суток, погодных условий и типа местности, что безусловно делает систему универсальной для мониторинга не только лесных зон, находящихся вблизи городов и поселений, но и на территории производственного объекта.



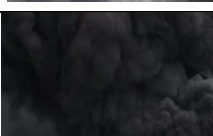




В рамках исследования нами разрабатываются программно-аппаратные средства для выявления возгораний на ранних стадиях с использованием искусственных нейронных сетей. Для этого была создана база данных типовых изображений возгораний на разных стадиях (например: белый, черный, серый, желтый, бурый дым, открытое пламя и изображение, не содержащее возгорание). Классифицировать планируется по данным показателям. Для выбора архитектуры искусственных нейронных сетей был проведен системный анализ изображений

возгораний по отобранным классам, основные признаки которых сведены в таблицу 1.

Дым является дисперсной системой, твердые частицы которой, так же, как и ядовитые газы, очень опасны для организма человека. Зоны задымленности при возгорании внутри здания, помещениях и на открытых площадках имеют свои особенности. В помещениях площадь зоны горения напрямую зависит как от условий распространения продуктов горения и газообмена с внешней средой, так и от свойств горящих веществ и материалов. Продукты горения, образующиеся над зоной горения в виде тепловой струи, образуют плотный слой дыма под перекрытием. При повышенном давлении в этой зоне газообразные нагретые продукты горения устремляются из горящего помещения через проемы и щели в окружающую среду, в смежные и в вышерасположенные помещения.

Таблица 1

База данных для нейросетевого распознавания производственных возгораний

Цвет дыма	Горящее вещество или материал	Типовой объект
Белый дым 	Калий металлический, магний, фосфор, натрий	Объекты химической, металлургической промышленности
Серый дым 	Древесина, шерсть, клей, кожа	Объекты деревообрабатывающего производства, склады леса, текстильное производство, ткацкие и хлопкопрядильные фабрики
Черный дым 	Нефтепродукты, резина, пластмассы, керосин, бензин, каучук	Нефтеперерабатывающее производство, каучуковое производство, автозаправочные станции, сливо-наливные эстакады, резервуарные парки, объекты нефтехимической промышленности
Бурый дым 	Хлопок, ткани	Текстильное производство, ткацкие и хлопкопрядильные фабрики, льнопенькозаводы
Желтый дым 	Бумага, сено, солома, пироксилин и другие азотистые вещества, нитрокраски, порох	Целлюлозно-бумажное производство, картонажные фабрики, агропромышленное производство, лакокрасочное производство, окрасочные камеры
Пламя 		Взрывопожароопасные объекты, производства с обращением твердых горючих веществ
Нет возгорания 		

По цвету дыма можно определить основной вид горящего вещества и материала и присутствие в них вредных газов, что имеет существенное значение при оценке обстановки на пожаре и при организации его тушения.

Например, плотный черный дым образуется при горении нефтепродуктов и резины, коричневый – при горении каменных углей, дым желтоватого оттенка – при горении сена, хлеба и торфа, серы дым – признак горения волос, кожи, клея, а белый дым указывает на горение фосфора, мышьяка, магния и т. д.




Визуальные признаки возгорания можно классифицировать по основным опасным факторам пожара – это факторы, воздействие которых может привести к травме, отравлению или гибели человека и (или) к материальному ущербу.

Классификация визуальных признаков возгорания по основным опасным факторам пожара представлена в таблице 2.

Таким образом, создано информационное обеспечение для построения нейросетевой системы выявления классификации возгораний. Использование такой системы предполагает наличие либо множества стационарных вэб-камер, установленных вблизи, например, зданий с массовым пребыванием людей или в непосредственной близости со взрывопожароопасными производственными объектами, зданиями и сооружениями, либо использовании каких-то других технических средств, беспилотников, включая квадрокоптеры, спутниковых изображений и других источников анализируемых изображений.

Таблица 2

Классификация визуальных признаков возгорания по основным опасным факторам пожара

Опасный фактор пожара		Характерный признак
Пламя, искры		Появление незначительного пламени, искр, звук потрескивающих горящих предметов, повышение температуры окружающей среды
Дым		Резкое снижение видимости, снижение кислорода в окружающей среде, невозможность дышать
Токсичные продукты горения		Невозможность дышать, резкое головокружение

В настоящее время разработан пилотный проект такой системы и осуществляется подбор и оптимизация параметров искусственной нейронной сети на основе сочетания полносвязных сверточных слоев, а также слоев других типов, что предполагает создание исследования архитектуры комбинированного типа.

Пилотный проект системы раннего обнаружения пожаров разрабатывается совместно с ГУ МЧС России по Волгоградской области. Планируется внедрение в тестовом режиме окружной интегрированной системы для оперативного обнаружения и мониторинга пожаров на одном из пожароопасных объектов г. Волгограда.

Система представляет собой аппаратно-программный комплекс, включающий точки видеомониторинга, систему оптической локации дыма, серверную платформу, специальное программное обеспечение, геоинформационную систему, средства обеспечения безопасности и каналы передачи данных.

Принцип работы системы

Камера видеонаблюдения фиксирует появление дыма, затем система определяет координаты и площадь возгорания. Сигнал о пожаре со всеми исходными данными в считанные секунды получают диспетчеры и принимают все необходимые меры по предотвращению возможных неблагоприятных последствий.

Данная система позволяет обеспечить двойной контроль за пожарной обстановкой на пожароопасном объекте. Так же системой будет охвачена прилегающая к объекту территория в радиусе 1 км.

В качестве перспектив развития проекта планируется возможность объединить систему мониторинга пожаров и систему экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Список литературы

1. Российская Федерация. Законы. О пожарной безопасности: Федеральный закон №69-ФЗ: [принят Государственной Думой 18 ноября 1994 года]. – Москва, Кремль, 1994. – 121 с.;
2. Российская Федерация. Законы. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: № 68-ФЗ:[принят Государственной Думой Государственной Думой 11 ноября 1994 года]. - Москва, Кремль, 1994. – 118 с.;
3. Федеральный закон от 27.06. 2006 № 149-ФЗ (ред. от 30.12.2021) «О информации, информационных технологиях и о защите информации» // Собрание законодательства РФ. – 31.07.2006. - № 31. – ст. 3448;
4. Постановление Правительства от 24.03.1997 г. № 334: (ред. от 20.09.2017) «О порядке сбора и обмена в Российской Федерации информацией в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера»: // В данном виде док. опубликован не был. – Доступ из СПС «Консультант Плюс»;
5. Каллан, Р. Нейронные сети : краткий справочник / Р. Каллан ; Саутгемптон.ин-т. - М. : 2017 - 279 с.;
6. Елисеев, А. С. Искусственный интеллект: что это: условное название или реальное намерение создать? / А. С. Елисеев. – М. : Дашков и К, 2018. - 33 с.;
7. Собурь, С.В. Пожарная безопасность предприятия: Курс пожарно-технического минимума: Учебно-справочное пособие / С.В.Собурь. — М. :ПожКнига, 2017. - 480 с.;
8. Зыков, В. И. Автоматизированные системы управления и связь : учебник / В. И. Зыков, В. В. Степанов, А. Б. Мосягин, А. Н. Петренко ; под общей ред. проф. В. И. Зыкова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2019 – 457 с.;
9. Загорюлько, Ю.А. Искусственный интеллект. Инженерия знаний :учеб.пособие для вузов / Ю.А. Загорюлько, Г.Б. Загорюлько; Новосиб. гос. унт. - М. :Юрайт, 2018. - 93 с.;
10. Касторнова, В.А. Системы искусственного интеллекта как технологическая основа решения задач обучения на примере предметной области "Информатика" / В.А. Касторнова // Педагогическая информатика. - 2018. - № 4. - с. 47-58;
11. Акинин, М. В. Нейросетевые системы искусственного интеллекта в задачах обработки изображений / М.В. Акинин, М.Б. Никифоров, А.И. Таганов. - М.: РиС, 2016. - 152 с.;
12. Ford M. Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future. - Basic Books, 2015 – P. 81;
13. Eddison L. Python Machine Learning: A Technical Approach To Python Machine Learning For Beginners / Leonard Eddison - CreateSpace Independent Publishing Platform. – 2018.-Mar. - P. 292;
14. Makridakis S. The forthcoming artificial intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms // Futures. – 2017 – Т. 90. – P. 46-60;
15. Есмагамбетов Т. У. Моделирование трехуровневой системы управления процессами экстренного реагирования / Т. У. Есмагамбетов, О. М. Шиккульская // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 4 (30). – С. 118–124;
16. Есмагамбетов Т. У., Шиккульская М. И., Шиккульская О. М. Система информационно-аналитической поддержки управления процессами экстренного реагирования на ЧС и пожары // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. № 4 (38). С. 73–79.

© **О. М. Шиккульская, И. Т. Богатырев, Г. Н. Попов, В. В. Самсонов**

Ссылка для цитирования

Рогова Ю. А. Программно-аппаратный комплекс раннего оповещения о пожаре на основе дистанционного наблюдения и интеллектуального нейросетевого распознавания // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 2 (40). С. 143–148.