

теплового извещателя в котором температура срабатывания или время обнаружения пожара будет определяться скоростью нарастания температуры воздушного потока, соответствующей пожару. Управление температурой срабатывания извещателя осуществляются автоматически блоком управления, представляющим из себя либо единое целое с датчиком температуры, либо отдельно расположенным.

Управление извещателем может осуществляться как по командам дополнительных датчиков, так и по командам самого технологического оборудования. Например, оборудование находится в технологическом цикле с минимальным тепловыделением, которое способно вызвать рост температуры со скоростью 1 °С/мин. В этом случае по соответствующей команде показатели чувствительности извещателя автоматически «повышаются», при работе в более «тяжелом» цикле – «понижаются». Аналогичным образом это можно осуществить по сигналам от других датчиков (температуры, освещенности, загазованности и т. п.), реализовав дополнительный канал контроля. Если извещатель

контролирует время срабатывания, то по соответствующей команде извещатель сформирует сигнал «пожар» через 29 мин, когда температура изменится на 29 °С и достигнет значения 34 °С при температуре окружающей среды 5 °С. Если тепловыделение и как следствие этого скорость роста температуры больше, то время срабатывания извещателя будет меньше, а температура ниже.

Таким образом используя автоматический программируемый тепловой извещатель, можно существенно повысить эффективность обнаружения возгорания без риска ложных срабатываний. Практическое применение продемонстрировало его высокую эффективность в системах пожаротушения транспортных средств.

Литература

1. Recent Advances on Early-Stage Fire-Warning Systems: Mechanism, Performance, and Perspective / Xiaolu Li [et al.] // Nano-Micro Lett. – 2022. – Vol. 14.
2. Development of a machine-learning approach for identifying the stages of fire development in residential room fires / H. Fang et al.] // Fire Saf. J. – 2021. – Vol. 126.

УДК 629.8

УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ОРБИТ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМОЙ ОБРАБОТКИ ВИДЕОДАНЫХ

Баранова В.С., Спиридонов А.А., Лешкевич С.В., Ушаков Д.В., Саечников В.А.

*Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе представлены аппаратная и программная реализация архитектуры системы обработки видео данных, интегрированная в оптическую наземную станцию наблюдения за низкоорбитальными космическими объектами Белорусского государственного университета. Система позволяет проводить угловые измерения орбит и идентификацию космических объектов до 7-ой звездной величины в режиме автономного динамического детектирования с точностью до 0,1 град. и независимой временной синхронизацией с точностью до 1 мс.

Ключевые слова: низкоорбитальный космический объект, оптическая станция наблюдения, угловые измерения орбиты, обработка видеоданных.

SPACE OBJECTS ORBIT ANGULAR MEASUREMENTS BY VIDEO DATA PROCESSING SYSTEM

Baranova V., Spiridonov A., Liashevich S., Ushakov D., Saetchnikov V.

*Belarusian State University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The paper presents the video data processing system architecture hardware and software implementation integrated into the optical ground station for monitoring low-orbit space objects of the Belarusian State University. The system allows carrying out orbit angular measurements and space objects identification up to the 7th magnitude in the autonomous dynamic detection mode with an accuracy of 0.1 deg. and independent time synchronization with an accuracy of 1 ms.

Key words: low-orbit space object, optical observation station, orbit angular measurements, video data processing.

*Адрес для переписки: Баранова В.С., ул. Курчатова, 5, Минск 220108, Республика Беларусь
e-mail: vbaranova@bsu.by*

Введение. Методы обработки видеоданных в режиме реального времени позволяют разрабатывать автономные программируемые системы распознавания для астрометрических измерений,

проводимых наземными оптическими станциями. Астрометрические измерения подразумевают определение угловых небесных координат космического объекта в нескольких точках во время его

пролета над пунктом наблюдения с последующей его идентификацией [1].

В работе представлена система обработки видео данных наземной оптической станции наблюдения [2], используемая для угловых измерений орбит космических объектов.

Архитектура системы обработки видео данных. Основные аппаратные и программные компоненты представлены на рис. 1 и включают: компьютеризированное поворотное устройство с сидерическим слежением и максимальной скоростью движения 4 град/сек, оптическую систему с эффективным полем зрения 8°14 угловых минут на базе широкоугольного апохроматического объектива и полноформатной камеры со скоростью передачи видео данных через HDMI порт до 480 Мбит/с, блок синхронизации времени с функциональными компонентами в виде платы Raspberry Pi 4 и лазера мощностью 5 мВт длиной волны 650 нм, встроенного в призматический корпус для направления импульсного мигания частотой 0,1 Гц в поле зрения объектива, программный блок управления поворотным устройством и считывания данных угловых координат, программный блок считывания видео данных в режиме наблюдения, программный блок обработки видео данных для детектирования космического объекта, программный блок идентификации обнаруженного космического объекта (рис. 1).

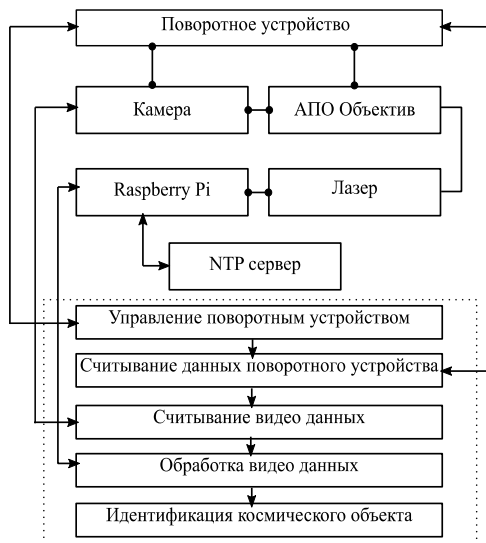
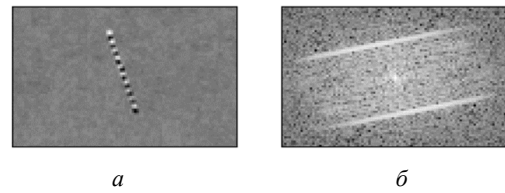


Рисунок 1 – Архитектура системы обработки видеоданных

Метод обработки видеоданных. Видео обработка выступает в качестве оптимизации программных компонентов обнаружения космических объектов, создавая интерактивную платформу всех модулей обработки – фильтрацию, сегментацию, обнаружение, астрометрическую калибровку, конвертацию значений пикселей в угловые координаты и идентификацию космического объекта.

В предлагаемой архитектуре системы обработки видео данных используется метод дифференциации кадров с элементами оптимальной фильтрации для исключения появления шумовых выбросов при обнаружении космических объектов. Шумовые выбросы провоцируются различной степенью тусклости космических объектов, эффектом мерцания звезд и нестабильной турбулентностью атмосферы. Для обнаружения, определения скорости и ориентации движения космического объекта в плоскости кадра используются методы Фурье анализа [3]. Фурье образ разностного изображения 20 последовательных кадров с размером окна 64×96 представлен на рис. 2, а и б).



а – разностное изображение 20 последовательных кадров, б – амплитудный спектр разностного изображения

Рисунок 2 – Фурье анализ разностного изображения

Для преобразования координат пикселей в угловые координаты алгоритм дополнен модифицированной астрометрической калибровкой на основе данных обратной связи с компьютеризированным поворотным устройством оптической системы. Синхронизация времени осуществляется привязкой импульсных миганий лазера к одноранговым эталонным часам удаленных серверов.

Результаты наблюдений. В процессе сопровождения космического объекта методом прыжков предложенная система осуществляет обработку видеопотока, обнаружение объекта в плоскости кадра, конвертацию координат пикселей в угловые небесные координаты, считывание координат в текстовый файл с соответствующими временными метками модуля синхронизации времени, а также идентификацию космического объекта на основе полученных данных. В рамках экспериментальной съемки с целью верификации работы алгоритмов обнаружения системой обработки видео данных и проверки точности определения угловых координат детектируемого космического объекта проведены серии наблюдения.

Согласно сведениям о предстоящих видимых пролетах над точкой наблюдения с координатами 53° 54' 16,2" с.ш, 27° 32' 43,4" в.д. проводилось наведение оптической системы на космический объект для интервальной видео съемки с частотой 25 к/с. Масштабирование долей градусов топоцентрической экваториальной системы координат прямого восхождения (RA) и склонения (Dec) составило 0,000811 RA /пиксель, 0,001928 DEC /пиксель соответственно.

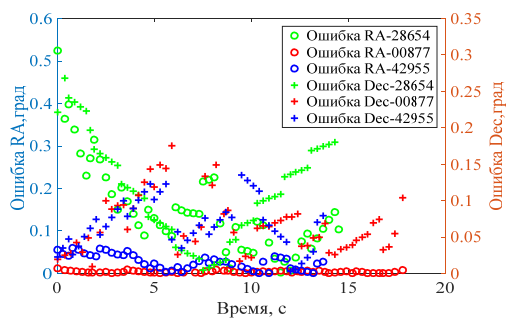


Рисунок 3 – Распределение ошибки угловых измерений

Для оценки точности определения угловых координат детектированных космических объектов разработанной системы проводилось сравнение полученных угловых координат следующих космических объектов с предсказанными значениями SGP модели: NOAA 18(28654), IRIDIUM 133(42955), SL-3 R/B(00877). Распределение ошибки измерения иллюстрирует рис. 4. Исходя из

полученных результатов, следует заключить, что средняя ошибка угловых измерений системой обработки видеоданных составляет 0,1 град в направлении прямого восхождения (*RA*) и 0,05 град. в направлении склонения (*Dec*). Полученные данные позволяют однозначно детектировать и идентифицировать космические объекты.

Литература

1. Baranova, V. S. Autonomous Streaming Space Objects Detection Based on a Remote Optical System / V. S. Baranova, V. A. Saetchnikov, A. A. Spiridonov // Devices and Methods of Measurements. – 2021. – Vol. 12. – P. 272–279.
2. University Mobile Optical Surveillance System For Low-Earth Space Object Orbit Determination / A. Spiridonov [et al.] // Proc. 2022 IEEE 9th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace), Pisa, Italy, 27–29 June 2022 / IEEE; edited by M. Marracci. – 2022. – P. 486–490.
3. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.

УДК 621.314

ДИАГНОСТИКА МЕЖВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ В ТРАНСФОРМАТОРАХ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРНОГО УЧЕТА ДАННЫХ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Громько И.Л., Белькин В.О.

Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрены методы диагностики межвитковых замыканий трансформатора с помощью комплексного анализа данных и сверточных нейронных сетей. Применение искусственного интеллекта позволит в режиме реального времени, не выводя оборудование из работы, анализировать информацию, классифицировать различные отклонения и диагностировать дефекты.

Ключевые слова: трансформатор, нейронная сеть, диагностика, классификация, прибор.

DIAGNOSTICS OF INTER-TURN CIRCUITS IN TRANSFORMERS USING INSTRUMENT DATA ACCOUNTING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Hramyka I., Belkin V.

Belarusian State University of Transport
Gomel, Republic of Belarus

Abstract. The article discusses methods for diagnosing transformer inter-turn circuits using complex data analysis and convolutional neural networks. The use of artificial intelligence will allow analyzing information in real time, classifying various deviations and diagnosing defects without taking the equipment out of operation.

Key words: Transformer, neural network, diagnostics, classification, device.

Адрес для переписки: Громько И.Л., ул. Громовой, 3, кв. 27, Гомель 246030, Республика Беларусь
e-mail: ivangromyko95@mail.ru

На сегодняшний день более 50 % трансформаторов системы электроснабжения железнодорожной отрасли страны отработали установленный срок службы – 25 лет. В соответствии с положением разработан новый комплексный метод технической диагностики, который позволяет повысить надежность работающих трансформаторов; сократить время ремонтов; увеличить срок службы трансформаторов; значительно сократить стоимость ремонтных работ.

Суть метода заключается в следующем: первичные преобразователи подключаются к трансформатору, регистрируют параметры и отправляют сигнал в базовый блок микроконтроллера

прибора, в котором искусственный интеллект сравнивает измеренные значения с заданными и классифицирует неисправность.

При проведении экспериментальных исследований, были предусмотрены следующие мероприятия:

- МКЗ проводились в режиме реального времени на первичной и вторичной обмотках однофазного трансформатора с воздушным охлаждением;
- МКЗ выполнялось на двух, пяти и десяти витках;

В тоже время проводился анализ информации с использованием следующих данных: