



### **Заключение**

Представленная методика планирования работы целевой аппаратуры группировки КА ДЗЗ при наблюдении обширных территорий позволяет составить план работы целевой аппаратуры группировки КА, оптимальный с точки зрения ЦФ (1).

В перспективе возможна реализация адаптивного алгоритма планирования работы целевой аппаратуры группировки КА ДЗЗ, который будет составлять план съемки всего района и динамически вносить в него корректировки с учетом изменений ограничений и ресурсов для планирования.

### **Литература**

1 Дарнопых, В.В. Автоматизация параметрического анализа целевого функционирования космических систем дистанционного зондирования Земли/ В.В. Дарнопых, И.В. Усовик// Электронный журнал «Труды МАИ» [Электронный ресурс] – <http://trudymai.ru/upload/iblock/d83/avtomatizatsiya-parametricheskogo-analiza-tselevogo-funktsionirovaniya-kosmicheskikh-sistem-distantionnogo-zondirovaniya-zemli.pdf> (дата обращения 10.03.2018)

2 Дарнопых, В.В. Автоматизированный программный комплекс для параметрического анализа и оптимизации планирования целевого функционирования космических систем ДЗЗ/ В.В. Дарнопых, И.В. Усовик// Электронный журнал «Труды МАИ» [Электронный ресурс] – <http://trudymai.ru/upload/iblock/b04/b0489e8a6d6dfc68189905fb36860979.pdf> (дата обращения 10.03.2018)

3 Соллогуб, А.В. Космические аппараты систем зондирования поверхности Земли [Текст]/ А.В. Соллогуб, Г.П. Аншаков, В.В. Данилов// – М.: Машиностроение, 2009. – 368 с.

4 Liu, S. (2014). Remote Sensing Satellite Image Acquisition Planning: Framework, Methods and Application. (Doctoral dissertation). [Электронный ресурс] – <https://scholarcommons.sc.edu/etd/2938> (дата обращения 11.03.2018)

Р.В. Гирин

## **ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОБЪЕКТОВ ПО ТЕРМОГРАММАМ**

(Самарский государственный технический университет)

Требования к надежности сложных технических систем приводят к необходимости проведения непрерывного контроля для выявления дефектов и прогнозирования работоспособности. Использование специальных встроенных средств измерения позволяет оценить техническое состояние объекта и выполнить такой прогноз. Однако во многих случаях обработка большого числа измерительных сигналов требует времени и принятие решения о появлении дефектов и отказов производится слишком поздно.



Целесообразно использовать методы экспресс-анализа, оценивающие техническое состояние объекта по интегральным характеристикам. Одним из таких методов является анализ температурных полей исследуемого объекта, полученных бесконтактным способом с помощью инфракрасной термографии [1, 2]. В работах [3 - 5] предложено использовать термограммы для контроля электронных приборов в процессе испытаний и эксплуатации. Этот метод может быть распространен и на другие технические объекты, тепловое состояние поверхностей которых несет информацию о работоспособности систем, функционирующих внутри объекта.

Информационная система диагностики на основе инфракрасной термографии содержит:

- объект исследований;
- тепловизор модели NEC R500 в качестве первичного датчика температуры поверхности;
- измерительные каналы;
- блок анализа термограмм;
- базу данных термограмм, полученных в предыдущие периоды измерений;
- систему управления режимами функционирования объекта.

Основные процедуры контроля и принятия решений о работоспособности объекта выполняются в блоке анализа термограмм. Полученная от тепловизора и обработанная термограмма в реальном времени сравнивается с температурными образцами объекта, классифицированными по различным состояниям, которые соответствуют отказам или дефектам в аппаратуре объекта. Для выполнения такого сравнения разработана искусственная нейронная сеть ИНС, в функции которой входит категорирование изображений термограмм. Она представляет собой программную реализацию в составе блока анализа термограмм.

В настоящее время существует большое количество различных архитектур ИНС, подходящих для решения той или иной задачи. Известно, что конволюционные нейронные сети эффективно обрабатывают растровые изображения [6, 7]. В нашем случае проблема заключается в том, что нескольким разновидностям отказов или неисправностей в контролируемом объекте может соответствовать одна и та же термограмма. Для дифференциации таких ситуаций необходимо использовать в ИНС дополнительную информацию. Подобные дополнительные сведения – это информация, получаемая от датчиков, измеряющих параметры технического состояния контролируемого объекта. Как правило, во многих системах управления сложными объектами есть встроенные средства контроля основных параметров в режиме эксплуатации. Это использовано при построении архитектуры ИНС для технической диагностики методом термографии.

Предлагаемая искусственная нейронная сеть состоит из двух ветвей. Основная ветвь – это широко применяемая конволюционная ИНС. Она представляет собой несколько конволюционных слоев, объединенных в сеть прямого



прохождения сигнала. На вход данной ветви ИНС подается растровое изображение термограммы. Выходной сигнал  $S_1$  этой ветви формируется последним конволюционным слоем.

После конволюционных слоев следует полносвязный слой с многосверточной функцией активации. Для учета сигнала дополнительных датчиков в структуру ИНС была добавлена вспомогательная ветвь. Она представлена в виде полносвязного слоя нейронов. На ее вход подается вектор данных, полученных от вспомогательных датчиков электронного блока системы управления. Вектор выходного сигнала  $S_2$  этого слоя объединяется с вектором выходного сигнала последнего конволюционного слоя главной ветви, и полученный объединенный вектор  $S_m$  передается на вход слоя, выполняющего нелинейную или двустадийную линейную нормализацию [8]. На этом слое, являющемся выходным слоем для всей ИНС, выполняется категоризация неисправности контролируемого блока.

Для обучения ИНС используется информация о предыдущих измерениях термограмм, которая хранится в базе данных. При этом формируется также обучающая выборка в виде теоретических термограмм, полученных на математических моделях температурных полей объекта. В такие модели вводятся условия, соответствующие тому или иному виду возможного дефекта. Путем варьирования величиной мощности и координатами источников тепла можно провести имитацию неправильного функционирования аппаратуры.

Таким образом, весь процесс обучения ИНС можно разделить на два этапа: тренировка на общей обучающей выборке и дообучение на ряде термограмм, снятых с отдельно взятого контролируемого объекта. В результате были сформированы несколько вариаций изображений, соответствующих различным категориям диагностируемых неисправностей. Эти изображения были верифицированы путем их сопоставления с реальными термограммами, характерными для каждой из неисправностей. Так была сформирована репрезентативная выборка изображений для обучения ИНС.

Предлагаемый подход к задаче контроля технического состояния сложных объектам по тепловому состоянию, позволяет обнаруживать их неисправности в реальном времени. Применение искусственной нейронной сети и базы данных дает возможность не только идентифицировать неисправности, но и решать задачу прогнозирования работоспособности объектов.

### Литература

1. Афонин А.В. Инфракрасная термография в энергетике. Т. 1. Основы инфракрасной термографии/А.В. Афонин, Р.К. Ньюпорт, В.С. Поляков, С.С. Сергеев, А.И. Таджибаев. – СПб.: ПЭИПК, 2000. – 240 с.
2. ГОСТ Р ИСО 18434-1-2013. Контроль состояния и диагностики машин. Термография. Часть 1. Общие методы. – М.: Стандартинформ, 2014.
3. Ахполова Е.А. Техническая диагностика опико-электронного преобразователя системы дистанционного зондирования Земли/Е.А. Ахполова,



С.П.Орлов//Вестник Волжского университета им. Татищева. – 2015. – № 2(24). – С.63-71.

4. Орлов, С.П. Техническая диагностика радиоэлектронных блоков по тепловым полям элементов/ С.П.Орлов, Е.А. Ахполова // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2016): труды Международной научно-технической конференции/под ред.С.А.Проخورова - Самара: Изд. Самарского научного центра РАН, 2016. - С.139-142.

5. Орлов С.П. Метод термографии при контроле электронной аппаратуры авиационной техники/С.П. Орлов, О.Ю. Уютова// Наука и образование транспорту: труды IX Международной научной конф. (Самара, 19-21 октября 2016). – Самара, 2016. – Т. 2. – С. 70-71.

6. Haykin S. Neural networks. A Comprehensive Foundation. Second Edition. Prentice Hall, 1999.

7. LeCun Y., Bottou L., Bengio Y., Haffner P., Gradient-based learning applied to document recognition. (pp. 306-351). IEEE Press, 1998.

8. Гири́н Р.В. Двухстадийная нормализация выходных сигналов искусственных нейронных сетей /Р.В.Гири́н, С.П. Орлов//Вестник Самарского гос. тех. ун-та. Серия «Технические науки». – 2017. – № 4(56). – С.7-16.

В.И. Жирнов\*, Н.М. Виштак\*\*, И.А. Штырова\*\*

## МОДУЛЬ ИНДЕКСАЦИИ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

(\*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет (МИФИ)», г. Москва.

\*\*Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет (МИФИ)», г. Балаково)

В настоящее время автоматизированные информационные системы на предприятиях обрабатывают колоссальные объемы данных. В том числе, системы электронного документооборота (СЭД), используемые на предприятиях, предназначены для централизованной обработки больших массивов слабоструктурированных или неструктурированных данных [1,2,3 и др.].

Слабоструктурированными являются данные, формат хранения которых предполагает, что структура документов не может быть задана заранее и может изменяться во время эксплуатации информационной системы [4,5 и др.].

. В отличие от полностью неструктурированных данных, слабоструктурированным данным характерно иметь некоторые форматы и правила в общем виде, что позволяет с небольшими затратами привести их к структурированному виду.