

УДК 535.232.1

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
ПРИ ПОСТРОЕНИИ
МНОГОКАНАЛЬНЫХ ПИРОМЕТРОВ**

Е.В. Плоткин, А.Б. Ионов, Б.П. Ионов

Омский государственный технический университет

E-mail: ega-vp@mail.ru

Плоткин Егор Владимирович, инженер кафедры «Радиотехнические устройства и системы диагностики» ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет».

E-mail: ega-vp@mail.ru

Область научных интересов: цифровая обработка сигналов.

Ионов Антон Борисович, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Радиотехнические устройства и системы диагностики» ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет».

E-mail: antionov@mail.ru

Область научных интересов: приборостроение, статистическая радиотехника.

Ионов Борис Петрович, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. кафедры «Радиотехнические устройства и системы диагностики» ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет».

E-mail: antionov@mail.ru

Область научных интересов: бесконтактное измерение температуры.

Показана возможность использования нейронной сети в качестве алгоритмов обработки данных в многодиапазонных пирометрах. Проведено исследование нейронной сети, предназначенной для компенсации коэффициента излучения объекта.

Ключевые слова:

Пирометр, нейронная сеть, температура.

В настоящее время методы теплового неразрушающего контроля, предполагающие бесконтактное измерение температуры, находят все большее применение на практике [1]. Несмотря на достоинства контактных средств измерения, область их применения ограничена, в частности, невозможностью продолжительного измерения высоких температур. Главным достоинством пирометрических и тепловизионных систем является отсутствие необходимости непосредственного контакта с объектом контроля. Тем не менее, бесконтактным методам измерения присущи свои недостатки, описываемые ниже.

Во-первых, первичная настройка (калибровка) любого пирометра (тепловизора) проходит в лабораторных условиях с использованием «эталонного» объекта – абсолютно черного тела (АЧТ), коэффициент излучения которого близок к единице. Значение данного параметра у реальных физических объектов может существенно отличаться от эталонного. В результате, показания прибора оказываются заниженными, а предусмотренный в большинстве моделей пирометров механизм компенсации этого

эффекта не дает нужного результата, поскольку используемая информация «извне» зачастую не является достоверной.

Во-вторых, в реальных производственных условиях на процесс измерения воздействуют многочисленные внешние факторы: отраженное излучения от расположенных рядом нагретых тел, поглощение излучения атмосферными газами (в частности – водяным паром), рассеяние его аэрозолями (пыль, дым, осадки, туман) и т. п. Помимо всего прочего, данные факторы зачастую характеризуются существенной нестационарностью, что приводит к возникновению дополнительной погрешности [2].

В настоящее время наибольшее распространение на практике получили одноканальные пирометры: полного и частичного излучения. Основными их достоинствами являются простота и относительная дешевизна. На рис. 1 показан пример радиометрической цепочки (описывающей совокупность эффектов в системе «объект–среда распространения–пирометр») при использовании одноканального пирометра. Стоит обратить внимание, что в данном случае используется один приемник оптического излучения, что существенно упрощает процедуру обработки сигналов.

Перечисленные выше недостатки в полной мере относятся к одноканальным пирометрам, являющимся классическими бесконтактными измерителями температуры. На производстве это может привести к значительной погрешности, достигающей десятков и сотен градусов. При решении задач предупреждения аварий и контроля технологических процессов на промышленном предприятии указанная величина погрешности является недопустимой.



Рис. 1. Радиометрическая цепочка для одноканального пирометра: CP – среда распространения; УС – усилитель входного сигнала; СО – система обработки; РТ – температура в понятном для оператора коде

Развитие бесконтактных средств измерения температуры привело к появлению более сложных и совершенных многоканальных пирометров. За счет использования нескольких приемников оптического излучения, чувствительных к разным участкам спектра, значительно повышается информативность регистрируемой измерительной информации. Таким образом, становится потенциально возможным устранить (снизить) влияние ряда внешних факторов на температурные показания за счет проведения соответствующей обработки внутри прибора. Радиометрическая цепочка в случае использования многоканального пирометра показана на рис. 2.

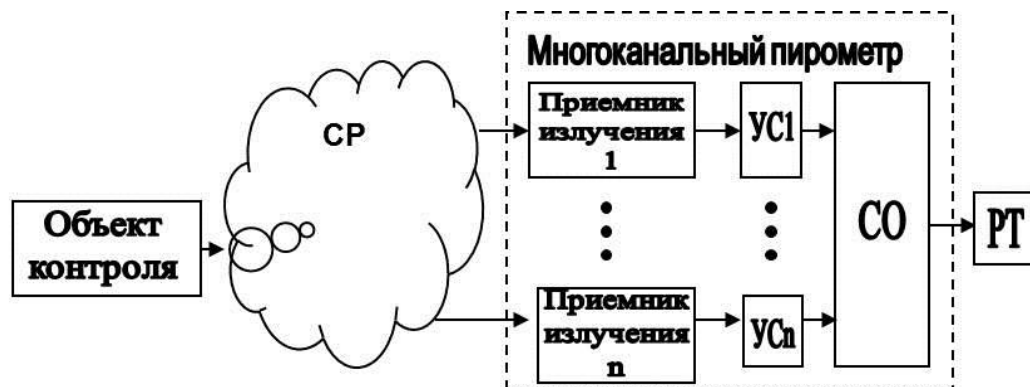


Рис. 2. Радиометрическая цепочка для многоканального пирометра: CP – среда распространения; УС – усилители входных сигналов; СО – система обработки; РТ – температура в понятном для оператора коде

Наличие нескольких приемников излучения приводит к достаточно сложной измерительной модели и создает существенные трудности при разработке алгоритма работы такого прибора, а также при его настройке. В настоящей работе исследуется возможность использования теории нейронных сетей при создании алгоритма обработки данных для многоканального пирометра [3]. В этом случае в качестве входных параметров для нейронной сети выступают сигналы приемников излучения, а выходной величиной является искомая оценка температуры объекта.

Предлагаемая концепция построения алгоритма обработки данных пирометра основана на том постулате, что в большинстве случаев в реальных условиях на каком-либо производстве на процесс измерения температуры действует вполне определенный (уникальный с точки зрения степени влияния) набор внешних факторов, при этом ряд из них, как правило, проявляется слабо или отсутствует совсем. Таким образом, в идеальном случае каждый пирометр должен иметь уникальный алгоритм обработки данных, адаптированный под условия конкретной ра-

бочей зоны. Данная функциональность может быть реализована за счет соответствующего «дообучения» нейронной сети пирометра непосредственно на производстве (в процессе эксплуатации).

Следует отметить, что особо актуальным является использование такого подхода для построения стационарных систем непрерывного пирометрического мониторинга в реальном времени, которые, как правило, имеют в своем составе компьютер. Тогда реализация алгоритма обработки данных, предусматривающего достаточно трудоемкие расчеты, может быть осуществлена с использованием вычислительных возможностей ПК. На первом этапе реализации подобной системы предлагается использовать надстройку «Neural Network» системы MATLAB для организации работы с нейронной сетью.

Первичные исследования, проведенные с целью выбора структуры нейронной сети, подходящей для данного применения, привели к целесообразности использования двухслойной структуры (обобщенный пример показан на рис. 3).

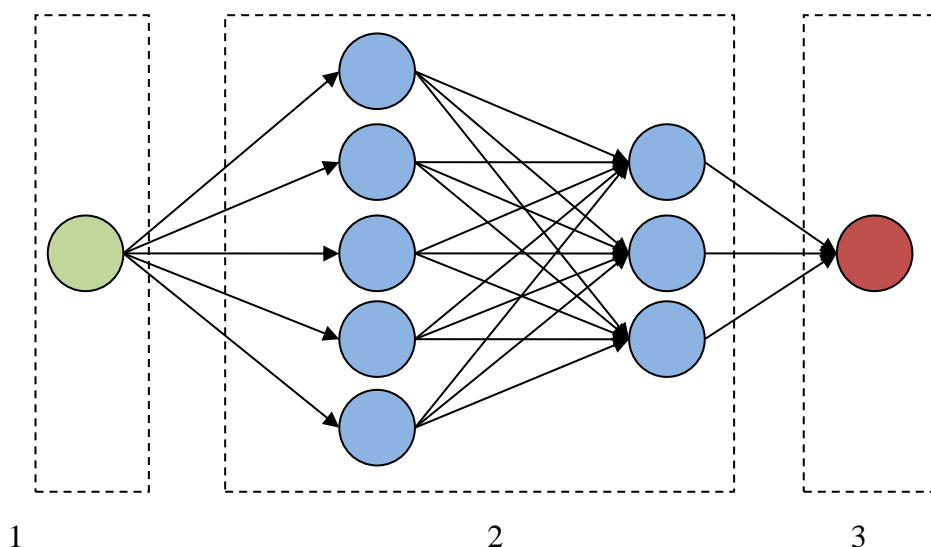


Рис. 3. Пример двухслойной нейронной сети: 1 – входной нейрон; 2 – скрытые слои; 3 – выходной нейрон

Для более детального изучения был выбран трехканальный пирометр, содержащий один широкополосный датчик и два узкополосных (относящихся к спектральному диапазону 2...5 мкм). Соответствующая нейронная сеть имеет два слоя, каждый из которых состоит из 10 элементов. На вход сети подаются 6 сигналов, представляющих собой информацию с выходов трех приемников излучения (detector1–3), а также значения их попарных отношений. Получившаяся структура нейронной сети показана на рис. 4.

В рамках настоящей работы была поставлена первичная цель реализации возможности устранения влияния интегрального коэффициента излучения объекта (или коэффициента пропускания атмосферы) с помощью алгоритма на основе нейронной сети. В качестве исходных данных использовалась информация, полученная путем моделирования сигналов с выходов датчиков (на основе закона Планка) для измеряемых температур 200...600 °С.

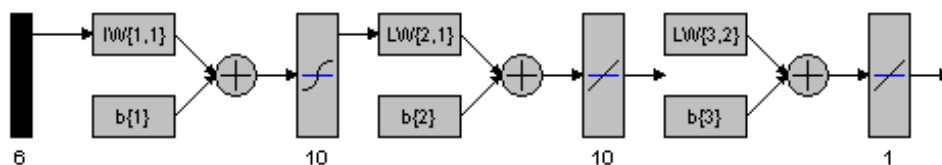


Рис. 4. Структура исследуемой нейронной сети

В целом, этап обучения нейронной сети в данном случае имеет характерные особенности. На практике, предварительная настройка пирометра осуществляется с использованием ре-

гулируемого (по температуре) абсолютно черного тела – для каждого приемника излучения фиксируется значение его выходного сигнала в определенных температурных точках.

Результаты подобной настройки заносятся в базу данных, которая в рамках текущего исследования заполнялась путем моделирования: для объекта с интегральным коэффициентом излучения ϵ , равным 1 (рис. 5), а также для объекта с $\epsilon = 0,9$. В дальнейшем указанная база данных может пополняться уже при эксплуатации прибора: как правило, оператор время от времени имеет возможность измерять температуру объекта альтернативным (более точным) способом, что позволяет устанавливать дополнительные соотношения между выходными сигналами приемников и искомой температурой в конкретных условиях.

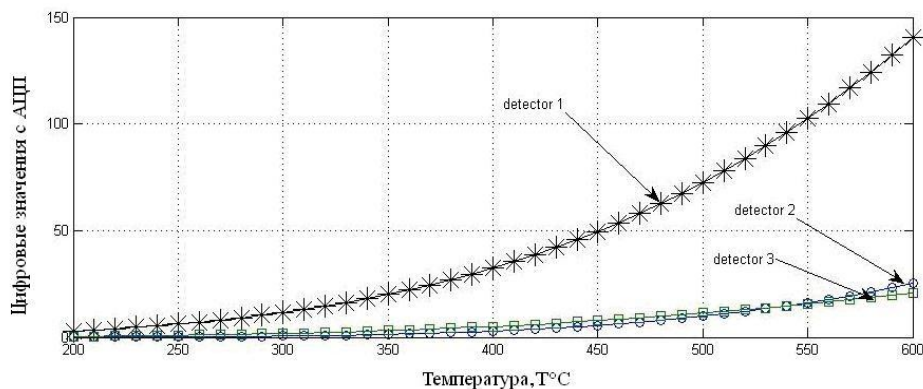


Рис. 5. Обучающая выборка (эталонные значения с приемников излучения): АЦП – аналого-цифровой преобразователь

В рассматриваемом примере обучение нейронной сети происходило с использованием алгоритма обратного распространения ошибки. Целью обучения являлся подбор оптимальных весовых коэффициентов для качественной аппроксимации соотношений (между сигналами приемников и температурой), заложенных в базу данных (рис. 6). Исследование показало, что после 451 эпохи обучения веса всех связей между нейронами были подобраны с достаточно высокой степенью точности. При этом ошибка обучения (относительно эталонных данных) составила менее 10^{-3} градуса. Очевидно, что дальнейшее повышение точности за счет увеличения числа эпохи обучения практически невозможно. В этом случае необходимо совершенствовать структуру нейронной сети.

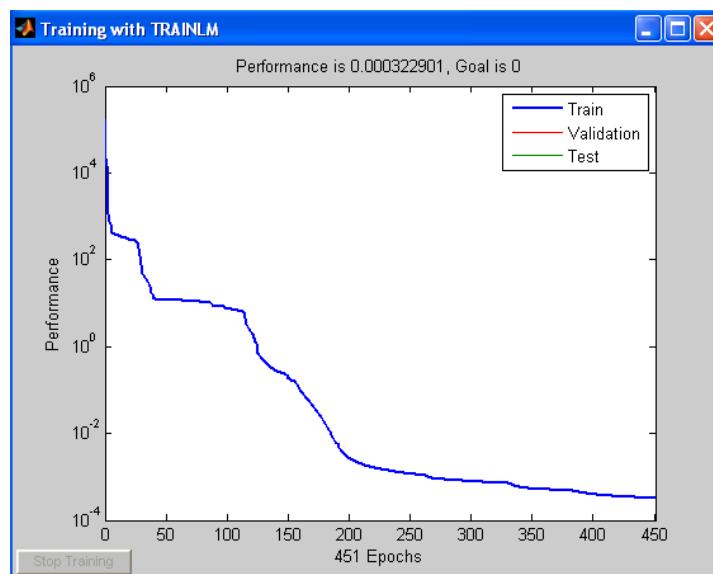


Рис. 6. Обучение нейронной сети

Для проверки качества функционирования алгоритма на основе обученной нейронной сети был смоделирован процесс бесконтактного измерения температуры объекта с интегральным коэффициентом черноты 0,8 (рис. 7). На рис. 8 показан график получившейся погрешности, из которого следует, что максимальное отклонение показаний прибора от истинного значения не превышает 0,4 °С. Таким образом, точность измерения полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 28243-96, что говорит о возможности использования нейронной сети выбранной конфигурации для реализации алгоритма работы многоканального пирометра.

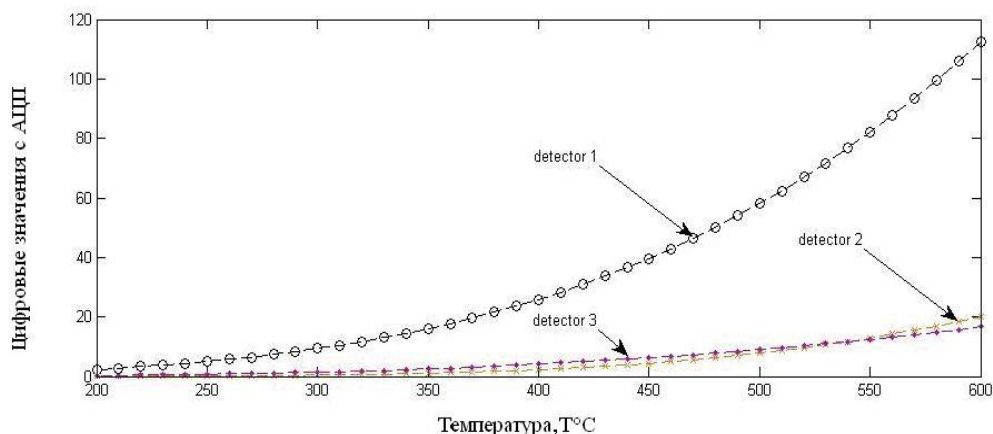


Рис. 7. Сигналы с выходов приемников излучения, соответствующих процессу измерения температуры объекта с коэффициентом излучения 0,8

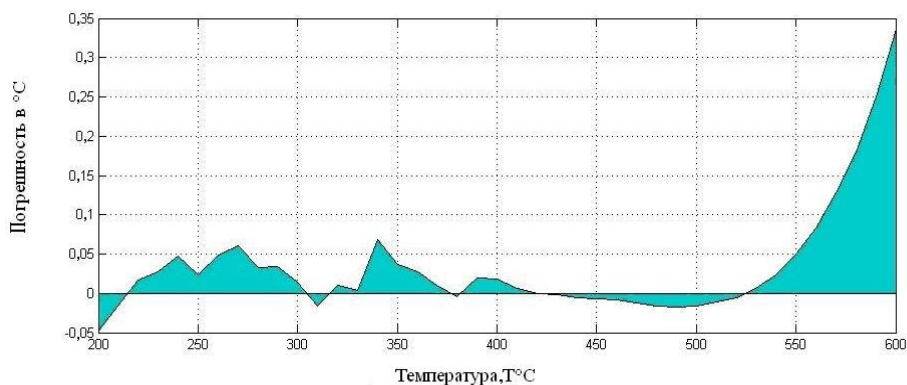


Рис. 8. Зависимость погрешности от температуры объекта

В заключение необходимо отметить, что нейронные сети потенциально предоставляют большие возможности для обработки информации в многоканальных пирометрах. Однако, в зависимости от конкретных условий измерения оптимальная структура нейронной сети, очевидно, должна быть разной. В рамках данной работы была рассмотрена нейронная сеть, ориентированная на компенсацию коэффициента излучения объекта. В перспективе, ближайшей целью является модификация предложенной нейронной сети для повышения достоверности измерений в реальных условиях. Данная работа ведется на кафедре «Радиотехнические устройства и системы диагностики» Омского государственного технического университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. – М.: ИД Спектр, 2009. – 544 с.
2. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение. – М.: Мир, 1988. – 416 с.
3. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 287 с.

Поступила 27.11.2012 г.