



А.О. Новиков, И.А. Лёзин

## СИСТЕМА КОЛОРИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Преобразование пикселя изображения в оттенках серого в соответствующий пиксель цветного изображения само по себе невозможно. Один пиксель серого цвета, то есть яркости, соответствует множеству цветных пикселей. Это означает, что для раскраски любого изображения информации о лишь яркости каждого его пикселя по отдельности недостаточно. Группа же пикселей, которая в общем случае может так же не обладать достаточной информацией для раскраски изображения, в фотографиях реального мира несет дополнительную информацию, которая может быть использована. Колоризация именно фотографий реального мира, раскраска которых чаще всего и требуется, и рассматривается в данной работе.

Фотографии реального мира могут нести в себе информацию о месте съемки, типах объектов в кадре, типах поверхности предметов, времени года и многом другом, что все вместе сужает спектр возможных вариантов колоризации изображения. Чтобы задействовать эту информацию, она должна быть извлечена. В зависимости от применяемого алгоритма колоризации изображения, извлечение и задействование этой информации может происходить неявно, как результат естественной работы алгоритма, в чем хороши технологии глубокого обучения [1], или отдельно, а затем комбинироваться с алгоритмами непосредственной раскраски.

В данной работе рассматривается комбинированный вариант – изображение фрагментируется на части по типу их тематики, а затем каждая раскрашивается по отдельности. Для фрагментации изображения применяется широко используемый метод, основанный на взвешенном графе [2]. Узлы графа – пиксели изображения. Каждый узел имеет четыре ребра, ведущих к соседним узлам. Вес ребра – квадратный корень суммы квадратов разностей значений цвета каждого из RGB каналов пикселя. По полученному графу строится разрез минимальной стоимости. На следующем шаге выполняется присоединение оставшихся пикселей, в результате чего образуются сегменты. Пиксель присоединяется к сегменту соседнего пикселя, если вес ребра между ними меньше некоторого заранее установленного числа. В завершение проводится дополнительное склеивание тех сегментов, площадь которых меньше заданной.

При реализации для повышения быстродействия алгоритма сегментации используется система непересекающихся множеств (disjoint-set) – структура данных, позволяющая администрировать множество элементов, разбитое на непересекающиеся подмножества.



Полученным сегментам изображения присваивается одна из доступных тематик, а затем сегмент раскрашивается с помощью соответствующего тематике алгоритма.

Для раскраски сегментов каждой тематики применяется соответствующий обученный многослойный перцептрон. После, все раскрашенные сегменты объединяются в одно целое, полностью раскрашенное изображение.

Обучение нейронных сетей производится с помощью алгоритма обратного распространения ошибки, который применяется для обучения многослойных перцептронов [3]. Это итеративный градиентный алгоритм, который используется с целью минимизации ошибки работы многослойного перцептрона и получения желаемого выхода [4].

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{r=1}^P \sum_{s=1}^M (y_s^{(r)} - d_s^{(r)})^2$$

где

$E(w)$  – функция оценки работы сети;

$w$  – значение веса нейрона;

$P$  – количество обучающих выборок;

$M$  – число нейронов;

$y_s^{(r)}$  – значение, полученное в результате вычисления сетью;

$d_s^{(r)}$  – ожидаемое значение.

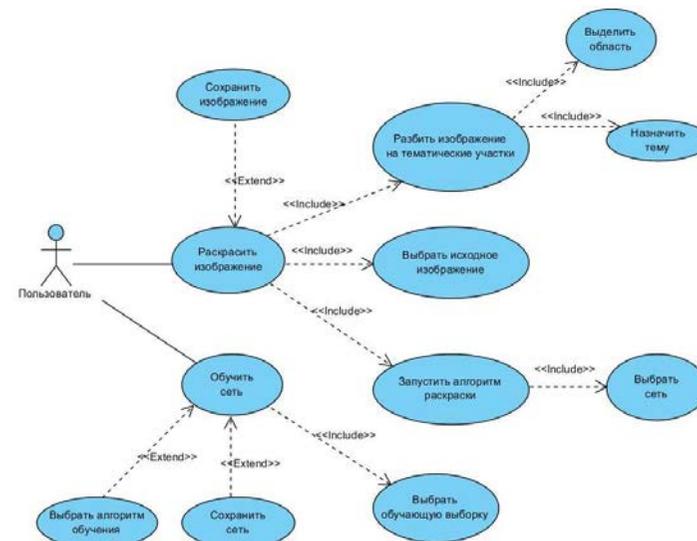


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования



Основная идея этого метода состоит в распространении сигналов ошибки от выходов сети к её входам, в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы [5]. Обучающей выборкой являются изображения в оттенках серого, имеющие общую тематику. Желаемая выборка – соответствующие им цветные изображения.

Описываемая система позволяет сохранить обученные нейронные сети с указанием темы изображений, для последующего использования.

Для раскраски изображения производится его сегментация, которая может быть улучшена дополнительным ручным склеиванием требуемых сегментов. Затем, для каждого сегмента выбирается его тематика из списка доступных, и запускается алгоритм раскраски. Полученное цветное изображение можно сохранить.

Система разработана на языке Java.

Диаграмма вариантов использования данной системы приведена на рисунке 1.

### Литература

1. Automatic Colorization [Электронный ресурс]: статьи. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://tinyclouds.org/colorize/> – Загл. с экрана. – Яз. англ.
2. Graph Based Image Segmentation [Электронный ресурс]: статьи. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.cis.upenn.edu/~jshi/GraphTutorial/> Загл. с экрана. – Яз. англ.
3. Википедия [Электронный ресурс]: статьи. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/> – Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.: ил.
5. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание [Текст]/ Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил.

С.П. Орлов, Е.А. Ахполова

### ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ ПО ТЕПЛОВЫМ ПОЛЯМ ЭЛЕМЕНТОВ

(Самарский государственный технический университет,  
АО «РКЦ «Прогресс», г. Самара)

Высокие требования к надежности радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов приводят к необходимости интенсивных наземных испытаний для выявления дефектов и прогнозирования работоспособности приборов. Технологические отбраковочные испытания проводятся при комплексном воздействии нескольких факторов: вибрации, климатических воздействиях, электротермотренировки. При этом радиоэлектронные блоки функционируют в штатном режиме, будучи установлены в конструктив аппарата. В этом случае



не всегда имеется возможность контактного измерения многих параметров, характеризующих их работоспособность

В работах [1,2] описана информационно-измерительная система для испытаний оптико-электронного преобразователя, которая использует бесконтактный метод измерения теплового поля на поверхности микросхемы фоточувствительной матрицы на ПЗС. В результате в процессе испытаний с помощью тепловизора NEC R500 [3] непрерывно снимается температурное поле на поверхности прибора, которое показывает места и степень ненормативного разогрева микросхемы.

В докладе предлагается развитие данного подхода для технической диагностики всего радиоэлектронного блока с множеством контролируемых элементов.

Будем рассматривать приборный отсек с технологическим отверстием в стенке, в которое устанавливается компактный тепловизор в держателе с поворотным механизмом. В оптическом поле тепловизора будут находиться видимые поверхности внутренних элементов отсека, которые для упрощения будем считать плоскими. Выделим плоскость с  $N$  установленными на ней электронными элементами. Для реализации предлагаемой методики необходимо построить теплофизические модели этих элементов.

Взяв за основу известное уравнение теплопроводности [4], построим математическую модель теплопереноса в объеме радиоэлектронного элемента:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(x, y, z) \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda(x, y, z) \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda(x, y, z) \frac{\partial t}{\partial z} \right) + Q(x, y, z, \tau) - Q'(x, y, z, \tau) - Q''(x, y, z, \tau) = \rho(x, y, z) \cdot c(x, y, z) \frac{\partial t}{\partial \tau}, \quad (1)$$

где  $\lambda(x, y, z)$  – теплопроводность материала в точке с координатами  $(x, y, z)$ , [Вт/м·К];  $t$  – температура в точке  $(x, y, z)$ , [К];  $Q(x, y, z, \tau)$  – удельная мощность источника тепла, [Вт/м<sup>3</sup>];  $Q'(x, y, z, \tau)$  – удельная мощность теплоотдачи во внешнюю среду за счет конвекции и радиационного излучения, [Вт/м<sup>3</sup>];  $Q''(x, y, z, \tau)$  – удельная мощность теплоотдачи через верхнюю поверхность, [Вт/м<sup>3</sup>];  $\rho(x, y, z)$  – плотность материала в точке с координатами  $(x, y, z)$ , [кг/м<sup>3</sup>];  $c(x, y, z)$  – удельная теплоемкость, [Дж/кг·К];  $\tau$  – время, [с].

В работе [1] предложено модифицировать модель путем учета конструктивных особенностей элементов и их теплообмена в приборном отсеке. Это позволяет упростить математическую модель, переходя к двумерному нестационарному уравнению теплопроводности:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(x, y) \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda(x, y) \frac{\partial t}{\partial y} \right) + Q(x, y, \tau) - Q'(x, y, \tau) = \rho(x, y) \cdot c(x, y) \frac{\partial t}{\partial \tau} \quad (2)$$

Задавая координаты источников повышенного тепловыделения в электронном элементе, получаем температурные поля  $\Theta_{i, n}(x, y)$  для данного элемента  $i$ , соответствующие различным дефектам и неисправностям, где  $n$  – номер дефекта.