

(если муравей добрался до пункта назначения), со знаком «-» – для отрицательного (если не добрался)); $oldPLh_i$ – старый уровень феромона (положительный либо отрицательный), соответствующий i -му ребру с конкретным числом его посещений.

Распределение концентрации положительного и отрицательного феромона хранятся в соответствующих матрицах, в которых строки соответствуют ребрам графа, а столбцы – количеству перемещений по ним.

5. В случае достижения пункта назначения, лучшая стоимость на текущий момент сравнивается со стоимостью пройденного пути. Если она меньше, то заменяется стоимостью пройденного пути.

6. Конечным результатом является значение лучшей стоимости на текущий момент. Если оно равно «INT32_MAX», то путь не был найден.

Основные отличия предложенного алгоритма от стандартного муравьиного алгоритма:

- предобработка информации;
- в формулу (1) добавляются новые параметры: количество посещений вершины, количество прохождений по ребру, количество ресурса в вершине, характеристики кратчайшего пути из текущей вершины в целевую;
- феромон разделяется на два типа: положительный, поощряющий выбор ребра и отрицательный, блокирующий выбор ребра;
- вводятся различные уровни феромона для каждого следующего прохождения по одному и тому же ребру в пути отдельного муравья;
- вводится дополнительный вид феромона, определяющий количество ресурса, который нужно забрать из вершины, при данном ее прохождении;
- в каждой вершине, в процессе выбора пути, используются два случайных параметра: выбор следующего ребра; выбор количества ресурса, которое забирается в данной вершине на этом шаге.

Разработанный алгоритм был реализован на языке Java в среде Eclipse. Проверка на тестах показала его хорошую сходимость.

Список цитированных источников

1. Dorigo, M. Ant Algorithms for Discrete Optimization // Artificial Life. – 1999. – Vol.5. – № 3. – R.137-172.
2. Штовба, С. Муравьиные алгоритмы / С.Д. Штовба // ExponentaPro. Математика в приложениях. – 2004. – № 4. – С. 70-75.
3. Gambardella, L.M. Ant Colony Optimization for vehicle routing in advanced logistics systems / L.M. Gambardella, A.E. Rizzoli, F. Oliverio, N. Casagrande, A.V. Donati, R. Montemanni, E. Lucibello. – 2003.

УДК 621

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТУРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Шах А.В.

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
Научный руководитель: Ковалева И.Л., к.т.н., доцент*

Метод контурного анализа, предложенный Фурманом Я.А., дает хорошие результаты при обработке изображений, подготовленных специальным образом. Процесс подготовки изображений состоит в получении данных о вектор-контуре, сформированных после нахождения замкнутых контуров на отфильтрованных и бинаризованных изображениях.

В рассматриваемой работе для повышения производительности метода контурного анализа было предложено разделить его на два этапа. На первом этапе сравниваются свертки автокорреляционной функции (АКФ) вектор-контуров. Остановимся на выборе конкретных вейвлетов для свертки. Учитывая тот факт, что свертка нужна для сравне-

ния, и то, что АКФ часто является симметричной функцией, не все вейвлеты одинаково хорошо подходят для этих целей. Основным критерием при выборе вейвлета являются его дискриминирующие свойства. В идеале, дискриминирующий вейвлет должен давать равномерное распределение для своего первого компонента. Вейвлет Уолша, выбранный для получения свёрток, не дает равномерного распределения, однако его дискриминирующих свойств первого компонента достаточно для уменьшения пространства поиска шаблонов в три-четыре раза.

Если степень различия свёрток ниже заданного пользователем порога, можно переходить ко второму этапу сравнению самих АКФ. На этом этапе отсеиваются те вектор-контуры, которые имеют подобные свертки, но при этом различные АКФ.

При сравнении АКФ контур считаем распознанным, если различия АКФ не превосходят заданного пользователем порога (стоит отметить, что данный порог не связан с порогом на первом этапе). Повышая порог, можно увеличить количество успешных распознаваний за счет увеличения шанса ложного распознавания, понижая наоборот, уменьшаем вероятность нахождения нужного элемента с помехами и понижаем шанс на распознавание шума.

Реализация предлагаемого подхода выполнена на языке С#. Для получения изображения и его предварительной обработки была использована библиотека EmguCV. Работа алгоритма проверялась при распознавании изображений печатных символов, получаемых в реальном времени с веб-камеры. Тестирование выявило невозможность распознавания символов при повороте относительно вертикальной оси, так как при этом появляются геометрические искажения, что ведет к изменению контура.

УДК 004.93'1; 004.032; 621.38.049.77

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Шепелевич М.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск
Научный руководитель: Дудкин А.А., д.т.н., доцент*

Предложены правила определения параметров функций принадлежности для идентификации топологических объектов на изображениях топологических слоев интегральных схем или их фотошаблонов.

Ключевые слова: интегральная микросхема, обработка изображений, фотошаблон, нечеткая нейронная сеть, функция принадлежности.

Введение

При изготовлении интегральных микросхем важным является контроль технологических процессов, который заключается в измерении характеристик и проверке результатов основных операций на соответствие установленным требованиям [1]. Основной задачей при этом является идентификация объекта по изображениям, полученным с использованием систем технического зрения, т.е. обнаружение (определение границ) и локализация (определение местоположения) объектов с анализом их свойств и контролем параметров. При этом требуется по некоторым признакам выделять однородные области изображения, причем, как правило, это подобие нечеткое и часто нарушается. Наиболее подходят для ее решения нейросетевые технологии. Применение нейронных сетей в задачах обработки визуальной информации обосновывается также свойством обучаемости или адаптивности нейронных сетей к новым задачам, при этом сохраняются