

УДК 681.3:623.55.021.4

Поиск и распознавание объектов на базе нейросетевых алгоритмов и нейропроцессорных технологий

А. А. Кузнецов, А. Н. Опарин, В. А. Шишкин

ФГУП "Сибирский научно-исследовательский институт оптических систем",
г. Новосибирск, Россия

Реализация алгоритмов распознавания изображений по инвариантным признакам с одновременным выполнением жесткого требования — функционирование системы в режиме реального времени — является ключевым моментом для системы. Инвариантность к масштабу, повороту и положению достигается кодированием фрагментов изображения признаками второго порядка на основе гистограмм связи элементов. Нейроподобное устройство поиска и распознавания реализовано на основе модулей цифровой обработки сигналов МЦ 4.04, выполненных на процессорах NM6403.

С внедрением новых технологий изображения оптического диапазона формируются многоэлементными датчиками сигналов, основанных на различных физических принципах. Получаемый поток видеoinформации с датчиков требует адекватных методов, алгоритмов и технических решений по его обработке, конечной целью которой, в нашем случае, являются обнаружение целевых объектов во входном кадре и их идентификация.

Сложная и постоянно изменяющаяся фоновая обстановка требует дополнительных мер для предотвращения появления ложных и пропуска реальных объектов. Обнаружение объектов при различных масштабах, углах поворота и условиях освещенности может быть реализовано в логике нейросетей высокого порядка.

Методы и алгоритмы обработки изображений

Метод обнаружения и распознавания основан на представлении фрагментов изображений инвариантными признаками с последующей классификацией нейросетевыми алгоритмами целевых объектов на серии телевизионных кадров.

Общий алгоритм обработки изображений нейроподобным устройством включает:

- кодирование изображений робастными признаками с последующей их бинаризацией;
- кодирование фрагментов полученного бинарного препарата признаками второго порядка;
- нейросетевой алгоритм распознавания и алгоритм обучения нейронной сети (НС) классификатора.

Получение бинарного препарата осуществляется кодированием изображения локальными анизотропными признаками (ЛАП) с применением расширенного градиентного оператора Превитт с последующим разбиением полученных интенсивностей перепадов яркостей на два класса — анизотропные и изотропные элементы, сравнением их с порогом анизотропности. Значения порога вычисляются автоматически из условия сохранения соотношения изотропных и анизотропных элементов изображения, что уменьшает влияние шумов и уровня освещенности сцены на

режим работы системы [1]. На рис. 1, а, б представлен результат бинаризации изображения, которая выполняется со скоростью 25 кадр/с. Это достигается применением векторно-матричного умножителя с использованием операции взвешенного суммирования и различных функций активаций. Значение порога анизотропности в системе производится один раз в 3 с из-за большого количества вычислений и невозможности выполнять их на векторной части процессора.



Рис. 1. Результат бинаризации изображения:
а — исходное изображение;
б — бинаризованное изображение

Сложным для реализации в устройстве является алгоритм инвариантного распознавания изображений с выполнением одновременно жесткого требования — функционирования системы в режиме реального вре-

мени. Инвариантность к масштабу, повороту и положению достигается кодированием фрагментов бинаризованного изображения признаками второго порядка на основе гистограмм длин связи (ГДС) и гистограмм направлений связи (ГНС) и использованием свойства обобщения НС в режиме распознавания [2, 3]. Вычисление полного набора признаков ГНС или ГДС требует большого количества вычислений и не позволяет добиться требуемой скорости обработки информации применением скалярных процессоров. Поэтому фрагмент изображения 32×32 эл. кодируется признаками ГНС, характерными для фрагмента 5×5 эл. в количестве 24 ед. Кодирование выполняется на хост-машине с темпом вычислений 6 Гц. Вычисление признаков типа ГДС в количестве 32 ед. на фрагмент реализуется на хост-машине с темпом 3 Гц. Для повышения быстродействия системы модифицируются признаки на основе ГДС, что позволяет адаптировать алгоритм их вычисления под векторно-матричные операции. В этом случае фрагмент (32×32 эл.) изображения представляется вектором $X(x_1, \dots, x_n)$, где x_n — компонента вектора для признака второго порядка, n в нашем случае равно 32. Компоненты этого вектора определяются следующим выражением:

$$x_n(L_{ij}) = \sum_{i=1}^{32} L_i^n + \sum_{j=1}^{32} L_j^n, \quad (1)$$

где $L_{i(j)}$ — количество пар точек по столбцам и строкам, соответственно, для расстояний между точками, равных соответствующему номеру признака (n).

Вычисление признаков для изображений (1) требует меньше времени, реализовано на векторных процессорах с использованием режима распараллеливания задач и позволяет производить обработку 18 кадр/с. Следует заметить, что модификация признаков (в данном случае не учитываются диагональные направления во фрагментах) приводит к некоторому ухудшению межклассового разделения опознаваемых объектов.

Классификатор системы обнаружения и распознавания работает по нейросетевому принципу, имитируя НС типа персептрон или НС типа Кохонена с выходным слоем Гроссберга. Алгоритм имитации нейронов сети реализован на векторно-матричном процессоре и в силу простоты не вносит временных задержек, вызывающих проблемы со скоростью работы всей системы.

Во время работы экспериментального образца в режиме обнаружения и распознавания с предварительно обученной НС, кроме реальных, наблюдается наличие ложных объектов (артефактов) (рис. 2). Для борьбы с ними применяется несколько способов.

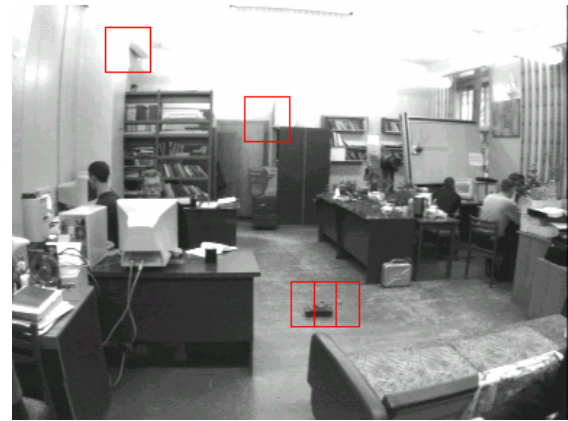


Рис. 2. Результат обнаружения и распознавания изображения системы.

Обнаружена одна истинная цель и два артефакта

Первым и обязательным способом является дообучение НС классификатора, которое заключается в добавлении артефактов в тренировочный набор (ТН) фоновых объектов, а затем в полном переобучении или дообучении (модификации весовых коэффициентов) НС. Процесс обучения в зависимости от схожести объектов тренировочных наборов выполняется за различное количество итераций. При добавлении новых артефактов в ТН в определенный момент происходит срыв сходимости процесса обучения НС, что приводит к невозможности устранения артефактов этим способом.

Вторым способом является применение каскадного соединения двух и более НС. Задачей дополнительных каскадов является подавление ложных объектов. Это достигается их обучением на ТН, где в фоновые объекты добавляются только артефакты.

Для устранения эффектов кратковременного появления артефакта или неверного определения класса объекта применяется статистическая обработка изображений по нескольким кадрам.

Обучение НС проводится по изображениям целевых объектов, произвольно расположенных в используемых фрагментах и по случайному набору объектов фона. На рис. 3, а, б приведен пример сокращенного ТН целей и фона.

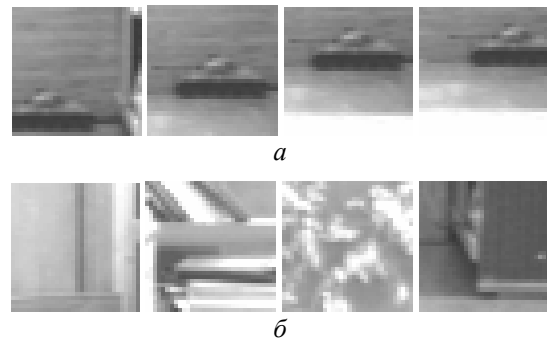


Рис. 3. Сокращенные тренировочные наборы для обучения нейронной сети:

а — изображения цели; б — изображения фоновых объектов

Для исследования влияния шумов на обнаружение и распознавание объектов проводилось искусственное зашумление исходного изображения путем наложения сгенерированного гауссового шума на исходный сигнал

при разных значениях отношения сигнал/шум. Распознавание осуществлялось в соответствии с общей схемой алгоритма обработки изображений НС, обученной по ТН, включающему изображения объекта с разной степенью зашумленности. Добавления в ТН изображений зашумленных целей и фоновых объектов позволяет расширить диапазон распознаваемых объектов и резко снизить количество артефактов.

Реализация устройства поиска и распознавания

Конечная цель обработки изображений реальных сцен нейроподобным устройством — обнаружение целевых объектов во входном кадре и их идентификация.

Для работы устройства в реальном времени алгоритмы кодирования и распознавания представляются и реализуются в виде быстрых алгоритмов, основанных на операциях векторно-матричного умножения и адаптированных для микропроцессора NM6403 (его VECTOR составляющей).

Нейроподобное устройство поиска и обнаружения сформировано по многопроцессорной схеме с управлением от ЦП. Реализовано на основе шасси Comract PCI и двух модулей цифровой обработки сигналов МЦ 4.04 (модуль № 0, № 1), которые содержат по четыре 64-разрядных процессора NM6403.

Входными данными для общего алгоритма обнаружения и опознавания являются монохромные изображения, поступающие с видеокамеры. Результатом работы являются изображения с выделенными на них фрагментами в определенной цветовой кодировке, зависящей от типа обнаруженного объекта.

При реализации алгоритма обработки изображений и обмена данными на каждом из модулей используется схема: ведущий — ведомый. Один процессор играет роль ведущего (процессор № 0), а остальные — роль ведомых. Основная задача процессора № 0 модуля № 0 — разделение памяти (буферов обмена данными), запуск мезонинного модуля МЦ 4.05 (включение АЦП видеоввода), получение данных от видеокамеры, распределение заданий процессорам и обмен данными с хост-машиной. Задача ведомых процессоров — кодирование изображений робастными признаками с использованием масок Превитт 3×3 с последующей бинаризацией. Бинаризованное изображение с модуля № 0 по шине хост-машины передается в модуль № 1. Задачей всех четырех процессоров модуля № 1 является формирование векторов признаков второго порядка, имитация нейронов и классификация объектов в исследуемом

кадре. Основное отличие программного модуля процессора № 0 от остальных — наличие дополнительной синхронизации с программой хост-машины и программами процессоров о начале и завершении обработки.

Алгоритм обучения НС реализован в виде программного обеспечения для хост-машины с использованием модулей МЦ4.04 для кодирования изображений робастными признаками. Интерфейс программы позволяет производить различные операции над ТН: просматривать и перемещать объекты из класса в класс, загружать существующие и сохранять новые ТН, производить процесс обучения, проверять полученные весовые коэффициенты на нескольких изображениях и сохранять их в файл для дальнейшего его использования системой обнаружения и распознавания.

Таким образом, на экспериментальном образце устройства реализованы ввод и цифровая обработка 8-разрядных изображений размерностью 384×288 — 768×576 эл. Распознавание и обнаружение целей различных размеров проводятся во фрагментах изображения размерностью 32×32 эл. Обработка видеоизображений, обнаружение, распознавание целей осуществляются в потоковом режиме с частотой 18 кадр/с на полном изображении.

Применение дообучения, каскадное соединение НС классификатора, а также использование статистической фильтрации результата распознавания, фильтрации фрагментов по количеству ненулевых элементов изображения позволяют проводить обнаружение и распознавание целей на всем изображении с минимальным количеством артефактов (0—3). Используемые в обработке алгоритмы позволяют осуществлять обнаружение объектов с высокой степенью заслонения и отслеживать их в движении.

Литература

1. Попов П. Г., Борисова И. В. Практическое применение эффекта "отскока" в обработке изображений//Оптический журнал. 1999. Т. 66. № 4. С. 94—101.
2. Опарин А. Н., Плеханова И. В., Соловьев Н. Г. Распознавание изображений нейронной сетью инвариантно к аффинным преобразованиям//Там же. № 10. С. 4985—4992.
3. Oparin A. N., Plekhanova I. V., Soloviov N. G. Neural Network for invariant of a few image classes//Proc. SPIE. 1998. V. 3402. P. 325—329.

Статья поступила в редакцию 23 ноября 2004 г.

Searching and recognition objects on basis of neuronet algorithm and neuroprocessor technology

A. A. Kuznetsov, A. N. Oparin, V. A. Shishkin
Siberian Research Institute of Optical Systems, Novosibirsk, Russia

The basis of functioning system is realization of recognition algorithm using invariant signs with simultaneous maintenance of demand — an operating the system in mode of the real time. The invariant to scale, tumbling, position is reached by coding fragment of scenes to second order signs. Neural type device of search and recognition is realized on the basis of modules of digital processing signals МЦ4.04, which are made on NM6403 processors.