

**А. С. Черкасов** – магистрант кафедры антенн и эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры

**А. Ф. Крячко** (д-р техн. наук) – научный руководитель

## **ПРИБОРЫ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ С АВТОМАТИЧЕСКИМ РАСПОЗНАВАНИЕМ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ**

В современной технике все большее применение находят роботизированные системы, позволяющие исключить или резко ограничить участие человека-оператора в распознавании объектов. В связи с этим возникает проблема создания приборов ночного видения (ПНВ), в которых задача распознавания объекта наблюдения решается не оператором, а автоматизированным устройством.

В качестве такого устройства наиболее целесообразно использовать когерентно-оптический коррелятор с голографическим запоминающим устройством. Принцип действия системы основан на голографическом методе распознавания на основе сравнения в частотной области коррелятора пространственно-частотного спектра анализируемого изображения объекта и голографических согласованных фильтров в памяти распознающего устройства. Корреляционная обработка входного сигнала осуществляется по классической схеме В. Людта.

Чтобы исключить влияние геометрических искажений входного изображения объекта (при произвольном его движении в поле зрения ПНВ) на характеристики распознавания коррелятора, для каждого объекта наблюдения на диск голографического запоминающего устройства записывается около 150 эталонных ГСФ (голографический согласованный фильтр) объекта при различных его кренах, ракурсах и масштабах. Один ГСФ позволяет надежно распознавать соответствующий ему и находящийся в поле зрения ПНВ объект при рассогласовании между его эталонным и анализируемым изображением: по масштабу 10%, по ракурсу 15...20°, по крену 3...5°. При использовании обобщенных фильтров объектов, учитывающих характеристические пространственные частоты изображения объекта, устойчивые к изменению условий его наблюдения, число эталонных фильтров на один объект резко сокращается. С помощью одного сменного голографического диска возможно распознавание до 10 типовых объектов при их произвольном положении в поле зрения ПНВ. Частота работы коррелятора 10 Гц, т. е. время анализа входного изображения и выдачи координат объекта наблюдения 0,1 с. Объем памяти одного сменного голографического диска ~1500 эталонных ГСФ (в зависимости от количества информации от одного фильтра). Количество информации в одном ГСФ - до  $10^6$  бит.

Производительность коррелятора, в котором не применяется наложение голограмм в ГЗУ, примерно 5000 корреляций в секунду. Поток информации, обрабатываемый в реальном времени, составляет  $10^7$  бит/с. Масса коррелятора 10 кг, объем 10 л, энергопотребление 100 Вт при питании от напряжения 24 В постоянного тока. Использование описанной выше оптической обратной связи обеспечивает надежную работу коррелятора в условиях применения на борту самолета. Система автоматической юстировки компенсирует вибрации в диапазоне частот до 10 кГц.

Испытаниям были подвергнуты:

- пассивный ТВ ПНВ «Пихта» на базе системы ЭОП + ПЗС-матрица;
- пассивный ПНВ «Гном-7» на базе ЭОП;
- активно-импульсный ТВ ПНВ, разработанный в СКВ ТНВ;
- тепловизионный ПНВ ТМ101.

Испытания проводились при распознавании объекта как в ПНВ человеком-оператором, так и системой «ПНВ + коррелятор». Объектом испытаний являлась объемная модель танка Т-62, расположенного на летнем фоне. В результате испытаний получены зависимости вероятности распознавания от дальности до объекта наблюдения, приведенные на рис. 1. Из графиков видно, что в пределах точности испытаний коррелятор может заменить человека-оператора.

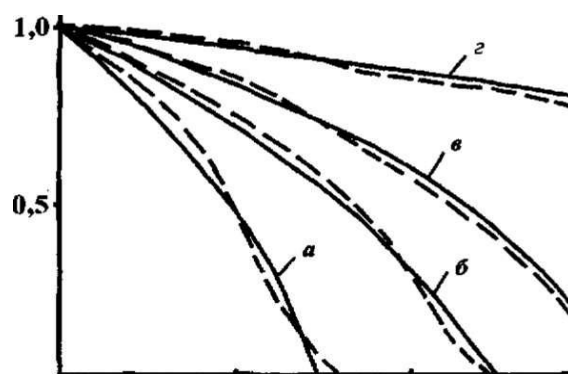


Рис. 1. Зависимость вероятности распознавания от дальности до наблюдаемого объекта для ПНВ различных типов  
а – пассивный ПНВ на базе ЗОП; б – тепловизионный ПНВ; в – пассивный ТВ ПНВ;  
г – активно-импульсный ПНВ с ТВ выводом изображения;  
— – система ПНВ + коррелятор; - - - - система ПНВ + человек-оператор

Таким образом, показана эффективность применения коррелятора для автоматизированного распознавания изображений в ПНВ различных типов. Для определения возможности применения коррелятора в ПНВ конкретного назначения необходимо проведение дополнительных исследований в целях накопления статистических данных при работе по объектам различных типов в широком диапазоне изменения внешних условий.

В последние десятилетия основные усилия исследователей, работающих в области распознавания образов оптическими средствами, были направлены на разработку, в первую очередь, когерентных устройств. Тем не менее, интерес к некогерентной корреляционной обработке не угасал, а в последнее время даже возрос, что связано с бурным развитием оптоэлектронной элементной базы.

Остановимся на основных особенностях и проблемах некогерентной параллельно-оптической обработки. Такая обработка в плоскости изображений имеет ряд преимуществ по сравнению с когерентной: более широкая элементная база, отсутствие шумов, связанных с когерентностью света, и т.д.

Однако имеется ряд недостатков, ограничивающих практические возможности некогерентной параллельно-оптической обработки в плоскости изображений:

- ограниченные функциональные возможности и круг решаемых задач (алгоритмическая ограниченность). Это следует из того, что оптическая обработка реализует «жесткий» алгоритм (свертка), с помощью которого информация, предоставляемая в виде изображения, может обрабатываться фактически только по одному признаку – распределению интенсивности по координатам, т.е. геометрической форме, и при условии выполнения критерия Джонсона. Обработка информации с использованием совокупности разнородных независимых признаков (цвет, размер, площадь, периметр, движение и т.д.) не реализуется, что существенно ограничивает возможности оптической обработки при решении, например, задач распознавания, особенно малоинформативных объектов;

- достаточно низкие соотношение сигнал/шум и точность результатов.

Анализ показывает, что кроме дифракции (ограничивает пространственно-полосовое произведение) существует еще ряд причин указанных недостатков.

1. При параллельно-оптической обработке первичная информация об объекте, полученная с помощью входного устройства (изображение), «пропускается» по всему тракту обработки, подвергаясь при этом искажениям и воздействию шумов. Этим параллельно-оптическая обработка существенно отличается от цифровой, надпорото вой, защищенной от воздействия шумов и искажений первичной информации. Здесь первичная информация подвергается обработке только на начальном этапе – при оцифровке. Дальше реализуются чисто счетные операции над «обезличенными» (с точки зрения признаков объекта) числами, и основная задача – исключить ошибки вычислений.

2. Результат вычислений – аналоговый, не счетный и представлен в виде экстремума (min или max), что требует достаточно высоких информативности и соотношения сигнал/шум обрабатываемого изображения, т.е. возможности обработки малоинформативных изображений ограничены.

3. Оптимальными с точки зрения скорости обработки и количества операций (преобразований) являются параллельно-параллельные системы, т.е. системы, в которых не только обработка, но и

ввод информации осуществляются параллельно-оптически. При обработке видеосигналов (ТВ, ТПВ, ФПУ), а такие системы в практике более распространены, необходимо вводить дополнительное преобразование «электрон – свет», т.е. формирование двумерного оптического изображения, и устройство для его осуществления. Это приводит к появлению дополнительных шумов и искажений информации и, кроме того, к увеличению общего времени обработки за счет времени, необходимого для этого преобразования.

4. В результате несоответствия между физическим значением величины, являющейся признаком, и ее информационным значением, которое имеет вероятностный характер, в процессе математических операций происходит либо потеря информации о некоторых признаках, либо ее вырождение (когда получается множество одинаковых значений при операциях над различными признаками). По той же причине невозможна обработка разнородных признаков, например полученных по разным информационным каналам.

5. Имеет место избыточность информации и операций. Это является следствием параллельности обработки, так как обрабатывается весь массив анализируемой информации, включая и признаки, не принадлежащие искомому объекту, в результирующей функции появляется избыточная информация, совершается большое число «лишних» операций.

Использование некогерентной оптической обработки изображения позволит существенно повысить информативность, а функциональное объединение одно- или многоканальных ПНВ с когерентно-оптическим коррелятором даст возможность создать полностью автоматизированные системы. Они найдут широкое применение при разработке роботизированных устройств в интересах горного дела, космической техники и всех работ в сложных условиях и в зонах повышенной опасности.

Малогабаритные комплексы ПНВ могут широко применяться в наголовных устройствах. В сочетании с информационными системами, использующими спутниковую связь, и встроенными компьютерами они смогут в любое время суток представить в наголовный дисплей оператора данные об окружающей обстановке, дать соответствующие указания и рекомендации. Объединение такого комплекса с современными и индивидуальными системами вооружения приблизит солдата по его боевой эффективности к объекту бронетанковой техники. Такая система незаменима также для поиска пострадавших при стихийных бедствиях.

#### **Библиографический список**

1. Милютин Е. Р. Энергетический бюджет атмосферной оптической линии связи // Вестник связи. 2010. №2.
2. Милютин Е. Р. Определение геометрических потерь в атмосферных оптических линиях связи // Вестник связи. 2005. №10.
3. Медвед Д. Б. Влияние погодных условий на беспроводную оптическую связь // Вестник связи. 2001. №4.
4. Сидорович В. Г., Рагульский В. В. О доступности атмосферных оптических линий связи // Оптика и спектроскопия. 2002. т. 93. №1.