

## ПРИМЕНЕНИЕ БИОКИБЕРНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ ТЕПЛООВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОПОЗНАВАНИЯ МОРСКОГО ОБЪЕКТА

Анцев Г.В., Макаренко А.А., Турнецкий Л.С.

Российская Федерация, Санкт-Петербург, ОАО «НПП «РАДАР ММС»

По мере усложнения аппаратуры управления летательными аппаратами (ЛА), увеличения скорости и уменьшения высоты полета все возрастающую отрицательную роль начинает играть так называемый «человеческий фактор». Пилот или оператор управления все чаще оказывается в ситуации, при которой физических и психических возможностей человека бывает не достаточно для своевременного принятия решения в сложной полетной ситуации. В таких случаях пилоту или оператору приходят на помощь автоматические и автоматизированные информационные системы, позволяющие своевременно оценить возникшую проблему или опасность, в которой оказался ЛА, и даже предсказать ее возникновение. В зависимости от назначения такие информационные системы бывают системами, обрабатывающими данные в реальном масштабе времени, и системами, выполняющими накопление данных (например, результаты аэрофотосъемки) для последующей обработки этих данных.

Одной из основ построения такой информационной системы чаще всего является оптоэлектронное устройство наружного обзора и распознавания окружающих ЛА объектов. Чаще всего наблюдение окружающего пространства ведется в видимом диапазоне спектра, хотя в некоторых случаях применяется и тепловизионная аппаратура, ведущая наблюдение в инфракрасном диапазоне спектра [1].

При обсуждении систем наблюдения, проводимого с борта ЛА в инфракрасном диапазоне, речь чаще всего ведется о составной части головки самонаведения боевой крылатой ракеты. Однако в последнее время наметилась область мирного применения такого рода вооружения: оперативная доставка средств спасения и поддержки терпящим бедствие морским объектам (кораблям, судам, подводным аппаратам и пр.). Такой самонаводящийся беспилотный ЛА (БЛА) вместо боевой части в своем составе имеет сбрасываемый контейнер с необходимыми для оказания помощи оборудованием и средствами.

Рассмотрим далее один из аспектов построения системы управления БЛА, предназначенного для осуществления подобных спасательных операций.

Участие оператора в процессе наведения БЛА на объект обычно ограничивается только выбором объекта или переориентацией БЛА с одного объекта на другой в случае множества объектов в зоне наблюдения. Переориентация может быть выполнена в результате анализа наблюдаемого теплового портрета объекта (или по какими-либо другим объективным или субъективным причинам). Оператор сравнительно легко справляется с такой задачей, поскольку обычно располагает опытом и достаточной для принятия решения информацией о наблюдаемых объектах и о параметрах полета БЛА. Для системы самонаведения БЛА осмысленное переориентация с одного объекта на другой чаще всего является невыполнимой задачей, т. к. из-за ограниченных интеллектуальных возможностей бортовой аппаратуры в полетное задание БЛА обычно вводятся координаты и эталонное изображение только одного объекта.

Для наблюдения тепловых портретов объектов на БЛА устанавливаются тепловизионные системы с матричными датчиками двух основных видов: принудительно охлаждаемые криогенной машиной и болометрические неохлаждаемые. Выбор типа тепловизионного датчика обуславливается режимами работы, характеристиками целей, условиями съемки, а главное – требуемыми параметрами формируемого теплового изображения. От качественных характеристик теплового изображения зависит эффективность автоматического опознавания и измерения параметров объектов на формируемом тепловизионной системой изображении. Изображение должно характеризоваться возможно более высокой разрешающей способностью, высоким контрастом и возможно меньшим уровнем шумов на этом изображении. Эти требования соответствуют стремлению получить более детальное, т.е. более информативное изображение.

Один из основных путей повышения эффективности работы системы распознавания объектов (образов) на изображении – это противозумовая обработка наблюдаемого изображения. Понижение уровня глобальных и локальных шумов на анализируемом изображении, выполняемое различными методами (накопление изображения, двумерная и многомерная линейная и нелинейная фильтрация и т.д.) или их комбинациями, в настоящее время достаточно широко применяется для решения такой задачи.

В последнее время наметилась тенденция при построении систем распознавания образов применять определенные нейрофизиологами методы обработки оптических визуальных изображений, составляющие алгоритмическую основу работы головного мозга человека и высших животных – биокибернетические методы [2].

Известно, что человек способен успешно выявлять на анализируемом изображении искомые объекты, подверженные геометрическим, спектральным, а также цветовым преобразованиям. Целостного механизма обработки столь сложно преобразованных изображений в настоящее время не выявлено и (по мнению нейрофизиологов) в ближайшее время точного и всеобъемлющего описания принципов построения и действия такого механизма ожидать не следует [3]. Тем не менее, многие частные моменты, хорошо понятые и даже промоделированные [4], находят свое применение на практике уже сейчас.

Рассмотрим одну из фаз процесса наблюдения и распознавания объекта зрительной системой человека. В 1969 г. было установлено [4], а позже и объяснено, явление периодического изменения ширины спектра

пространственных частот, анализируемого зрительной системой человека и высших животных в процессе наблюдения предъявляемого изображения. При распознавании элементов наблюдаемого изображения анализируемый пространственный спектр этого изображения периодически изменяется от узкополосного, содержащего только НЧ составляющие, до спектра полной полосы.

Открытие такого механизма анализа изображений в головном мозге человека пояснило, почему мы можем достаточно четко видеть зашумленные объекты, если размеры этих объектов превышают размеры «зашумляющих» их деталей. НЧ составляющие пространственного спектра сцены мы воспринимаем дольше ВЧ составляющих спектра и успеваем «накопить» их в большей степени. Когда геометрические размеры «полезных» и «зашумляющих» объектов соизмеримы, может произойти маскирование «полезных» объектов «зашумляющими».

Проанализируем это явление с информационной точки зрения. При анализе НЧ составляющих спектра исходного изображения снижается влияние присутствующих на изображении шумов, энергия которых сосредоточена главным образом в высокочастотной (ВЧ) части спектра пространственных частот. Представление текущего изображения в НЧ полосе пространственных частот позволяет ценой потери части информации о сцене выявить освобожденные от шума и мелких текстур крупноразмерные объекты и определить некоторые их геометрические характеристики (например, геометрический центр).

В случае наблюдения одной и той же сцены при периодическом динамическом преобразовании ширины спектра пространственных частот этой сцены (как это происходит в зрительной системе человека) появляется возможность сначала локализовать на общей сцене наиболее крупные объекты, сконцентрировать на них внимание и затем осуществить все более и более детальный анализ структур этих объектов.

Представление исходного изображения во все более широкой (и, наконец, в полной) полосе частот пространственного спектра этого изображения позволяет уточнить положение границ между объектами на изображении и выявить малоразмерные детали, а также мелкие текстуры. По мере расширения спектра обрабатываемого изображения в этой системе выделяется и опознается (при наличии эталона) все большее число объектов на изображении (если, конечно, такие объекты там присутствуют).

Рассмотрим вариант построения узла системы технического зрения, реализующего изложенный алгоритм обработки теплового изображения.

Исходное изображение формируется оптико-электронным преобразователем. Сформированное изображение записывается в запоминающее устройство (ЗУ) емкостью не менее двух тепловизионных кадров. Один кадр этого устройства является рабочим, а другой предназначен для записи очередного кадра.

Считываемое из рабочего кадра ЗУ изображение подается в управляемый фильтр нижних частот (УФНЧ), в котором выполняется двумерная обработка пространственного спектра исходного изображения. Отфильтрованное изображение поступает в блок анализа содержания исходного изображения (БАС). В БАС осуществляется интеллектуальная обработка преобразованного в УФНЧ изображения, т.е. в этом элементе реализуется процедура распознавания объектов, составляющих исходного изображения, и анализ всего этого изображения. Выходными сигналами БАС являются тип и координаты опознанного на исходном изображении искомого объекта (если, конечно, он там присутствует).

Преобразование параметров УФНЧ осуществляется по командам, формируемым в устройстве управления и передаваемым всем элементам системы.

На основе биокибернетического метода могут быть уточнены границы зон наблюдаемого текущего изображения, покрытые различными по содержанию текстурами. Отметим, что чисто статистические или другие методы опознавания текстур, покрывающих различные области всего изображения, не всегда успешно позволяют определить границы областей с отличающимися друг от друга текстурами [2].

Зрительная система человека позволяет уверенно определять границы между зонами изображения, покрытыми различными текстурами, используя механизм специальной обработки спектра наблюдаемого изображения. Модель такой обработки выглядит следующим образом.

Наблюдаемое изображение переводится в образ, элементами которого являются мгновенные значения характеристик  $A(u,v)$  спектров исходного изображения, вычисляемого по некоторой окрестности точки  $a(x,y)$  наблюдаемого изображения, соответствующей точке  $A(u,v)$  в преобразованном изображении (рис. 1).

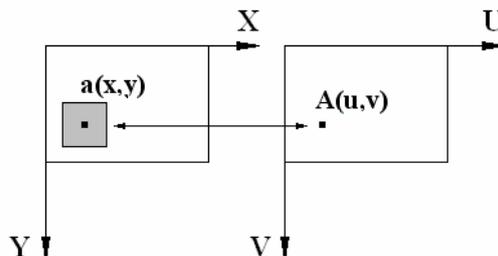


Рис. 1. К пояснению процедуры специальной обработки спектров наблюдаемого изображения

Каждое мгновенное значение характеристик спектров исходного изображения вычисляется по правилам быстрого преобразования Фурье [5].

Исследование областей исходного изображения, выполняемое с целью определения или уточнения границ зон, покрытых различными текстурами, проводится путем анализа изменения параметров характеристик  $A(u, v)$  мгновенных спектров этого изображения, составляющих образ. Когда степень изменения определенных параметров превышает заданную допустимую величину, принимается решение о нахождении границы области, покрытой определенной текстурой.

Такой подход позволяет обеспечить выделение однородных объектов и, что особенно важно, дает возможность эффективно определять границы объектов, покрытых различными текстурами.

Литература

1. Ллойд Дж. Системы тепловидения.: М. Мир, 1978, - 414 с.
2. Левшин В.Л. Биокibernетические оптико-электронные устройства автоматического распознавания изображений.: М. Машиностроение, 1987, - 227 с.
3. Невская А.А., Леушина Л.И. Асимметрия полушарий головного мозга и опознание зрительных образов.: Л., Наука, 1990, - 152 с.
4. Демидов В.Е. Как мы видим то, что видим.: М., Знание, 1987 (Наука и прогресс), - 240 с.
5. Прэйт Т.У. Цифровая обработка изображений. М.: Мир, 1982. Т.1. 525 с. Т.2. 474 с.

---

**THE USAGE OF BIOCYBERNETICAL METHODS AT THERMAL IMAGE DIGITAL PROCESSING FOR MARITIME OBJECT RECOGNITION**

Antsev G., Makarenko A., Tournetsky L.

Russian Federation, Saint-Petersburg, "Radar mms" JSC

In process of complication of the control equipment, speed enhancing and flight altitude decreasing, the so-called "human factor" begins to play more and more negative role. Pilot or control operator even more often appears in a situation, at which human being physical and mental opportunities it the decision in complex flight situation. In such situations automatic and automated information systems come to the aid of a pilot or an operator allowing to estimate the arisen problem or danger, in which aircraft apparatus has appeared, and even to predict its occurrence. Depending on purpose such information systems are be by the real time data processing systems, and systems which are carrying out accumulation of the data (for example, results of air photography) for the subsequent processing of these data.

Such information systems are based on optoelectronics for external surveillance and recognition of the flying aircrafts. More often environment surveillance is carrying out in the visible wave-band, but sometimes, thermal imaging equipment in the infrared wave-band is also used.

One of the basic ways of an overall system performance increasing for the object (character) recognition on the image is antinoise processing of the observable image. Nowadays is widely used, the decreasing of the global and local noise level on the analyzing image, executing with the help of different methods (accumulation of the images, two-dimensional and multidimensional linear and nonlinear filtering, etc.) or combination of methods for solving this kind of problems.

Lately appeared a tendency for using defined by neurophysicists methods of optical visual image processing while designing character recognition systems. These methods form the algorithmic basis of of human being and supreme animals brain working - biocybernetical methods.

In this report there are subsystem concepts of technical vision system, that realizes the algorithm of thermal image processing that is executed for increasing visibility of the small details of the image when the noise level is very high. This algorithm is also presented in this report. The core of this algorithm consists of one and the same primary image observation during the periodical width change of space frequency spectrum of this image (like the same in human visual system). This method of observation asserts an opportunity firstly localize the biggest objects on the general scene, attract attention to them and then realize more and more detailed structure analysis of these objects.

In this report there are also principles of biocybernetical method of boundary correction of current observing image zones, vested with the different (by contents) textures. The core of the method consists of the following: the observing image is transferred to a character, elements of which are instantaneous values of response  $A(u, v)$  of the primary image spectrums, calculated by some coordinated points  $a(x, y)$  of observing image, that corresponds to the point  $A(u, v)$  in the converted image. Investigation of the primary image zones, carried out for the purpose of determination or specification of the zones' boundaries, vested with the different textures, is realized by analyzing changes of the descriptions' parameters  $A(u, v)$  of instantaneous spectrums of this image, forming the character. When the degree of change of the determined parameters exceeds prescribed allowable value, the decision is made to be found the area boundary, vested with the definite textures.

---