

АЛГОРИТМ ПОИСКА ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

к.т.н. Г.В. Худов
(представил д.т.н. проф. Д.В. Голкин)

Рассмотрен вариант алгоритма поиска протяженных объектов, основанный на анализе спектральных характеристик объектов.

Различие спектральных характеристик объектов и фоновых образований предлагается взять за основу при синтезе алгоритмов поиска протяженных объектов. Для получения спектральных характеристик объектов воспользуемся дискретным двумерным преобразованием Фурье [1] в виде:

$$F(U, v) = \frac{1}{N \cdot N_1} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N_1-1} F(j, k) \exp \left\{ -\frac{2\pi i}{N} (Uj + vk) \right\},$$

где $i = \sqrt{-1}$; $F(j, k)$ - амплитуда яркости в точке (j, k) на изображении; N, N_1 - количество элементов в информационном кадре; U, v - пространственные частоты.

Поскольку ядра преобразования Фурье симметричны и различны, двумерное преобразование можно выполнять в виде одномерных преобразований по строкам и столбцам матрицы изображения. Базисными функциями преобразования являются экспоненты с комплексными показателями, которые можно разложить на синусную и косинусную составляющие. Для низких частот эти функции являются грубыми аппроксимациями непрерывных синусоид. С повышением частоты сходство базисных функций с синусоидами теряется. Для наивысшей частоты базисная функция - меандр.

Спектр изображения имеет несколько особенностей. Так, спектральная составляющая в начале координат частотной плоскости

$$F(0,0) = \frac{1}{N \cdot N_1} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N_1-1} F(j,k)$$

равна увеличенному в $(N \times N_1)$ раз значению яркости изображения. Это позволяет сделать вывод о пропорциональности спектральных составляющих яркости изображения. Известно, что двумерный спектр Фурье обладает свойством периодичности.

Если массив отсчетов изображения описывает поле яркости, то числа $F(j, k)$ будут действительными и положительными. Однако спектр Фурье этого изображения в общем случае имеет комплексные значения. Поскольку спектр содержит $2N \times N_1$ компонент, представляющих действительную и мнимую части или фазу и модуль спектральных составляющих для каждой частоты, может показаться, что преобразование Фурье увеличивает размерность изображения. Это, однако, не так, поскольку преобразование Фурье обладает симметрией относительно комплексного сопряжения. Из-за наличия комплексно-сопряженной симметричности почти половина спектральных составляющих оказывается избыточной, то есть их можно сформировать из остальных составляющих.

Хотя преобразование Фурье имеет много полезных для анализа свойств, у него есть и два существенных недостатка: во-первых, все вычисления приходится производить не с действительными, а с комплексными числами и, во-вторых, ряды сходятся медленно. Плохая сходимость преобразования Фурье обусловлена скачками изображения, возникающими на линиях перехода от левого края изображения к правому и от верхнего к нижнему. Эти разрывы приводят к появлению в спектре больших составляющих с высокими пространственными частотами.

На практике построение двумерного преобразования Фурье в комплексной форме занимает много времени. Поэтому выделяют действительную и мнимую части и получают амплитудно-частотный и фазо-частотный спектры изображения соответственно. Так, на рис. 1, 2, 3, 4 построены соответственно амплитудно-частотный (АЧС) и фазо-частотный (ФЧС) спектры надводного и подводного объектов. Из приведенных рисунков видно, что АЧС максимальное значение сосредоточено на нулевой частоте, остальные имеют существенно меньшую амплитуду. АЧС объектов отличаются по амплитуде нулевой гармоники, так как на исходном кадре они имеют различную яркость.

Имея построенные АЧС и ФЧС, можно осуществлять их поиск в информационной зоне по методу сопоставления с эталоном. При этом эталон интересующего объекта, либо класса объектов сравнивается со всеми неизвестными объектами, находящимися на изображении. При работе эталон последовательно перемещается по полю изображения, и исследуется это

свойство с различными участками изображения. Если сходство между названным объектом и эталоном достаточно велико, то этот объект помечается как соответствующий эталонному объекту.

Полное совпадение эталона с какой-либо частью изображения бывает редко из-за действия шумов и искажений, вызванных пространственной дискретизацией и квантованием яркости, а также вследствие отсутствия априорной информации относительно такой формы и структуры объекта, который требуется обнаружить. Поэтому, обычно с помощью некоторой конкретной меры различия $D(m, n)$ между эталоном и изображением в точке (m, n) такой, что

$(|S_{об} - S_{эт}|) \leq D(m, n)$, где $S_{об}$ - спектр объекта, $S_{эт}$ - спектр эталона, указывают на различие выделенного объекта там, где это различие меньше некоторого установленного порога.

Методика поиска объектов определенного класса в информационной зоне состоит в сравнении с эталоном АЧС и ФЧС исследуемого участка информационного кадра и перемещении текущего окна со спектром эталона по информационной зоне. В результате сравнения эталонных АЧС и ФЧС с АЧС и ФЧС фоновых образований, установлено, что АЧС различаются в области низких пространственных частот, и ФЧС - высоких пространственных частот. С целью уменьшения объема вычислений сравнение производилось не по всем, а по выборочным гармоникам (в конкретном случае - по трем гармоникам). Из анализа работы алгоритмов видно, что происходит правильное обнаружение объектов для заданного класса поиска.

Просмотр участков информационного кадра можно проводить с использованием равномерно - оптимальной стратегии [2].

Главный недостаток метода сопоставления с эталоном заключается в необходимости использования огромного количества эталонов для учета изменений объектов, возникающих при их повороте и увеличении (уменьшении) размеров. По этой причине при сопоставлении с эталоном желательно ограничиться признаками, которые меньше зависят от изменений размера и формы объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. У. Прэтт. Цифровая обработка изображений. - М.: Мир, 1982. - С. 67 - 70.
2. Хеллман О. Введение в теорию оптимального поиска. - М.: Наука, 1985. - С. 14 - 17.