

Excerpt from:

Цифровая обработка сигналов и ее применение. Доклады 11-й Международной конференции. DSPA-2009. Digital signal processing and its applications. Proceedings of the 11-th International Conference. с. 443 – 445. www.autex.spb.ru/pdf/dspa09-34.doc

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ В СИСТЕМАХ ОБНАРУЖЕНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Смирнов С.А.

Рязанский государственный радиотехнический университет

Информационные технологии автоматического обнаружения и сопровождения объектов всё более интенсивно применяются в различных областях человеческой деятельности. Наиболее широкое распространение они получили в системах технического зрения, интеллектуальных охранных комплексах, бортовых системах управления и навигации. Эффективность работы таких систем в значительной степени зависит от выбранного метода измерения координат объектов. Разнообразие всевозможных типов фоноцелевых обстановок привело к появлению большого числа методов и алгоритмов измерения координат. К сожалению, на сегодняшний момент среди существующих методов нет такого, который обладал бы удовлетворительным качеством измерения координат в любых условиях наблюдения. Одним из подходов, который позволяет добиться устойчивого обнаружения и сопровождения объектов в широком диапазоне условий наблюдения, является автоматический выбор метода измерения координат в зависимости от характеристик фоноцелевой обстановки.

Известен ряд подходов к выбору метода измерения координат, при которых принятие решения осуществляется в зависимости от степени неоднородности наблюдаемого изображения. Основным недостатком этих подходов является то, что анализ изображения производится на основе характеристик, не связанных непосредственно с особенностями того или иного алгоритма измерения координат.

В настоящей работе предлагается подход, позволяющий преодолеть указанный недостаток. Работу предлагаемого алгоритма автоматического выбора метода измерения координат можно кратко описать следующим образом: при поступлении очередного кадра видеопоследовательности для каждого из методов измерения координат рассчитывается признак, характеризующий возможность уверенного измерения координат, и на основании этих признаков принимается решение, какой алгоритм необходимо использовать.

Центральными вопросами здесь являются выбор системы признаков и приведение их к единой шкале, допускающей сравнение эффективности различных алгоритмов. Этой единой шкалой могут являться такие количественные критерии, как средняя частота срывов или среднее количество кадров до первого срыва. Наиболее эффективным признаётся алгоритм, для которого достигается наилучшее значение критерия.

Рассмотрим основные классы методов измерения координат, используемые для решения задачи обнаружения и сопровождения объектов [1].

Методы корреляционного совмещения дают хороший результат при измерении координат объектов, наблюдаемых на однородном и неоднородном фоне, при малых отношениях сигнал/шум и являются наиболее помехоустойчивыми [2]. **Методы на основе статистической сегментации** наиболее эффективны при относительно однородном фоне и характеризуются невысокой вычислительной сложностью [3]. **Методы на основе пространственной фильтрации** эффективны при измерении координат движущихся и неподвижных объектов на фоне ясного или облачного неба, в том числе и при малых отношениях сигнал/шум. Для их успешного использования требуется различие в свойствах пространственной структуры объекта и фона [4]. **Методы на основе пространственно-временной фильтрации** ориентированы на решение задачи измерения координат движущихся объектов, наблюдаемых на однородном или неоднородном фоне. Их отличительной чертой является возможность обнаружения объектов без участия оператора [1,5].

Опыт использования данных методов не позволяет выработать однозначных рекомендаций по применению того или иного алгоритма в конкретных условиях, например, в наземных, воздушных или морских условиях наблюдения. Однако для оценки работоспособности алгоритмов предлагается использовать ряд признаков, характеризующих возможность уверенного измерения координат.

Признак, характеризующий методы корреляционного совмещения, основан на сравнении временной изменчивости объекта и степени отличия объекта от фона:

$$KF_{кор} = \frac{F_g}{F}, \quad (1), \quad \text{где } F_g \text{ – оценка}$$

степени различия эталонного изображения объекта и фона, F_h – оценка межкадровой изменчивости изображения объекта. Для вычисления F_g и F_h используется разностная критериальная функция.

Если межкадровая изменчивость объекта F_g больше степени отличия эталонного изображения объекта и фона F , следует ожидать уверенного сопровождения объекта.

Признак, характеризующий алгоритм на основе статистической сегментации, основан на вычислении меры статистического различия объекта и фона. Если $\hat{P}(X | O)$ – гистограмма признаков изображения в прямоугольной области, ограничивающей объект, $\hat{P}(X | \Phi)$ – гистограмма признаков изображения в ближайшей окрестности объекта, то меру статистического различия объекта и фона можно вычислить при помощи критерия Джинни [6]:
$$KF_{сезм} = \sum_X |\hat{P}(X | O) - \hat{P}(X | \Phi)|. \quad (2).$$

Признак, характеризующий алгоритм на основе пространственной фильтрации, основан на оценке амплитуды яркостного импульса, представляющего объект на изображении:

$$KF_{прост} = \frac{\max_{(i,j) \in H} |l(i,j) - \hat{m}_g|}{\hat{\sigma}_g}, \quad (3), \quad \text{где } l(i,j) \text{ – яркость изображения в точке } (i,j), \hat{m}_g \text{ –}$$

оценка средней яркости фона, $\hat{\sigma}_g$ – оценка СКО фона, H – множество точек прямоугольной области, ограничивающей объект. Числитель выражения (3) представляет собой максимальный контраст объекта.

Признак, характеризующий алгоритм на основе пространственно-временной фильтрации, основан на оценке степени временной изменчивости изображения объекта:

$$KF_{прост.-времен.} = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{(i,j) \in H} \frac{|\hat{g}(i,j) - l(i,j)|}{\hat{\sigma}(i,j)}, \quad (4), \quad \text{где } \hat{g}(i,j) \text{ – оценка яркости фонового}$$

изображения в точке (i,j) , $l(i,j)$ – яркость точки (i,j) изображения, $\hat{\sigma}(i,j)$ – оценка СКО фона, M, N – размеры объекта, H – множество точек объекта.

Отметим, что выбранная система признаков инвариантна к изменению яркости, контраста, масштаба, к вращению и сдвигу изображения.

Ввиду чрезвычайной сложности построения математических моделей видеосюжетов, практически отсутствует возможность аналитического построения функции, устанавливающей соответствие между значениями признаков и значениями критериев эффективности слежения. Поэтому в настоящей работе данная задача решается статистически с применением базы данных видеопоследовательностей с разной фоноцелевой обстановкой. Предварительно для каждого видеосюжета человеком-экспертом были сформированы эталонные данные, описывающие «точные» координаты и размеры объекта.

Используемая база данных содержала всего 50 сюжетов, что недостаточно для формирования непрерывной функции зависимости критерия качества от значений признаков. По этой причине принято решение ограничиться двоичным критерием качества слежения, имеющим значения «следит» (1) и «не следит» (0). Переход от значений признаков к двоичному критерию качества должен осуществляться путём сравнения признаков с пороговыми значениями.

Для получения пороговых значений была исследована работоспособность алгоритмов для каждой из отобранных видеопоследовательностей. Для каждой последовательности было принято решение о работоспособности того или иного алгоритма измерения координат, на основе сравнения эталонных данных с результатами измерения координат. Пороговые значения для признаков (1) – (4) были определены исходя из критерия максимального правдоподобия.

Если среди полученных четырёх значений критерия качества единственным окажется только одно, то необходимо использовать алгоритм измерения координат, соответствующий этому значению. В противном случае предлагается воспользоваться мнением эксперта, которое описывается таблицей принятия решений.

Экспериментальные исследования показали, что вероятность принятия ошибочного решения составляет около 15%, что в большинстве случаев является приемлемым для использования описанного подхода в системах обнаружения и сопровождения объектов.

Исследования выполнены при использовании Гранта для государственной поддержки ведущих научных школ НШ-10.2008.10.

Литература

1. Алпатов Б.А., Бабаян П.В. Методы обработки и анализа изображений в бортовых системах обнаружения и сопровождения объектов // Цифровая обработка сигналов. – 2006. – №2. – С. 45-51
2. Баклицкий В.К., Бочкарёв А.М. Методы фильтрации сигналов в корреляционно-экстремальных системах навигации. – М.: Радио и связь, 1986. – 216 с.

3. Денисов Д.А., Низовкин В.А. Сегментация изображений на ЭВМ // Зарубежная радиоэлектроника. – 1985. – №10 – С. 5-30.
4. Муравьев В.С., Муравьев С.И. Алгоритм выделения и измерения координат объектов, наблюдаемых на облачных фонах // Вестник РГРТУ, Рязань. – 2007. – №21. – С. 20-24.
5. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Балашов О.Е., Степашкин А.И. – М.: Радиотехника, 2008. – 176 с.
6. Кобзарь А.И., Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.