

Оценивание ожидаемой работоспособности алгоритмов измерения координат объектов

Павел Бабаян, Сергей Смирнов

Кафедра Автоматики и информационных технологии в управлении
Рязанский государственный радиотехнический университет, Рязань, Россия
aitu@rsreu.ru

Аннотация

В работе рассмотрена методика оценивания ожидаемой работоспособности алгоритмов измерения координат объектов. Она может быть использована при разработке программного обеспечения для автономных комплексов обнаружения и сопровождения объектов, ориентированных на работу в сложной фоновой обстановке. В частности, данная методика использовалась при разработке алгоритма слежения за объектами с автоматическим выбором метода измерения координат при изменении фоновой обстановки [1].

Ключевые слова: изображение, измерение координат объектов, оценка работоспособности.

1. ВВЕДЕНИЕ. ОБЩИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ

Для повышения помехоустойчивости сопровождения объектов требуется эффективно решать задачу измерения координат объектов. Однако каждый алгоритм измерения координат характеризуется определенными требованиями к условиям наблюдения, при выполнении которых он работает наиболее эффективно. Зачастую условия наблюдения заранее не известны, поэтому нет возможности задать алгоритм, обеспечивающий наилучшее качество измерения координат. Таким образом, возникает задача оценивания ожидаемой работоспособности алгоритма измерения координат с целью последующего принятия решения о его использовании.

Оценивание работоспособности алгоритма измерения координат в зависимости от характеристик фоновых условий связано с введением характеристик, описывающих качество работы алгоритма. Рассмотрим два вида таких характеристик: количественные характеристики работоспособности (КХР) и признаки работоспособности (ПР). Для использования КХР необходимо знать эталонные данные о траектории движения объектов, что невозможно в процессе функционирования систем реального времени. Для вычисления ПР не требуются эталонные данные, однако ПР дают лишь оценочную, не всегда адекватную характеристику работоспособности. Для использования этих характеристик предварительно необходимо установить статистическую связь между КХР и ПР. Таким образом, на основе данной связи можно по значениям ПР получить оценки КХР.

Ввиду чрезвычайной сложности построения моделей фоновой обстановки, практически отсутствует возможность аналитического построения функции, устанавливающей соответствие между значениями ПР и КХР. По этой причине разработана процедура нахождения КХР на основе обучения на большом количестве видеосюжетов.

Для проведения такого обучения заранее формируется база

данных видеосюжетов с различной фоновой обстановкой. Для каждого объекта экспертом фиксируется эталонная траектория и размеры объекта. Каждый видеосюжет обрабатывается алгоритмом измерения координат объектов, и формируются измеренные траектории. На основе сопоставления эталонных и измеренных траекторий вычисляются КХР.

Затем производится статистический анализ КХР и ПР, рассчитанных по первым кадрам видеосюжетов. Опираясь на предположение о наличии статистической связи между ними можно найти характер этой зависимости для алгоритма измерения координат.

Таким образом, после нахождения зависимости между ПР и КХР можно в режиме реального времени при поступлении очередного кадра видеосюжета произвести оценку КХР и объективно оценить работоспособность алгоритма.

На рисунке 1 схематично приведена описанная выше методика оценивания работоспособности алгоритма измерения координат.

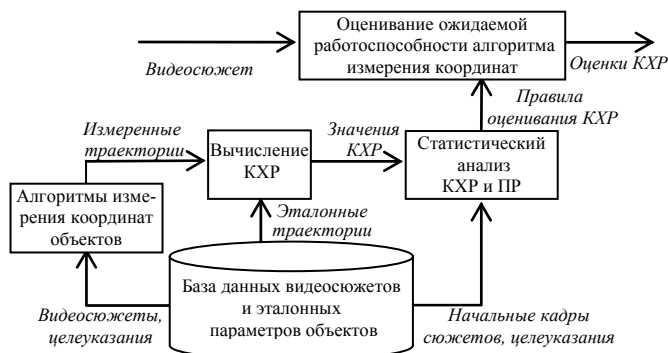


Рисунок 1: Методика оценивания работоспособности алгоритмов измерения координат.

2. ВЫБОР КХР И ПР

В качестве КХР необходимо выбирать характеристики, описывающие измерение координат с точки зрения точности или продолжительности слежения.

В данной работе используются две характеристики: двоичная КХР и числовая КХР, характеризующая число кадров до первого срыва. Под срывом будем понимать превышение ошибочной измерения координат размеров объекта. Двоичная КХР может принимать значения «следит»/«не следит». В случае если для заданного числа кадров не наблюдается срыв, то КХР имеет значение «следит» (1), в противном случае критерий имеет значение «не следит» (0).

Признаки работоспособности должны быть связаны с теми особенностями объекта, которые тот или иной алгоритм измерения координат использует для отделения объекта от фо-

на. В данной работе рассматриваются четыре алгоритма измерения координат:

- алгоритм на основе корреляционного совмещения изображений (алгоритм I);
- алгоритм на основе байесовской сегментации (алгоритм II);
- алгоритм на основе пространственной фильтрации (алгоритм III);
- алгоритм на основе пространственно-временной фильтрации (алгоритм IV).

ПР для алгоритма I может быть основан на сравнении временной изменчивости объекта и степени отличия объекта от фона [1]. Работоспособность алгоритма II главным образом определяется различиями статистических характеристик фона и объекта. В качестве признака оценивающего работоспособность данного алгоритма может использоваться разность энтропий [2]. Признак для алгоритма III базируется на оценке амплитуды яркостного импульса, представляющего объект на изображении [1]. Для алгоритма IV ПР основан на оценке степени временной изменчивости изображения объекта [1].

3. НАХОЖДЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ КХР И ПР

Нахождение взаимосвязи между двоичной КХР и ПР

Переход от ПР к двоичной КХР реализуется путём сравнения признаков работоспособности с пороговыми значениями.

Рассмотрим процедуру нахождения порогового значения для произвольного алгоритма измерения координат. Всё множество видеосюжетов можно разбить на подмножество X_1 , для которых КХР приняла значение 1, и подмножество X_2 , включающее все остальные видеосюжеты.

В качестве критерия выбора порога используется критерий максимального правдоподобия. Для этого приближенно опишем плотность распределения ПР внутри каждого множества X_1 и X_2 с помощью нормального распределения и найдём выборочные средние m_i и дисперсию σ_i для каждого множества X_i . Поиск порогового значения сводится к вычислению точки пересечения гауссоид по соотношениям

$$\alpha_{1,2} = \frac{-(2m_1\sigma_2^2 - 2m_2\sigma_1^2) \pm \sqrt{D}}{2(\sigma_1^2 - \sigma_2^2)}, \text{ где}$$

$$D = (2m_1\sigma_2^2 - 2m_2\sigma_1^2)^2 - 4(\sigma_1^2 - \sigma_2^2) \cdot (\sigma_1^2 m_2^2 - \sigma_2^2 m_1^2 - 2\sigma_1^2 \sigma_2^2 \log \sqrt{\sigma_1 / \sigma_2}).$$

Из полученных $\alpha_{1,2}$ выбирается в качестве порогового значения то, которое лежит в диапазоне $[m_1, m_2]$.

Нахождение взаимосвязи между числовой КХР и ПР

Будем предполагать, что связь между КХР и ПР описывается корреляционной зависимостью. Таким образом, для нахождения зависимости нужно решить задачу нахождения линии регрессии. Учитывая тот факт, что длина видеосюжетов ограничена, можно предполагать, что на некоторых сюжетах момент срыва не будет достигнут. Непосредственно использовать значения КХР полученные для этих сюжетов для расчета линии регрессии нельзя, потому что продолжительность сюжета не позволяет установить фактическое значение признака. Полученные значения КХР дают лишь нижнюю оценку КХР. Однако исключение этих сюжетов приведет к значительному уменьшению выборки.

Таким образом, методику построения линии регрессии можно описать в виде последовательности шагов:

- 1) построить линию регрессии по точкам, содержащей только те значения КХР, в которых срыв произошел раньше окончания сюжетов;
- 2) составить выборку, включающую точки, в которых срыв произошел раньше окончания сюжетов, и все точки, лежащие выше новой линии регрессии. Перестроить прямую;
- 3) повторять шаг № 2 до тех пор, пока разница коэффициентов линии регрессии при соседних итерациях не окажется меньше заданного порога.

Найденные коэффициенты линии регрессии могут использоваться для расчёта КХР, основываясь на значениях ПР.

4. АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОЦЕНИВАНИЯ КХР

При оценивании двоичной КХР возможны ошибки двух видов:

- ошибка первого рода – ошибочное принятие решения, что алгоритм неработоспособен,
- ошибка второго рода – ошибочное принятие решения, что алгоритм работоспособен.

В таблице 1 приведены значения ошибок классификации для каждого алгоритма.

Также в таблице 1 приведены значения среднего квадрата отклонения от линии регрессии для точек, участвующих в построении линии регрессии на последней итерации при определении числовой КХР по значениям ПР.

Таблица 1: Ошибки определения КХР для различных алгоритмов

Алгоритм	Двоичная КХР		Числовая КХР СКО, в кадрах
	Ошибка первого рода, %	Ошибка второго рода, %	
I	0	3,64	102,56
II	0	6,383	82,34
III	0	7,89	60,9
IV	0	18,2	79,2

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение описанной методики позволяет обоснованно подходить к выбору алгоритма измерения координат объекта в текущих условиях наблюдения. Проведенный анализ точности оценивания КХР показывает, что СКО оценивания числовой КХР оказалось высокой, что затрудняет её практическое применение. В случае двоичной КХР точность оценивания составляет 3,6-18%, что является приемлемым для принятия решения о работоспособности алгоритма.

6. БЛАГОДАРНОСТИ

Работа проводилась при поддержке Федерального агентства по науке и инновациям (госконтракт № 02.740.11.0002).

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Смирнов С.А. Автоматическое слежение за объектами при отсутствии априорных сведений о фоноцелевой обстановке // Цифровая обработка сигналов. – 2009. – №3. – С. 52-56.
- [2] Бакут П.А., Лабунец В.Г. Телевизионная следящая система с байесовским дискриминатором цели // Зарубежная радиоэлектроника. – 1987. – №10 – С. 81-93.