

УДК 004.932.72'1

ДЕТЕКТОР ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ В ЗАДАЧЕ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ КРУГЛОГО ЛЕСА

Чирышев Ю.В., Круглов А.В.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, email: iurii.chiryshhev@mail.ru

В работе приводится описание разработки математической модели детектора движущихся объектов. Проведен анализ литературных источников для решения задачи обнаружения, выделения и определения параметров движущихся объектов по данным видеонаблюдений. На основе анализа большой выборки видеопоследовательности сформулированы основные ограничения, характеризующие объекты интереса данной предметной области и условия съемки реального технологического процесса. По результатам исследования авторами определен круг допустимых методов для решения задачи обнаружения движущихся объектов и предложена модель детектора, позволяющая осуществлять выделение наиболее предпочтительным с точки зрения точности и быстродействия способом. Данный детектор предназначен для использования в системе сортировки и учета круглого леса, однако может быть применен и в других системах машинного зрения реального времени.

Ключевые слова: обработка изображений, выделение объектов, модель фона

DETECTION OF THE MOVING OBJECTS IN THE PROBLEM OF ROUNDWOOD PARAMETERS ESTIMATION

Chiryshhev Y.V., Kruglov A.V.

Ural Federal University n.a. the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, email: iurii.chiryshhev@mail.ru

The paper devoted to development of the mathematical model of the detector of the moving objects. The analysis of the literature on the topic of detection, isolation and dimensioning of the moving objects using video stream data was carried out. Based on the analysis of a large sample of video sequences we formulated the basic constraints that describe the objects of interest in this subject area and the shooting conditions of the real process. The model of detector allowing identification of the objects the most preferred in terms of accuracy and performance was offered on the results of research. The detector is designed for use in roundwood sorting and accounting system, but can also be applied in other real-time machine vision systems.

Keywords: image processing, objects detection, background model

Основным этапом обработки последовательности изображений (видеоизображений) для решения задачи оценки параметров круглого леса является отделение движущихся объектов переднего плана от фона. От того, насколько корректно решена данная задача, зависят все последующие этапы обработки. Сложность реализации обуславливается влиянием большого количества разнообразных факторов, таких как собственные шумы камеры, неравномерность освещения и движение сцены.

Основная часть

Описанные в литературе [2–5] методы решения данной задачи делятся на 4 группы:

- методы вычитания фона;
- вероятностные методы;
- методы временной разности;
- методы оптического потока.

Каждая группа методов имеет свои достоинства и недостатки, и для достижения оптимальной эффективности работы системы необходимо выделить метод или комбинацию методов, удовлетворяющих специ-

фике задачи выделения движущихся по конвейеру бревен.

Специфика задачи заключается в следующем:

- повышенные требования к скорости выполнения алгоритма (реального времени действия);
- высокая цена ошибки выделения объекта, влекущая необходимость проведения дополнительных проверок полученных результатов;
- динамическое изменение фона (движущиеся части конвейера);
- слабая контрастность сцены;
- перекрытие/наложение объектов интереса, препятствующее их разделению.

Анализ литературных источников [3] показал, что в наибольшей степени удовлетворяют требованиям задачи методы группы вычитания фона. В методах вычитания фона выделение переднеплановых объектов осуществляется путем вычитания из текущего кадра видеопоследовательности шаблона, называемого моделью фона – то есть построение разностного изображения. Разностное изображение

между двумя изображениями можно определить следующим образом:

$$D(x,y) = \begin{cases} 1, & |X_t(x,y) - F(x,y)| > p \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

где p – заданный порог; $D(x,y)$ – разностное (бинарное) изображение; $X_t(x,y)$ – изображение, полученное в момент времени t ; $F(x,y)$ – изображение фона.

Достоинства этого алгоритма – исключительная простота реализации и высокая производительность. К недостаткам можно отнести следующее:

– ухудшение качества обнаружения при снижении контрастности объекта с фоном;

– низкое качество выделенного изображения объекта;

– высокие требования к стабильности фона и относительным сдвигам «система – фон».

К нестабильностям фона, оказывающим сильное влияние на результат вычислений, относятся такие изменения, как:

– изменение заднего плана. Происходит при движении камеры;

– изменение освещения. Такие изменения возможны и практически полностью меняют цветовые характеристики сцены;

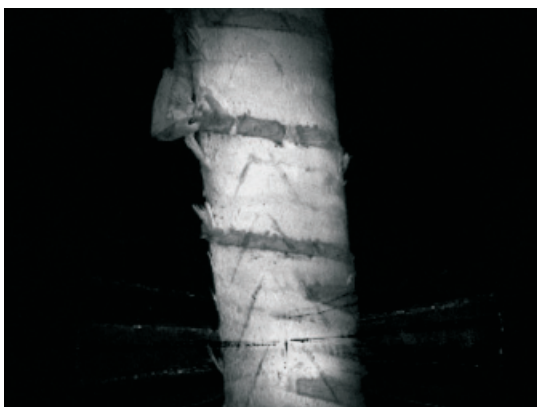
– динамический задний план. В зоне наблюдения находятся объекты, которые могут изменять свою форму или положение (элементы конвейера).



а



б



в



г

Рис. 1. Выделение переднепланового объекта:
а – изображение фона; б – исходное изображение; в – результат вычитания фона;
г – бинаризация и улучшение изображения

Чтобы преодолеть недостатки метода вычитания фона, задний план должен оцениваться и обновляться по времени. Суть используемого метода обновления фона, известного как метод постоянного гауссового усреднения, заключается в последовательном вычислении отклонения значений пикселей каждого изображения от фоновой

модели, обновляемой с течением времени. Предполагается, что каждый пиксель фонового изображения описывается случайным процессом, который описывается средним значением (математическим ожиданием) и дисперсией. Как правило, распределение вероятности случайного процесса заранее неизвестно, но многие процессы со

случайными величинами можно описать с помощью распределения вероятности Гаусса [1]. Математическое ожидание и дисперсию можно определить, не зная распределения вероятности, путем усреднения конечного числа измерений:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t(x, y);$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t^2(x, y) - \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t(x, y) \right)^2,$$

где $X_t(x, y)$ – случайный процесс в пикселе (x, y) изображения. Именно так в течение n первых кадров происходит инициализация фоновой модели в программе и для каждого пикселя фона вычисляется математическое

ожидание и среднее квадратичное отклонение за n кадров. Принадлежность пикселя к движущемуся объекту выполняется в случае, когда разность среднее квадратичного отклонения фонового пикселя и отклонения текущего превышает определенное пороговое значение p :

$$|\mu(x, y) - X_t(x, y)| - \sigma(x, y) \geq p$$

Анализ последовательности изображений с движущимися по транспортеру бревнами показал, что не всегда удается однозначно установить соответствие между объектами видеопоследовательности в силу двух обстоятельств: перекрытие двух и более объектов (рис. 2) и разделение одного объекта на несколько областей в результате неправильной сегментации.

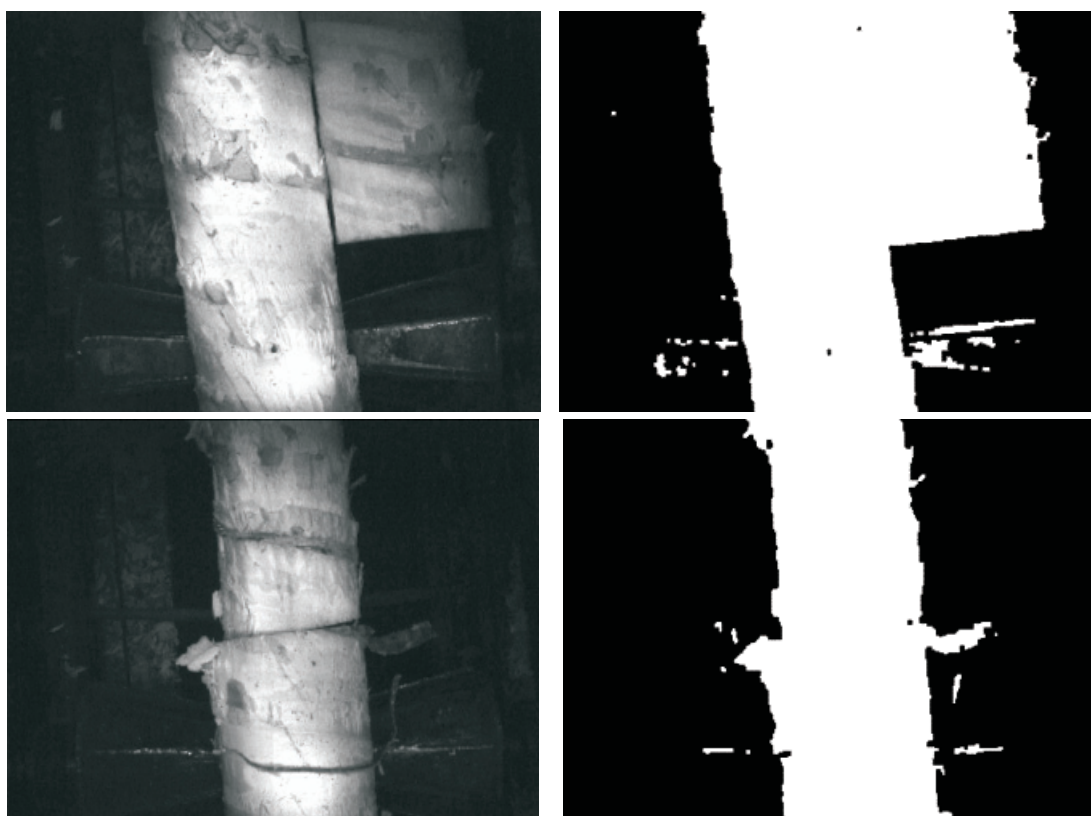


Рис. 2. Перекрытие переднеплановых объектов. Слева: исходное изображение; Справа: результат выделения движущихся объектов

В целом при установлении соответствия между объектами могут встретиться два общих случая:

1. Установлено однозначное соответствие между объектами предыдущего кадра и объектами текущего кадра.

2. Не найдено полного или частичного соответствия объектам предыдущего кадра объектам текущего кадра. Этот случай соответствует исчезновению объекта из ви-

деопоследовательности, появлению нового объекта, перекрытию двух и более объектов или разъединению объектов на несколько областей.

Для предотвращения перекрытия двух и более объектов производится их разбиение при помощи предсказания положения объектов из предыдущего кадра в текущем. Горизонтальное и вертикальное смещение оценивается как среднее арифметическое

соответствующих векторов смещения за предыдущие n кадров.

Величина n определяется эмпирическим путем в зависимости от динамичности изменения сцены. Для динамичных процессов достаточно величины $n = 2$, в данной задаче $n = 3$.

Таким образом, для задачи оценки движущихся по конвейеру бревен алгоритм выделения переднеплановых объектов включает следующие действия:

1. Вычитание модели фона
2. Обновление модели фона
3. Сравнение с предсказанным
4. Предсказание
5. Слияние/разбиение областей

Заключение

Описанный в данной статье детектор движущихся объектов был апробирован на ряде изображений видеопоследовательности реального технологического процесса. По результатам тестирования можно сделать вывод о соответствии предложенного детектора требованиям задачи выделения движущихся по конвейеру бревен. Несмотря на неблагоприятные изначальные условия, такие как слабая контрастность сцены, быстродвижущиеся объекты и динамический фон, за время тестирования алгоритма (более 435000 кадров видеопоследовательностей) не было зафиксировано ни одного случая появления критических ошибок, к которым относятся ситуации ложного срабатывания или перепутывания

объектов, что говорит о высокой степени надежности детектора.

Список литературы

1. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1007 с.
3. Лукьяница А.А., Шишкин А.Г. Цифровая обработка видеоизображений. – М.: Ай-Эс-Эс Пресс, 2009. – 512 с.
4. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
5. Яне Б. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2007. – 584 с.

References

1. Bendat Dzh., Pirsol A. Prikladnoj analiz sluchajnyh dan-nyh: Per. s angl. M.: Mir, 1989. 540 p.
2. Gonsales R., Vuds R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij. M: Tehnosfera, 2005. 1007 p.
3. Luk'janica A.A., Shishkin A.G. Cifrovaja obrabotka videoizobrazhenij. M.: Aj-Jes-Jes Press, 2009. 512 p.
4. Forsajt D., Pons Zh. Komp'yuternoje zrenie. Sovremenny jpodhod. M.: Izdatel'skijdom «Vil'jams», 2004. 928 p.
5. Jane B. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij. M: Tehnosfera, 2007. 584 p.

Рецензенты:

Доросинский Л.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии», УрФУ, г. Екатеринбург;

Поршнева С.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Радиоэлектроника информационных систем», УрФУ, г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 19.12.2013.