

УДК 004.932:519.23

В.Н. Чернов**ВЕРОЯТНОСТНАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ МАЛОКОНТРАСТНЫХ
ДВИЖУЩИХСЯ ОПТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Рассмотрен новый метод обнаружения движения объектов относительно фона на видеоизображениях, использующий условные вероятностные характеристики обнаружения. В основе реализованного метода использовалась расширенная модель Марковских полей и критерий Байеса, чувствительность и точность которых основывается на границах Чернова, понятие которых расширено до двумерных границ.

Модификация статистической модели позволила обнаруживать незначительные перемещения маломерных объектов на фоне с совпадающими распределениями яркости.

Сегментация; Марковские случайные поля; граница Чернова; критерий Байеса; условная вероятность; априорная неопределенность.

V.N. Chernov**PROBABILISTIC SEGMENTATION OF LOW-CONTRAST OPTICAL
AND MOVING OBJECTS**

A new probabilistic method of improving low-contrast and small sized objects reliable detection on the images with hardly formalized background, under the conditions of full a priori uncertainty is considered. The notion of the Chernoff's bound in the case of an object's brightness and background arbitrary ratio basing on more peculiar Markov Random Field model and statistical approaches of classification and detection of objects is widened.

The proposed dynamic segmentation allows forming binary fields with signs of objects' motion on the gray or colour image sequence that for measuring parameters of motion in real time could be used.

Segmentation; Markov random fields; Chernoff's bound; Bayesian criterion; conditional probability; prior uncertainty.

Введение. Системы видеонаблюдения реального времени контролируют фоновые видеоизображения от телевизионных и тепловизионных датчиков, позволяют обнаруживать, распознавать и сопровождать объекты на их последовательностях.

Для описания сигналов используются многомерные модели, среди которых особый интерес вызывают модели с полной априорной неопределенностью и которые необходимо исследовать для повышения надежности обнаружения движения малоcontrastных объектов над трудно формализуемым фоном.

Теоретическая часть. При обнаружении или классификации сигналов применяются различные критерии, например, критерий Байеса, основанный на вычислениях и сравнениях условных апостериорных вероятностей [1], для чего последовательно измеряются параметры неизвестных сигналов и сравниваются с заранее установленной границей.

При обнаружении объектов на видеопоследовательностях, для которых помехами являются свойства датчиков и фон, основным параметром является яркость пикселей $L(i,j)$ в некотором диапазоне $0...255$. Каждый пиксель имеет координаты $i=0,1,...,N$ – номер строки, $j=0,1,...,M$ – номер столбца. Для яркости используется описание в виде гистограммы $P(b)=P\{L(i,j)=b\}$.

Яркость является основным параметром для выполнения сегментации. Определение порогов сегментации является сложной и слабо формализуемой проблемой. Основными методами формирования порогового уровня являются [3]:

- ◆ половинного размаха;
- ◆ минимума между максимумами;
- ◆ половинной площади гистограммы;
- ◆ среднего значения сигнала;
- ◆ адаптивного максимума производной сигнала;
- ◆ адаптивного к изменяющемуся в пределах изображения среднему уровню сигнала.

Для последнего метода алгоритм пороговой сегментации для массива $L(i,j)$ имеет вид

$$s(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{если } L(i, j) > T(i, j); \\ 0, & \text{иначе;} \end{cases}$$

где $s(i,j)$ – результат сегментации, $T(i,j)$ – значение порога в произвольной точке.

Выбор возможен для унимодальных законов распределения яркости. Еще одним ограничением являются узкие границы перехода между областями сегментации.

Методы обнаружения движения объектов на последовательности кадров основаны на мере разности для каждого пикселя или группы пикселей [2]. Измерение направления движения определяется для нескольких кадров. Помехи снижают точность вычислений и делают невозможным обнаружение движения. Вероятностный подход к анализу композиции объекта и фона решает эту проблему.

Разностный метод. Общим подходом при реализации метода покадровой разности является оценка случайной величины $Z=L(x)-L'(x)$.

Для области фона $Z=0$. Наличие аппаратных и внешних шумов образует последовательности разностей, подчиненных нормальному закону.

Учитывая, что $Z>0$, можно оценить вероятность для некоторого диапазона яркости $P=Pr\{0 \leq Z \leq N\}$. Эта вероятность по определению равна

$$P = \int_0^N w_Z(x) dx,$$

где $w_Z(x)$ – функция плотности вероятностей случайной величины Z .

Обычно вид функции $w_Z(x)$ неизвестен и, поэтому расчет P невозможен.

Для решения данной проблемы предлагается следующий модельный эксперимент.

Формируется случайная величина $Z = \sum_{i=1}^N z_i$, где z_i – независимые и одинаково распределенные случайные величины, и опорная последовательность нормальных случайных величин. В каждой точке к случайной величине прибавляется и вычитается независимая случайная величина. Формируется коридор и определяется вероятность попадания третьей независимой случайной величины в этот коридор. На рис. 1 приведена осциллограмма эксперимента для последовательности $N=1000$: опорная равномерная случайная величина (сплошная жирная линия, $m=10$, $\sigma=1$) с установленными границами (штриховая линия, $m=0$, $\sigma=1,25$) и сравниваемая случайная величина (сплошная тонкая линия, $m=10$, $\sigma=1$).

Распределения в виде гистограмм вычислялись для верхней A_h и нижней A_b границ коридора. Для третьей случайной величины определялось условие $Pr[A_h < Z < A_b]$.

На рис. 2 приведены гистограммы для этих случайных величин.

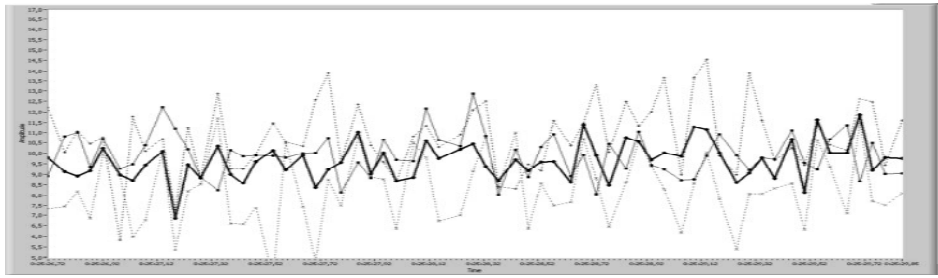


Рис. 1. Оценка вероятности попадания последовательности независимых случайных величин в заданный коридор

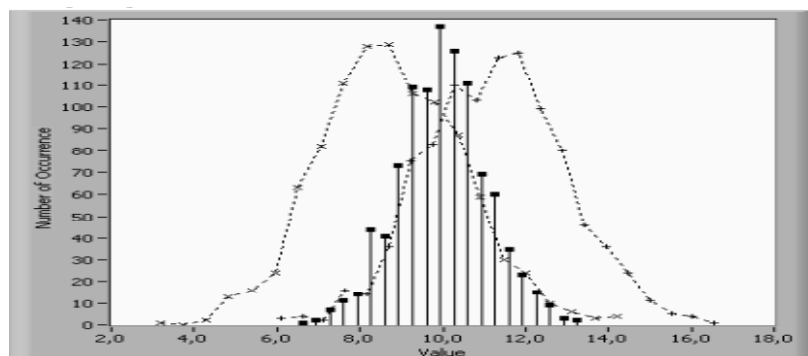


Рис. 2. Распределение попаданий в заданный коридор (столбиковая диаграмма). Распределение для нижней (символ x) и верхней (символ +) границ

Отсюда, сегментация движения объекта на случайном фоне сводится к поиску различий в двух распределениях, относящихся к фону и объекту. Известные решения используют верхнюю оценку вероятности несовпадения (байесовский подход), которая может быть уточнена путем применения аддитивного неравенства или границы Чернова (Chernoff's bound) λ для случайной величины X со среднеквадратичным отклонением σ [1]:

$$Pr[X \geq \lambda\sigma] \leq e^{-\frac{\lambda^2}{4}}.$$

Эта граница является односторонней, максимумы распределений яркостей фона и объекта должны быть разнесены по шкале, а края иметь резкий спад.

Можно провести наглядный модельный эксперимент для изображения сложной текстуры с равномерной яркостью. Если подсчитать цепочки целых (диапазон 0–255) чисел, для которых выполнялись условия: два (более) последующих числа возрастают (убывают), то гистограмма частоты появления двух чисел по убыванию/возрастанию (точки 5 и 6), трех чисел (точки 4 и 7) и т.д. до семи чисел представлена на рис. 3. Правый рисунок показывает число равных чисел.

Анализ показал экспоненциальную падающую зависимость для длин убывающих и возрастающих цепочек (Марковские цепи). Одновременно выявлено значительное число равных пар (точка 0).

Аналогичные исследования для реальных изображений показали существенное отличие их последовательностей от экспоненциальных.

Описание эксперимента. Реализацию предлагаемого метода с использованием вероятностного коридора рассмотрим на сегментации движения автомобиля.

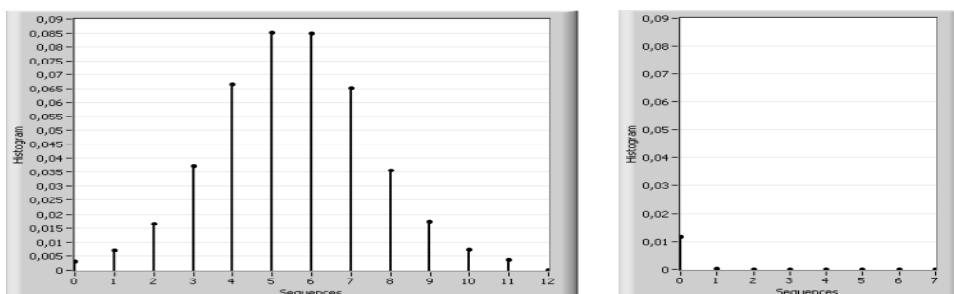


Рис. 3. Частота появления убывающих и возрастающих последовательностей

Кадры (рис. 4) были получены в системе PAL. Автомашина двигалась со скоростью около 40 км/ч на удалении 100 метров.



Рис. 4. Первый и пятый кадр движения автомобиля

Анализ гистограммы яркости показал, что по изображению объекта, находящегося в диапазоне яркости 80–180, обнаружить движение невозможно.

Обработка двух кадров с использованием вероятностной сегментации обеспечило получение бинарного изображения, соответствующего движению объекта (рис. 5).

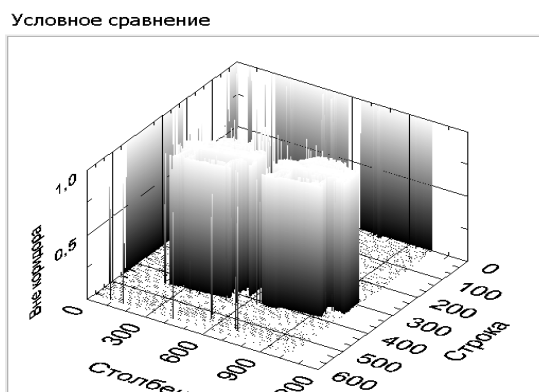


Рис. 5. Бинарное поле для объекта (рис. 4)

Выводы по вероятностной сегментации.

1. Разработанный модельный эксперимент наглядно показал источник основных ошибок классификации реальных движущихся объектов в условиях аппаратных и внешних помех. Также удалось получить наглядные иллюстрации формирования критериев распознавания и их предельные возможности.

2. Предложена модель для описания изображений с помощью условных вероятностных последовательностей для покадрового логического сравнения изображений при значительной априорной неопределенности параметров изображений фона и объекта во времени и в пространстве.

Исследования проводились в среде моделирования LabVIEW.

Бинарное поле признаков можно использовать для построения алгоритмов измерения параметров движения (скорость, ускорение, траектория) с высокой точностью и с программной эффективностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Chernoff H.* A measure of asymptotic efficiency for tests of a hypothesis based on the sum of observation // *Annals of Mathematical Statistics.* – 1952. – Vol. 23, № 4. – P. 493-507.
2. *Lucas B.D., Kanade T.* An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision // *Proceedings of Imaging Understanding Workshop, Carnegie-Mellon University.* – 1981. – P. 121-130.
3. *Frucci M.; Sanniti di Baja G.* From Segmentation to Binarization of Gray-level Images // *Journal of Pattern Recognition Research.* – 2008. – № 3 (1). – P. 1-13.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н. В.П. Тепин.

Чернов Валерий Николаевич – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: prof@vnchernov.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Фрунзе, 61, кв. 40; тел.: 89081804272; кафедра теоретических основ радиотехники; к.т.н.; доцент.

Chernov Valery Nikolayevich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: prof@vnchernov.ru; 61-40, Frunze street, Taganrog, 347900, Russia; phone: 89081804272; the department of fundamentals of radio engineering; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 004.932.2

В.Г. Бондур, А.Б. Мурынин, А.А. Рихтер, М.А. Шахрамьян

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЫ ПО МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Описан алгоритм оценки степени деградации почв с использованием аэрокосмических изображений. Представлена блок-схема программного модуля, реализующего предложенный алгоритм. Приведен пример исследования деградации почвы при замусоривании в районах крупных городских свалок. Рассмотрены результаты исследования деградации почвы на тестовом участке, включающем: полигон твердых бытовых отходов Кучино (Московская область, Балашихинский район, городской округ Железнодорожный), который является наиболее крупным в Московской области. Проводится сравнение тестового участка с его окрестностями и прилегающими населенными пунктами. Проведен анализ результатов обработки тестового участка по засоленности и влагопотере почвы.

Степень деградации почвы; индексы состояния подстилающей поверхности; замусоривание почвы; дистанционная оценка состояния почвы.