

фонового пикселя  $e_{n-1}(x, y)$  и текущего пикселя  $e_n(x, y)$  должны быть равны и близки к нулю. Если же пиксель является граничным для области задымления, то будут наблюдаться характерные всплески в разнице значений энергии фонового и текущего пикселей. Это происходит из-за частого перехода такого рода пикселя из области задымления в область фона, и наоборот. Точки изображения, прошедшие контроль частотных характеристик, составляют собой массив точек полигональной аппроксимации формы области с вероятным наличием дыма.

На последнем шаге происходит контроль формы найденной области на выпуклость. В некоторой степени упрощения область задымления представляет собой выпуклый многоугольник, что следует из особенностей газообразной природы пара и дыма. Для проверки выпуклости граница найденной области пересекается несколькими горизонтальными и вертикальными прямыми линиями, после чего анализируется количество точек пересечения. Для выпуклой области оно всегда меньше или равно двум. Область, прошедшая контроль по всем четырем шагам, с высокой вероятностью соответствует области задымления и сопровождается на изображении цветовыми маркерами.

Метод визуального детектирования дыма на основе вейвлет-преобразований обладает высокой степенью эффективности, поскольку использует для анализа главную отличительную особенность видеопотока – наличие динамических характеристик искомой области. В настоящее время разрабатывается программная реализация данного метода визуального детектирования дыма.

#### Библиографический список

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2005.
2. Грибунин, Б. Теория и практика вейвлет-преобразований / Б. Грибунин, А. Воробьев. М.: Военный университет связи, 1999.
3. Левтин, К. Э. Блочно-текстурный метод детектирование дыма в видеопоследовательностях / К. Э. Левтин // ТиПВСИТ. Улан-Удэ, 2009. С. 248–250.
4. Vezzani, R. Smoke Detection in Video Surveillance: the Use of ViSOR (Video Surveillance Online Repository) / R. Vezzani, S. Calderara // EUSIPCO-2005, Poland, 2007. P. 540–543.

*K. E. Levitin*

Siberian State Aerospace University named after academician M. F. Reshetnev, Russia, Krasnoyarsk

#### VIDEO STREAM SMOKE DETECTION BASED ON WAVELET TRANSFORMS

*An approach that describes the algorithm for smoke detection in video stream based on applying a wavelet transform to candidate images and on some especial physical processes of smoke as gaseous substance is discussed.*

© Левтин К. Э., 2009

УДК 004.932.75'1

*С. В. Метляев*

Сибирский государственный аэрокосмический университет  
имени академика М. Ф. Решетнева, Россия, Красноярск

#### РАСПОЗНАВАНИЕ СКЕЛЕТНЫХ ОБРАЗОВ

*Рассматривается скелетное представление, используемое для распознавания символов. Описаны построение набора вектора скелетных признаков и формирования оценок распознавания.*

Процедура скелетизации исходных изображений символов, ее использование в системах распознавания текста давно изучается разными авторами, ей посвящена многочисленная литература [1; 2].

Рассматривается задача, когда на изображения со сложной цветовой структурой нанесены печат-

ные символы, которые необходимо распознать. На начальном этапе исходное изображение подвергается предварительной обработке, заключающейся в улучшении изображения, очистки от шумов и т. д. На следующем этапе происходит поиск областей, в которых большая вероятность содержания текстовых символов. К найденным

областям применяется процедура скелетизации (утонышения), в результате которого формируется скелетное представление.

Для ускорения получения скелетного представления применяется ряд технических приемов, таких как получение сведений о возможности удаления точки и о последующей точке перехода по границе с использованием предварительно подготовленных таблиц, а не с помощью вычисления нужных величин.

Главная задача скелетного представления символа – предоставить возможность для получения ряда характеристик исходного изображения, в связи с этим можно использовать скелетное представление символа для выделения характеристик символа. Утоненное изображение анализируется, и в особой таблице фиксируются его следующие параметры: особые точки, структура контура, цепной код.

В полученном описании скелетного представления производится огрубляющая предобработка, состоящая в удалении коротких линий, объединении близких триодов, уничтожении малых внутренних контуров. Для внешнего контура находят его тип или топологический код. Для этого контур записывают в виде последовательного набора номеров особых точек, соответствующих обходу по часовой стрелке. Затем с помощью перенумерации особых точек и изменения начала контура делают попытку отождествления контура с одним из основных типов.

Топологические признаки, которые могут использоваться при анализе скелетизованного представления символов следующие:

- нормированные координаты особой точки (вершины графа);
- длина ребра до следующей вершины в процентах от длины всего графа;
- нормированное направление из данной точки на следующую особую точку;
- нормированное направление входа в точку, выхода из точки (для триодов эти значения различаются, для точек индекса 1 совпадают с точностью до знака);
- кривизна дуги, точнее «левая» и «правая» кривизна дуги, соединяющей особую точку со следующей вершиной (кривизна слева и справа). Кривизна вычисляется как отношение максимального расстояния от точек дуги (находящихся соответственно слева/справа от прямой) до прямой, соединяющей вершины, к длине отрезка, соединяющего те же вершины.

Обучение метода состоит в построении деревьев распознавания для каждого из определенных заранее (вручную или автоматически) топологических кодов. Кратко опишем процедуру построения дерева распознавания.

Для каждого топологического кода в обучающем множестве проводится отбор всех имен символов, имеющих достаточно большое представительство. Для каждого имени проводится анализ имеющихся значений признаков  $p[i]$ ,  $i = 1, \dots, N$ , где  $N$  – число признаков для текущего топологического кода. Обозначим  $A_i$  – множество имеющихся значений для признака  $i$  для символов с именем  $A$ . Тогда для каждого  $i$ ,  $0 < i \leq N$ ,  $A_i$  представляется в виде

$$A_i = A_{i1} \cup K \cup A_{imi},$$

$$A_{ij} = \{x \in R \mid s_{ij} \leq x \leq e_{ij}\},$$

где  $mi$  различно для каждого  $i$  и для каждого  $A$ . Далее производится поиск конфликтов. Если для некоторых символов  $A, B$  значения признаков пересекаются, т. е.  $A_i \cap B_i \neq \emptyset$  для  $\forall i, i = 1, \dots, N$ , тогда проводится попытка разрешить конфликт. Делается попытка найти некоторый наилучший для разбиения (наиболее дисперсионный) признак  $j$ , выбрать точку деления этого признака  $k$ , и разбить множество  $A$  на два непересекающихся подмножества  $A', A''$  таким образом, чтобы выполнялось условие

$$A = A' \cup A'',$$

$$A_j = A_j' \cup A_j'',$$

$$A_j' = A_{j1} \cup A_{j2} \cup \dots \cup A_{jk},$$

$$A_j'' = A_{jk+1} \cup A_{jk+2} \cup \dots \cup A_{jmi}, 0 < k < m_j.$$

Затем процедура повторяется, т. е. для каждого  $A', A''$  проводится построение областей значений признаков и поиск конфликтов с равноименными символами с возможной дальнейшей разбивкой множеств  $A', A''$  и т. д. Конечно, все конфликты разрешить удастся не всегда, поэтому при распознавании в ряде случаев будет выдаваться не одна альтернатива, а несколько. Оценки результирующих альтернатив будут зависеть как от значений признаков (топологических и не топологических), так и от представительности конфликтующих символов в обучающем множестве.

Таким образом, распознавание является древовидным, текущее дерево распознавания выбирается с помощью топологического кода.

Метод распознавания символов на основе их скелетного представления имеет ряд преимуществ в сравнении с другими методами: простота реализации метода, точность полученных результатов, высокая скорость (быстродействие) в зависимости от выбора метода скелетизации.

### Библиографический список

1. Lam, L. Thinning Methodologies: A Comprehensive Survey / L. Lam, S. W. Lee, C. Y. Suen // IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 14. 1992. P. 869–885.

2. Plamondon, R. Methodologies for Evaluating Thinning Algorithms for Character Recognition / R. Plamondon, C. Y. Suen, M. Bourdeau, C. Barriere.

Int'l. J. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, special issue thinning algorithms. 1993. Vol. 7, № 5. P. 1 247–1 270.

S. V. Metlyayev

Siberian State Aerospace University named after academician M. F. Reshetnev, Russia, Krasnoyarsk

## RECOGNITION OF THE SKELETAL IMAGES

*We consider a skeletal presentation used for a character recognition. We describe the construction of a set of vector skeletal traits and estimates mark of recognition.*

© Метляев С. В., 2009

УДК 681.3

В. В. Мутюков

Ульяновское высшее авиационное училище гражданской авиации (институт), Россия, Ульяновск

## ПРОГРАММНОЕ ДОПОЛНЕНИЕ К СРЕДСТВАМ РИСОВАНИЯ MS OFFICE ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

*Рассматривается задача аналитического представления некоторых зависимостей, заданных дискретно или графически. Предложен подход к аппроксимации такого вида зависимостей путем визуальной интерактивной обводки их кривыми линиями (сплайнами), включенными в панель рисования пакета MS Office.*

Задачи компьютерного моделирования непосредственно связаны с необходимостью интерполяции и аппроксимации различных данных и зависимостей, представленных в графическом виде. Например, если требуемая зависимость получена в результате сложных экспериментов или громоздких расчетов. В работе рассматривается задача аппроксимации таких зависимостей, решаемая путем визуальной подгонки рисованных кривых линий (сплайнов).

Математически сплайны состоят из алгебраических полиномов  $n$ -ой степени [1], состыкованных между собой с заданной степенью гладкости. В приложениях MS Office используется стандартная, встроенная в ОС Windows функция Безье, рисующая кубический параметрический сплайн, составленный из плоских фрагментов:

$$\mathbf{r}(u) = \mathbf{p}_0 \cdot (1-u)^3 + \mathbf{p}_1 \cdot 3 \cdot u (1-u)^2 + \mathbf{p}_2 \cdot 3 \cdot u^2 (1-u) + \mathbf{p}_3 \cdot u^3, \quad (1)$$

где параметр  $(u)$  задан в интервале  $[0, 1]$ .

Перетаскивание меток-манипуляторов в большинстве графических программ позволяет интерактивно изменять векторные коэффициенты (точки)  $\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3$ , задающие форму фрагмента сплайна, добиваясь его наилучшего совпадения с плоским фрагментом отсканированного изображения зависимости. Сначала размещаются концевые

точки  $\mathbf{p}_0$  и  $\mathbf{p}_3$ , и, затем, перемещением точек  $\mathbf{p}_1$  и  $\mathbf{p}_2$ , задающих направления желаемых касательных на концах кривой, подбирается нужная форма сплайна [1]. Для выполнения этих действий вполне достаточно средств стандартной панели инструментов «Рисование» пакета MS Office (автофигуры «Линия» или «Кривая»). После масштабирования полученных точек  $\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3$  по осям координат и подстановки полученных значений в уравнение (1), нетрудно вычислить значения реальных координат любой промежуточной точки фрагмента сплайна.

В задачах моделирования может потребоваться представить кубическим фрагмент сплайна  $\mathbf{R}(U)$  в виде разложения по другим базисным функциям (например, в степенной ряд):

$$\mathbf{r}(u) = \mathbf{c}_0 \cdot \Phi_0(x) + \mathbf{c}_1 \cdot \Phi_1(x) + \mathbf{c}_2 \cdot \Phi_2(x) + \mathbf{c}_3 \cdot \Phi_3(x). \quad (2)$$

Путем сопоставления уравнений кривой  $\mathbf{r}(u)$  в (2) с уравнением в Безье (1), можно установить соотношения между наборами векторов  $\mathbf{p}_0, \mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3$  и  $\mathbf{c}_0, \mathbf{c}_1, \mathbf{c}_2, \mathbf{c}_3$ .

В задачах аппроксимации в качестве независимой переменной чаще всего служит одна из координат  $(x)$ , наряду с остальными координатами в (1) зависящая от параметра  $u \rightarrow x(u)$ . Для вычисления зависимой от  $x$  переменной  $y = y(u(x))$  в