

## МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ СПЕЦПРОЦЕССОРА ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Д.В. Гринёв

(Харьковский университет Воздушных Сил)

*Предлагается метод построения спецпроцессора первичной обработки изображений, позволяющий осуществить сегментацию контуров изображений в режиме реального времени в результате распараллеливания процесса детектирования структурных элементов контура изображения.*

***обработка изображения, спецпроцессор, контур изображения, детектирование структурных элементов, сегментация***

**Постановка проблемы и анализ литературы.** Для реализации процесса распознавания изображений объектов в режиме реального времени необходимо создание единого аппаратно-программного комплекса. Время распознавания изображения объекта зависит от скорости выполнения этапа предварительной обработки и скорости выполнения этапа непосредственного распознавания. Наиболее затратным, с точки зрения обработки информации, является этап предварительной обработки изображения [1]. Одним из путей уменьшения времени работы процесса предварительной обработки является построение спецпроцессора первичной обработки изображения объекта, на основе использования многопроцессорной вычислительной системы [2].

**Целью данной статьи является** разработка метода построения спецпроцессора первичной обработки изображений, служащего для уменьшения времени решения задачи определения краев в контурах изображений и задачи сопоставления сегментам определенных линий краев контуров изображений отрезков прямых и кривых линий.

Рассмотрим систему детекторов восприятия изображений. Определим, что система первичной обработки сигналов определяет ориентацию минимальных элементов контуров изображений. При первичной обработке сигналов, полученных от фоточувствительных ПСЗ детектируются: элементарные неориентированные элементы контура изображения (ЭНОЭ) – точки, элементарные ориентированные элементы контура изображения (ЭОЭ) – единичные ориентированные отрезки контура изображения.

Первый уровень – детектирование ЭНОЭ контура изображения, осуществляется фоточувствительными приборами, составляющими матрицу  $D^1$  размером  $m \times m$ :

$$D^1 = \begin{pmatrix} d_{11}^1 & d_{12}^1 & \dots & d_{1m}^1 \\ d_{21}^1 & d_{22}^1 & \dots & d_{2m}^1 \\ \vdots & & & \\ d_{m1}^1 & d_{m2}^1 & \dots & d_{mm}^1 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $d_{i,j}^1$  – детектор первого уровня детектирования.

Введем следующие определения:

**Определение 1.** Детектором  $d$  системы распознавания объектов называется информационный элемент, который ставится в соответствие определенному элементу структуры распознаваемого объекта, либо распознаваемому объекту в целом.

**Определение 2.** Системой детекторов распознавания объектов  $D$  называется множество структурно – взаимосвязанных детекторов, образующих многоуровневую древовидную структуру, корневой элемент которой ставится в соответствие распознаваемому объекту в целом.

На втором уровне детектирования осуществляется определение и детектирование ЭОЭ контура изображения, что соответствует образованию ориентированных колонок. Детектирование ЭОЭ осуществляется в результате сравнения реакции соседних, в определенных направлениях ориентации, детекторов первого уровня детектирования.

Детектирование ЭОЭ определяется функцией структурной непрерывности  $\text{Cont}$ , определенной в работе [3]. Тогда

$$\text{Cont}(d_{i,j}^1, d_{i+1,j}^1) = d_{i,j}^{2k}, \quad (2)$$

где  $d_{i,j}^1, d_{i+1,j}^1$  – элементы матрицы  $D^1$ , последовательно расположенные в определенном направлении ориентации. Множество коллинеарных компланарных скользящих векторов  $d_i^{2k}$  ( $i = \overline{1, m}$ ), определяют  $k$ -ое направление ориентации и образуют множество векторов  $D^{2k}$ .

При определении на множестве векторов типа  $d_{i,j}^{2k}$  операций сложения и умножения на число, образуется векторное пространство  $D^2$ , состоящее из подпространств, образованных множествами  $D^{2k}$ :

$$D^2 = \sum_{k=1}^n D^{2k}, \quad D^{2k} \subset D^2. \quad (3)$$

В случае существования непрерывно-ориентированного элемента контура изображения (НОЭ), детектируется наличие линейного отрезка в контуре изображения, имеющего метрическую характеристику, отличную от единицы.

Таким образом, детектирование НОЭ осуществляется при возбуждении подмножества детекторов  $(d_{i,j}^{2k}, d_{i,j+1}^{2k}, \dots, d_{i,j+n}^{2k}) \in d_i^{2k} \subset D^{2k}$ .

Данному подмножеству возбужденных детекторов соответствует скользящий вектор  $d_{i,|m|}^{2k}$ :

$$d_{i,j}^{2k} + d_{i,j+1}^{2k} + \dots + d_{i,j+n}^{2k} = (n+1) \cdot d_{i,j}^{2k} = md_{i,j}^{2k} = d_{i,|m|}^{2k} \quad (4)$$

где  $m=n+1$ ,  $|m|$  – модуль вектора  $md_{i,j}^{2k}$ .

Вектор  $d_{i,|m|}^{2k}$  определяет детектирование НОЭ, имеющего метрическую характеристику равную  $|m|$ .

При существовании функции изменения Chan направления детектируются конечные элементы линейного отрезка в контуре изображения (КЭО).

Таким образом, детекторы второго уровня детектирования формируются в результате использования функций структурной непрерывности (Cont) и изменения направления (Chan) и полностью описывают денотативную структуру распознаваемого изображения.

Для разработки и исследования системы детекторов распознавания базовых элементов концептуальной структуры объектов рассмотрим третий уровень детектирования  $D^3$ , являющийся начальным уровнем формирования системы детекторов, определяющих концептуальную структуру распознаваемых объектов [3]. Количество уровней детектирования, описывающих данную структуру, зависит от сложности структуры взаимосвязи элементов контура распознаваемого изображения.

При построении концептуальной структуры распознаваемого объекта в результате рассмотрения, в данном случае, все более обобщенных структур контура изображения, формируется система детекторов распознавания концептуальной структуры изображений, имеющая древовидную структуру и сходящаяся к одному корневому элементу (детектору).

Для определения взаимосвязи структурных элементов контура изображения на третьем уровне детектирования  $D^3$ , введем строки структурных переходов (ССП), которые будут обозначаться, как  $Sp_{ij}$ .

ССП устанавливаются на уровне  $D^2$  и служат для осуществления взаимосвязи структурных элементов, детектируемых на уровне  $D^2$ , при-

надлежащих различным множествам  $D^{2k}$ . В общем случае, данная взаимосвязь устанавливается при выполнении следующего условия:

$$\exists d_{i,j}^1 = D^{2k} \cap D^{2k+i} \cap \dots \cap D^{2k+n} \rightarrow \exists Sp_{i,j}(d_{i,j}^{2k}, d_{i,j}^{2k+i}, \dots, d_{i,j}^{2k+n}), \quad (5)$$

где значения индексов  $i, j$  детекторов типа  $d^{2k}$  – различны.

Установим ССП между всеми детекторами типа  $d_{i,j}^{2k}$  уровня  $D^2$ , образованными в соответствии с выполнением условия (5), показанных на рис. 1. Количество ССП соответствует размерности матрицы  $D^1$  и равно  $m^2$ . Уровень детектирования  $D^1$  представлен фрагментом матрицы  $d^1$  с индексами строк  $i \div i+3$  и индексами столбцов  $j \div j+3$ . Уровень детектирования  $D^2$  представлен множествами детекторов  $D^{21} \div D^{28}$ , определяющими восемь направлений ориентации.

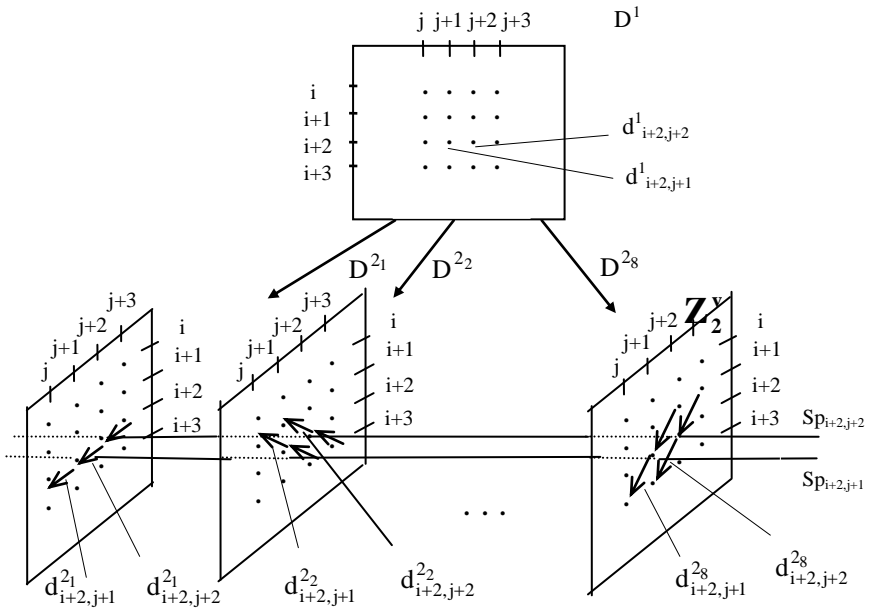


Рис. 1. Схема установления ССП

Детекторы каждого множества  $D^{2k}$  ( $k = \overline{1,8}$ ) представлены в виде единичных векторов типа  $d_{i,j}^{2k}$ , объединяющих проекции детекторов  $d_{i,j}^1$  на соответствующие направления ориентации векторного пространства  $D^2$ . Детектор  $d_{i+2, j+2}^{21}$ , определяющий единичный вектор (ЭОЭ), образо-

ван в результате возбуждения детекторов  $d_{i+2,j+2}^1$  и  $d_{i+2,j+1}^1$ . ССП  $Sp_{i+2,j+2}$  и  $Sp_{i+2,j+1}$  устанавливают взаимосвязь данного детектора с детекторами на множествах  $D^{2^2} \div D^{2^8}$ , в образовании которых участвовали возбужденные детекторы  $d_{i+2,j+2}^1$  и  $d_{i+2,j+1}^1$ .

Таким образом,  $Sp_{i+2,j+2}$  и  $Sp_{i+2,j+1}$  взаимосвязывают проекции детекторов  $d_{i+2,j+2}^1$  и  $d_{i+2,j+1}^1$  на векторных подпространствах  $D^{2^1} \div D^{2^8}$ . Детектор  $d_{i+2,j+2}^{2^1}$ , как и любой другой детектор типа  $d_{i,j}^{2^k}$ , имеет две ССП.

**Определение 3.** ССП  $Sp_{i+2,j+1}$ , проходящая через проекцию детектора  $d_{i+2,j+1}^1$  на векторном подпространстве  $D^{2^1}$ , соответствующую концу вектора  $d_{i+2,j+2}^{2^1}$ , называется исходящей ССП детектора  $d_{i+2,j+1}^{2^1}$  и обозначается  $\bar{S}p_{i+2,j+2}$ .

**Определение 4.** ССП  $Sp_{i+2,j+2}$ , проходящая через проекцию детектора  $d_{i+2,j+2}^1$  на векторном подпространстве  $D^{2^1}$ , соответствующую началу вектора  $d_{i+2,j+2}^{2^1}$ , называется входящей ССП детектора  $d_{i+2,j+2}^{2^1}$  и обозначается  $\dot{S}p_{i+2,j+2}$ .

Исходящая ССП любого возбужденного детектора осуществляет взаимосвязь данного детектора с единственным возбужденным детектором на каждом множестве  $D^{2^k}$ , для которого данная ССП является входящей. ССП  $\dot{S}p_{i+2,j+1}$  устанавливает взаимосвязь детектора  $d_{i+2,j+1}^{2^1}$  с одним из детекторов множества  $(d_{i,j}^{2^2}, \dots, d_{i+1,j}^{2^8})$ , для которых данная ССП является исходящей.

**Определение 5.** Отрезок ССП, связывающий множество возбужденных детекторов  $(d_{i,j}^{2^k}, \dots, d_{m,n}^{2^{k+1}})$ , называется активным участком ССП.

Если существует последовательность активных участков ССП, взаимосвязывающих множество возбужденных детекторов  $(d_{i,j}^{2^k}, d_{i,j}^{2^{k+1}}, d_{i,j}^{2^{k+2}}, \dots, d_{i,j}^{2^{k+n}})$ , где значения индексов  $i, j$  детекторов, в общем случае, различны и каждый детектор  $d_{i,j}^{2^{k+i}}$  имеет входящий и исходящий активный участок ССП:

$$\bar{S}p_k(d_{ij}^{2k}) = \dot{S}p_{k+1}(d_{ij}^{2k+1}),$$

$$\dots$$

$$\bar{S}p_{k+(n-1)}(d_{ij}^{2k+(n-1)}) = \dot{S}p_{k+n}(d_{ij}^{2k+n}),$$
(6)

то существует последовательное изменение направления ориентации элемента в цепочке взаимосвязанных НОЭ. Данная последовательность изменения ориентаций образует элемент объекта с монотонно изменяющейся ориентацией (МИЭ). Детектор МИЭ обозначается  $\bar{d}_{i,j}^3$ , где  $i, j$  – индексы направлений ориентации КЭО в структуре МИЭ. МИЭ – элемент контура, характеризующийся, в общем случае, тремя типами детектируемых параметров: 1 – изменением значения  $|m|$  детектора  $d_{i|m}^{2k}$ ; 2 – направлением изменения ориентации (НИО) НОЭ, образующих данный МИЭ; 3 – общей ориентацией МИЭ, определяемой ориентацией КЭО, содержащихся в структуре МИЭ (в случае незамкнутого контура изображения).

**Выводы.** Таким образом, метод построения спецпроцессора, на основе системы детекторов, определяет основные элементы концептуальной структуры распознаваемых объектов, являющиеся базовыми в процессе формирования концептуальной структуры. Реализация данного спецпроцессора повысит скорость выделения контуров и сопоставления сегментам определенных линий краев контура соответствующих отрезков прямых и кривых линий для последующего распознавания двумерных контурных изображений, вследствие распараллеливания процесса первичной обработки изображений. Это позволит повысить скорость процесса предварительной обработки изображений для автоматического распознавания объектов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
2. Системы параллельной обработки / Под ред. Д. Ивенса. – М.: Мир, 1985. – 411 с.
3. Гринёв Д.В. Классификация и идентификация объектов с использованием структурно-лингвистического метода // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вып. 11. – С. 44 – 48.

Поступила 1.07.2005

**Рецензент:** доктор технических наук, профессор В.А. Краснобаев,  
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства.