

УДК 681.325

Ю.В. Паржин¹, Д.В. Гринев², В.В. Онищенко²

¹Национальный технический университет "ХПИ", Харьков

²Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСИ НОРМАЛИЗАЦИИ В КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ КОНТУРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРОЕКТИВНЫМИ ИСКАЖЕНИЯМИ

Предлагается подход к нормализации концептуальных структур контурных изображений с проективными искажениями для построения структурно-лингвистического концепта распознаваемого объекта в режиме реального времени.

ось нормализации, проективные искажения, структурно-лингвистический концепт

Введение

В настоящее время для распознавания изображений объектов в режиме реального времени наиболее перспективно применять методы, основанные на структурно-лингвистическом подходе к распознаванию [1 – 3]. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования предложенного в работе [1] метода структурно-лингвистической классификации контурных изображений в режиме реального времени показали, что его применение в процессе

распознавания повышает вероятность правильной классификации изображений объектов по сравнению с известными структурными методами в среднем на 10 – 30% в зависимости от вида деформаций изображений. Для удовлетворения требованиям режима реального времени процесс построения концептов распознаваемых объектов должен уменьшать время на нормализацию структур контурных изображений за счет определения оси нормализации без полного перебора всех возможных вариантов ориентации исследуемых объектов на плоскости или в пространстве

для сравнения концептов, полученных в процессе распознавания, с эталонными концептами. В работе [4] предложен способ нормализации двумерных контурных изображений симметричных объектов, который позволяет устранить влияние незначительных проективных искажений, аффинных преобразований и деформационных изменений в структуре контура изображения на результат распознавания. Однако, рассмотрение только двумерных симметричных (или близких к полной симметрии) изображений объектов, полученных, например, при съемке с космического аппарата при небольшом отклонении угла съемки от положения в надир (от 0° до 20°), ограничивает диапазон применения данного метода. При переходе от рассмотрения двумерных изображений объектов на плоскости к трехмерным изображениям объектов в пространстве, которые описаны двумерными проекциями, полученными под различными углами съемки (от 0° до 90°), появляются несимметричные контурные изображения. Поэтому для распознавания трехмерных изображений объектов, представленных двумерными проекциями, необходимо разработать способ нормализации контурных изображений с проективными искажениями. **Целью данной статьи** является разработка способа нормализации концептуальных структур контурных изображений с проективными искажениями для распознавания объектов в режиме реального времени.

Результаты исследований

Предложенный в работах [1, 2] подход к распознаванию контурных изображений использует для устранения влияния проективных искажений различные структурные критические точки в контурах изображений для построения концептуальных структур, содержащих характерные признаки распознавания, инвариантных аффинным и структурным преобразованиям данных контуров.

Процесс представления исходной структуры контурного изображения в виде структуры высшего уровня общности, обладающей характерными признаками класса распознавания, происходит на основе определения структурных критических точек 1-го и 2-го рода [5]. Максимальные критические точки $t_i^{(1)}$ 1-го рода ($\tau = \overline{1, \lambda}$, где λ – количество критических точек 1-го рода) являются точками максимальной выпуклости структуры, а минимальные критические точки 2-го рода $t_j^{(2)}$ ($\gamma = \overline{1, \varepsilon}$, где ε – количество критических точек 2-го рода) являются точками максимальной вогнутости структуры (рис. 1, 2).

Для нахождения концептуальной структуры распознаваемого объекта после определения структурных критических точек, последовательно соединяются по направлению обхода контура все найденные критические точки. Таким образом, строится структура z^m m-го уровня общности, представленная на рис. 1 и 2 сплошной линией. При этом:

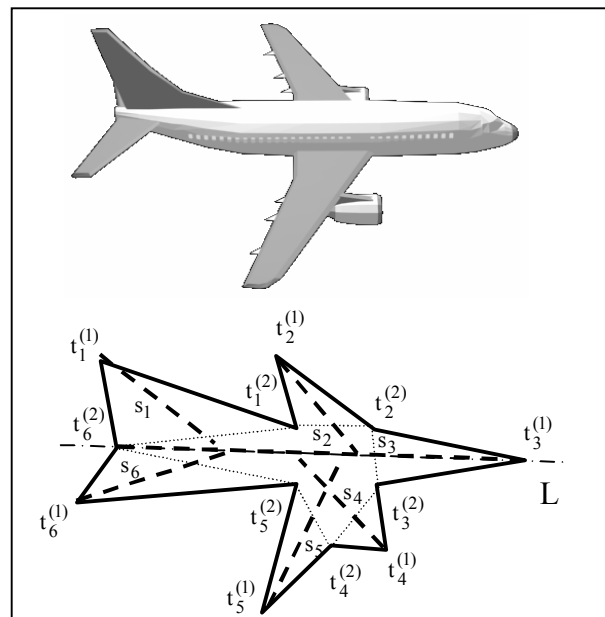


Рис. 1. Несимметричная концептуальная структура

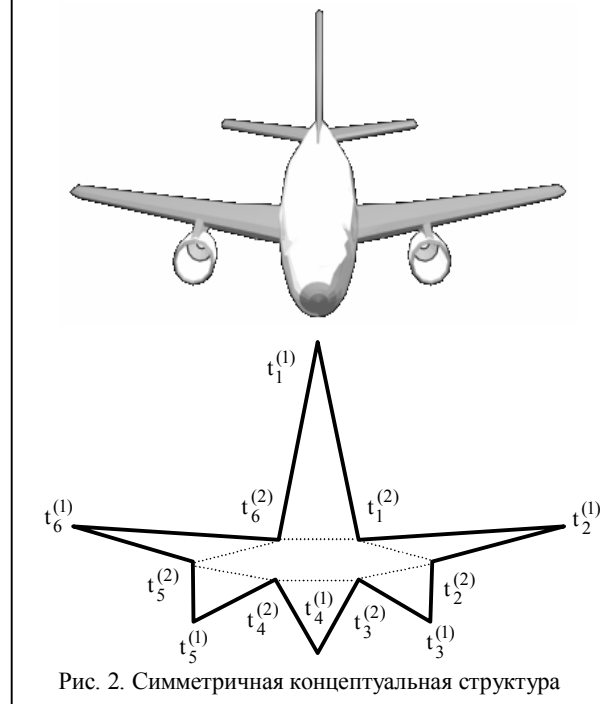


Рис. 2. Симметричная концептуальная структура

$$z^{(m)} = \{t_1, t_2, \dots, t_j, \dots, t_r\}, t_j = t_i^{(1)} \vee t_j^{(2)}, j = \overline{1, r},$$

где r – общее количество критических точек 1-го и 2-го рода. Отрезки, соединяющие данные точки определяются как обобщенные структурные элементы $b_j = (t_j, t_{j+1})$ ($j = \overline{1, \eta}$, где η – количество обобщенных структурных элементов).

Каждому элементу b_j структуры $z^{(m)}$ ставится в соответствие его направление ориентации g_j в относительной системе координат [5]:

$$b_j \Rightarrow \bar{x}_{\xi}^{\sigma} \Leftrightarrow g_j,$$

где \bar{x}_{ξ}^{σ} – вектор направления развития структуры [1].

Далее для построения структурно-лингвистического концепта необходимо определить ось

нормализации L. Разработанный способ нормализации состоит из основных двух этапов.

Этап 1. Предполагается, что структура контурного изображения симметрична или близка к полной симметрии и процесс нормализации основывается на нахождении структурных инвариантов контура изображения, удовлетворяющих необходимым и достаточным признакам определения оси симметрии [4]. Если в структуре контура присутствуют такие проективные искажения, что ось симметрии определить не удастся, то алгоритм нормализации переходит к этапу 2.

Этап 2. На данном этапе процесс нормализации основан на построении скелетона S контура $z^{(m)}$ изображения по структурным критическим точкам 1-го рода

$$S = \{s_1, \dots, s_j, \dots, s_n\}, \quad j = \overline{1, n},$$

где s_j – структурные элементы скелетона S, представленные на рис. 1 пунктирными линиями; n – количество структурных элементов скелетона. При этом:

$$s_j \Rightarrow \bar{x}_j^g \Leftrightarrow g_j^S; \quad g_j^S = \frac{g_j + g_{j+1}}{2};$$

$$b_j = (t_{j+1}^{(1)}, t_j^{(2)}) \Rightarrow g_j, \quad b_{j+1} = (t_{j+1}^{(1)}, t_{j+1}^{(2)}) \Rightarrow g_{j+1}.$$

Построение скелетона по структурным критическим точкам 1-го рода имеет преимущество по сравнению с известными структурными методами распознавания контурных изображений, основанных на построении скелетона путем разложения их контуров на ленты [5]. Основная сложность таких методов заключается в том, что нужно избежать неоднозначных разложений контуров за счет нахождения касательных к окружностям, имеющих большой радиус и захватывающих часть фона. Достоинство построения скелетона по структурным критическим точкам заключается в следующем:

- определение критических точек не связано с нахождением экстремумов кривизны, для отыскания которых необходимо явное задание кривой, что не всегда возможно;

- скелетон рассматривается в совокупности со структурными элементами b_j контура изображения, структура которого инвариантна таким аффинным преобразованиям как параллельный перенос, поворот на плоскости и изменение масштаба изображения;

- структурные элементы s_j скелетона являются основой для нахождения базовых подструктур высшего уровня общности (1-го уровня вложенности относительно исходной денотативной структуры изображения), определение которых в процессе распознавания ведет к уменьшению влияния деформационных искажений структуры.

Поиск оси нормализации основан на том, что структурный элемент s_j будет содержать точки пересечения ℓ_j^ξ с соответствующими элементами s_ξ ($\xi \neq j$). Тогда

$$s_j = \left\{ t_j^{(1)}, \ell_j^1, \dots, \ell_j^\xi, \dots, \ell_j^{n_j} \right\}, \quad |s_j| = n_j.$$

Таким образом, определяется остов скелетона s_μ , являющийся осью нормализации L для несимметричных структур контурных изображений

$$\mu = \left(j \mid \max_{j \in \overline{1, n}} n_j \right).$$

Так на примере, представленном на рис. 1 осью нормализации L является структурный элемент s_3 . Точка $t_3^{(1)}$ при этом будет начальной точкой нормализованной структуры z' . Если точку $t_3^{(1)}$ взять за начальную точку $t_1 = t_3^{(1)}$ нормализованной структуры z' , а все последующие за ней критические точки и структурные элементы пронумеровать относительно индекса первой точки, то структурный концепт $Cpt(I)$ изображения I исследуемого объекта будет представлять собой структуру:

$$Cpt(I) = z' = \{b'_1, b'_2, \dots, b'_n\}, \quad b'_j = (t_j, t_{j+1}) \Rightarrow g'_j,$$

где g'_j – направление ориентации структурного элемента b'_j нормализованной структуры z' в абсолютной системе координат [5].

Полученная таким образом нормализованная структура z' контурного изображения является структурным концептом Cpt распознаваемого изображения объекта и определяется множеством структурных признаков, формирующих класс объектов распознавания, инвариантных относительно проективных искажений и деформационных изменений в структуре. Структурному концепту Cpt будет поставлено в соответствие его лингвистическое представление $LCpt$ в виде конкатенации структурно-лингвистических элементов $v_{j,\sigma}$:

$$Cpt(I) \rightarrow LCpt(I) = v_{1,\sigma} * v_{2,\sigma} * \dots * v_{n,\sigma},$$

где * – пропозициональные связи.

Заключение

Применение разработанного способа нормализации концептуальных структур контурных изображений в процессе распознавания объектов позволяет:

- 1) уменьшить вычислительные и временные затраты на классификацию за счет определения оси нормализации для симметричных и несимметричных изображений объектов без полного перебора всех возможных вариантов ориентации исследуемых объектов;
- 2) повысить качество распознавания за счет инвариантности концептуальных структур изображений от проективных искажений в их контурах.

Список литературы

1. Гринев Д.В. Классификация и идентификация объектов с использованием структурно-лингвистического метода // Системы обработки информации. – X.: ХВУ, 2004. – Вып. 11 (39). – С. 44-48.
2. Паржин Ю.В., Гринев Д.В., Онищенко В.В. Устранение влияния проективных искажений при классификации изображений объектов, полученных искусственным

спутником Земли // *Радиоэлектронні і комп'ютерні системи*. – 2006. – № 3 (15). – С. 34-37.

3. Форсайт Д., Понс Ж. *Компьютерное зрение. Современный подход*. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.

4. Паржин Ю.В., Гринев Д.В. *Нормализация структур контурных изображений распознаваемых объектов* // *Радиоэлектронні і комп'ютерні системи*. – 2005. – № 1 (9). – С. 58-62.

5. Паржин Ю.В., Гринев Д.В., Адаменко А.А. *Определение критических точек в структуре контурных*

изображений для построения концепта распознавания // *Системы обработки информации*. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 10 (38). – С. 142-149.

Поступила в редакцию 7.09.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский Национальный технический университет сельского хозяйства, Харьков.