

УДК 355.233.1.005

К.С. Смеляков

*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков*

## ПОСТРОЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ СЕГМЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕРЕВА РЕШЕНИЙ

*В статье предлагаются основные пути решения актуальной в настоящее время проблемы минимизации числа спецификаций стратегии сегментации, практическая реализация которых целесообразна для обеспечения возможности построения эффективной стратегии сегментации за приемлемое время.*

**Ключевые слова:** изображение, система технического зрения, унификация, сегментация, обучение, стратегия, эффективность.

### Введение

Сегментация, так же, как и распознавание, изображений заданного класса объектов в системах технического зрения (СТЗ) производится с применением той стратегии  $S_{\Omega}$  сегментации, которая была построена на этапе обучения для заданных условий  $\Omega$  получения данных [1 – 4].

Под стратегией  $S_{\Omega}$  сегментации при этом понимается алгоритм применения частых методов обработки данных, использование которого дает эффективное по заданным критериям решение задачи сегментации изображений заданного класса объектов для условий  $\Omega$  [5, 6]. Построение искомой стратегии  $S_{\Omega}$  сегментации в настоящее время производится с применением метода выбора на дереве решений (ВДР) следующим образом [7]:

1) на первом этапе строится обобщенная стратегия сегментации, в рамках которой определяется алгоритм решения частных задач  $\{Z_{\xi}\}_{\xi}$  обработки данных без указания методов решения этих задач;

2) на втором этапе определяются возможные методы  $\{M_{\xi\eta}\}_{\xi\eta}$  решения частных задач  $\{Z_{\xi}\}_{\xi}$  обработки данных и, на этой основе, строится дерево решений [6, 7];

3) на третьем этапе, на этом дереве ищется такое решение (спецификация стратегии сегментации  $S_{\Omega}$ , определяемая совокупностью методов решения всех частных задач обработки данных обобщенной стратегии сегментации), которое будучи подставлено в обобщенную стратегию даст эффективное по заданным критериям решение задаче сегментации изображений заданного класса объектов для условий  $\Omega$ .

В настоящее время основная проблема построения эффективной стратегии  $S_{\Omega}$  связана с невозможностью рассмотрения всех возможных спецификаций стратегии  $S_{\Omega}$  (то есть всех возможных комбинаций методов  $\{M_{\xi\eta}\}_{\xi\eta}$  решения частных задач  $\{Z_{\xi}\}_{\xi}$ ) за приемлемое время.

Все дело в том, что оценка эффективности отдельно взятой спецификации требует: – проведения сегментации, – оценивания качества сегментации путем сравнения положения границ эталонов и сегментированных изображений объектов на снимке, – принятия решения об эффективности стратегии.

Для получения адекватных и устойчивых оценок эффективность использования спецификации должна проверяться на статистически значимой выборке изображений [6, 7].

Усугубляется проблема нехватки времени тем, что методы  $\{M_{\xi\eta}\}_{\xi\eta}$  решения частных задач  $\{Z_{\xi}\}_{\xi}$  обработки данных могут использовать различные критерии сегментации которые, в свою очередь, могут настраиваться на различные типы моделей изображений рассматриваемого класса объектов.

В таких условиях число спецификаций, определяемых деревом решений, будет возрастать экспоненциально и, следовательно, экспоненциально будет возрастать общее время рассмотрения возможных спецификаций стратегии сегментации  $S_{\Omega}$ .

В качестве примера реализации метода ВДР рассмотрим формирование спецификаций для метода сегментации границы изображения по контрастности на основе использования масок [2, 5].

На первом этапе для этого метода строится дерево решений, спецификации которых определяются такими элементами: 1) типом граничного детектора, 2) моделью свертки, 3) размерностью маски свертки, 4) типом маски. Это дерево определяет допустимые спецификации  $\{M_1\}_1$  метода сегментации границы изображения по контрастности (рис. 1).

На втором этапе для каждой спецификации  $\{M_1\}_1$  по гистограмме контрастности оценивается значение порога  $T^*$  [5, 6], которое будучи подставлено в граничный детектор позволит сегментировать изображения заданного класса объектов с требуемым уровнем эффективности. На основе полученных оценок эффективности определяется искомая стратегия сегментации.

В настоящее время для целей сегментации по контрастности, как правило, используется пороговый детектор. Но даже для его реализации необходимо выбирать между двумя основными моделями свертки, двумя основными размерностями маски и порядка десятью основными типами масок. В такой ситуации общее число спецификаций будет оцениваться величиной  $n = 2 \cdot 2 \cdot 10 = 40$ .

Можно видеть, что даже для решения относительно простой частной задачи формирование спецификации для метода сегментации границы изображения может быть довольно трудоемким. В общем случае поиск оптимальной стратегии в рамках полного перебора спецификаций, определяемого методом ВДР, может представить весьма трудоемкую задачу, которую невозможно решить за приемлемое время.

Таким образом, в настоящее время актуальным является решение задачи устранения из рассмотрения максимального числа неперспективных спецификаций стратегии сегментации с целью обеспечения возможности построения эффективной стратегии  $S_{\Omega}$  сегментации за приемлемое время.

### Изложение основного материала

Для решения поставленной задачи может быть целесообразным накапливать статистические данные об эффективности применения различных методов сегментации для объектов интересующих классов и условий  $\Omega$ . При наличии таких данных рассматривать спецификации стратегии сегментации на этапе обучения можно соответственно снижению их общей эффективности. Кроме того, за счет согласования модели представления сегментированного изображения объекта с требуемой моделью его представления для целей последующего распознавания, можно отсеять те методы сегментации, которые не позволяют представлять сегментированные изображения объектов в требуемом виде.

В качестве основного для решения поставленной задачи устранения из рассмотрения максимального числа неперспективных стратегий сегментации предлагается применять принцип унификации, который состоит в том, чтобы на первом этапе унифицировать методы и критерии в отношении типовых задач и моделей изображений, а уже затем на этой основе производить обучение и сегментацию.

Реализация такого подхода позволит:

1) существенно сократить время на разработку математического и программного обеспечения СТЗ при решении прикладных задач,

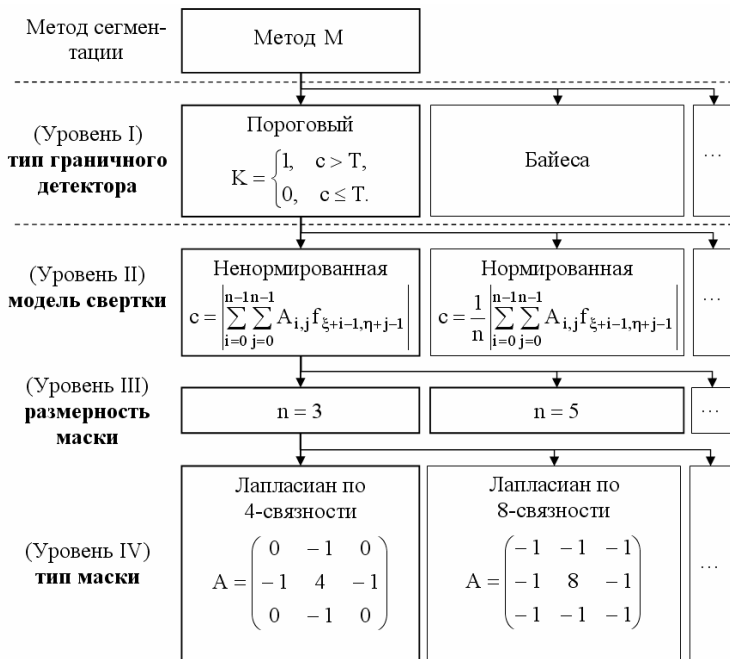


Рис. 1. Спецификации метода сегментации границы изображения по контрастности на основе масок

2) значимо снизить время построения стратегии сегментации на этапе обучения и, за счет этого,

3) обеспечить возможность построения наиболее эффективной стратегии за отведенное время.

Для возможности решения этой задачи в работе [6] построена одна обобщенная фотометрическая модель изображения объекта нерегулярного вида, которая состоит из трех основных компонент: – выборочной модели, – спектральной модели, – пространственной модели.

Выборочная модель  $G_v = G_v(F_v, M_v, D_v)$  при этом предназначена для оперативной локализации пикселей изображения объекта на начальной фазе сегментации по их дифференциальным и интегральным яркостным характеристикам  $(F_v, M_v, D_v)$  [6].

В условиях значимых вариаций параметров объектов на снимке для обеспечения требуемого уровня устойчивости сегментации рассмотрение лишь трех признаков  $(F_v, M_v, D_v)$ , значения которых оцениваются без использования фотометрического эталона, оказывается недостаточным, что требует выявления трендов в распределениях яркости.

Для компенсации этого недостатка с целью формирования критериев сегментации текстурных изображений в работе [6] предложено рассматривать спектральную модель изображения  $G_f = G_f(M_f, D_f, D_h)$ , учитывающую локальные и глобальные особенности распределения яркости изображения объекта в спектральной области.

Для компенсации указанного недостатка с целью формирования критериев сегментации однородных изображений в работе [6] предложено рас-

смаатривать пространственную модель изображения  $G_s = G_s(A_s, D_s)$ , учитывающую локальные и глобальные особенности распределения яркости в пространственной области.

Спектральная и пространственная модели построены на основе использования признаков, оцениваемых по фотометрическим эталонам (уравнений регрессии) типовых распределений яркости соответствующих классов объектов, что позволяет адекватно и устойчиво сегментировать изображения объектов на снимке при достаточно широких вариациях условий  $\Omega$  [6, 8].

При этом все три компоненты обобщенной модели могут с успехом применяться для обработки изображений произвольного топологического типа и геометрической формы с известными ограничениями на площадь анализируемых изображений [6, 8].

Предложенная обобщенная фотометрическая модель изображения объекта нерегулярного вида позволяет практически не производить ветвления дерева решений на уровне моделей. Перебор нескольких геометрических форм (параллелепипед, сфера, эллипсоид, выпуклая оболочка), используемых для представления распределения характеристик изображений каждого класса объектов в пространстве признаков, может потребоваться лишь в нетривиальных условиях сегментации слабоконтрастных изображений.

Рассматриваемая обобщенная фотометрическая модель изображения объекта нерегулярного вида в некоторых приложениях может быть избыточной. Однако устранить этот недостаток путем вывода из рассмотрения нескольких неинформативных признаков модели несравнимо проще, нежели перебирать сотни и тысячи альтернативных спецификаций стратегии сегментации. После построения обобщенной фотометрической модели изображения объекта нерегулярного вида в работе [6] предложено использовать 3 статистических и 4 детерминированных критерия классификации, и один типовой метод сегментации изображения объектов нерегулярного вида.

В таких условиях в худшем случае первоначальной не отделимости объектов и фона в пространстве признаков, необходимо будет рассмотреть до  $n = 4 \cdot 7 = 28$  решений, и трудоемкость применения метода ВДР будет приемлемой.

## Выводы

В работе предложены основные пути решения актуальной в настоящее время проблемы минимизации числа спецификаций стратегии сегментации с целью обеспечения возможности построения эффективной стратегии сегментации за приемлемое время.

При этом в качестве основного для решения поставленной проблемы предложено применять принцип унификации, который состоит в том, чтобы на первом этапе унифицировать методы и критерии в отношении типовых задач и моделей изображений, а уже затем на этой основе производить обучение и сегментацию.

Показано, что реализация такого подхода позволяет: 1) существенно сократить время на разработку математического и программного обеспечения СТЗ при решении прикладных задач, 2) значительно снизить время построения стратегии сегментации на этапе обучения и, за счет этого, 3) обеспечить возможность построения наиболее эффективной стратегии за отведенное время.

## Список литературы

1. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ, 2006. – 752 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Sonka M. Image processing, analysis and machine vision / M. Sonka, V. Hlavak, R. Boyle. – California (USA): Cole Publishing Company, 1999. – 770 p.
4. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
5. Смеляков К. С. Модели и методы сегментации границ изображений нерегулярного вида на основе адаптивных масок: дис. ... канд. техн. наук: 01.05.02 / Смеляков Кирилл Сергеевич. – Х., 2005. – 162 с.
6. Смеляков К. С. Модели и методы сегментации изображений объектов нерегулярного вида для автономных систем технического зрения: дис. ... докт. техн. наук: 01.05.02 / Смеляков Кирилл Сергеевич. – Х., 2012. – 306 с.
7. Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж. Ф. Люгер. – 4-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 864 с.
8. Лямец В.И. Методы статистического анализа / В.И. Лямец. – Х.: ХВВКИУРВ, 1988. – 227 с.

Поступила в редколлегию 23.10.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Рубан, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## ПОБУДОВА ЕФЕКТИВНОЇ СТРАТЕГІЇ СЕГМЕНТАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ДЕРЕВА РІШЕНЬ

К.С. Смеляков

Пропонуються основні шляхи вирішення актуальної нині проблеми мінімізації числа специфікацій стратегій сегментації, практична реалізація яких доцільна для забезпечення можливості побудови ефективної стратегії сегментації за прийнятний час.

**Ключові слова:** зображення, система технічного зору, уніфікація, сегментація, навчання, стратегія, ефективність.

## SYNTHESIS OF EFFECTUAL SEGMENTATION STRATEGY WITH THE USE OF DECISION TREE

K.S. Smelyakov

A basic approach is proposed for solving an important problem of minimization of segmentation strategy specifications which are expedient for development of time-efficient segmentation strategy.

**Key words:** image, vision system, unification, segmentation, learning, strategy, efficiency.