

УДК 004.942+004.93'1

К.С. Смеляков

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ПОДСИСТЕМЫ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Для обеспечения устойчивости функционирования системы технического зрения в автономном режиме в работе разрабатывается структурная модель автономной системы технического зрения в отношении реализации подсистемы сегментации изображений, позволяющая учитывать не только особенности рассматриваемых объектов и сцен, но также и вариации условий получения снимков.

Ключевые слова: система технического зрения, автоматизация, адаптация, модель, идентификация.

Постановка проблемы

В настоящее время сфера применения разноплановых систем технического зрения является чрезвычайно широкой в связи с возможностями получения высококачественных цифровых фотографий и их анализа на ЭВМ в реальном масштабе времени. Фактически, во многих приложениях связанных с анализом изображений, системы технического зрения (СТЗ) уже не просто дополняют, но и заменяют человека. Уровень использования специализированных систем технического зрения является одним из наиболее ярких и наглядных интегральных показателей степени развития современных инновационных технологий в самых различных областях человеческой деятельности [1].

Использование систем технического зрения довольно широкого профиля находит в настоящее время все большее применение на производстве для целей контроля качества выпускаемой продукции. Такая ситуация сложилась прежде всего благодаря тому, что условия получения изображений можно фиксировать, минимизируя при этом уровень зашумления, а также контрастируя изображения объектов относительно фона. В результате, анализ получаемых снимков, основанный на последовательном решении задач сегментации и распознавания, не представляет значимых проблем и реализуется на основе применения сравнительно простых и хорошо изученных методов [2 – 5].

В то же самое время использование систем технического зрения в переменных условиях получения данных в первую очередь в отношении масштаба и уровня освещения объектов в определенных ситуациях характеризуются низкой устойчивостью.

Такая ситуация характерна для охранных систем, например, для систем идентификации автомобилей по номерным знакам, поскольку условия получения снимков номерных знаков могут значимо варьироваться в отношении метеоусловий и параметров движения автомобилей, а также для иных систем идентификации (<http://www.mpixel.ru/>). Кроме того, такая ситуация характерна для систем мо-

нитинга обстановки на местности, при решении задач неразрушающего контроля [6, 7], при решении задач дистанционного зондирования земной поверхности [8], в том числе, с целью обнаружения чрезвычайных ситуаций [9], когда невозможно контролировать условия получения изображений [2].

С точки зрения организации процесса сегментации, различают интерактивную (supervised), автоматическую (unsupervised) и контролируемую (reinforcement) сегментацию, а также обучение.

В первом случае, в процессе настройки и сегментации эксперт может оказывать управляющие воздействия для коррекции результата. Во втором – эксперт не участвует в процессе сегментации, а результат сегментации принимается таким, каким его получила система. В третьем – эксперт оценивает результат сегментации и может оказывать управляющие воздействия на систему.

В ситуации низкой устойчивости, автономные (автоматические) системы технического зрения не могут быть реализованы, и их необходимо заменять интерактивными СТЗ. В результате системы технического зрения имеют ограниченное применение, поскольку должны постоянно находиться под управлением эксперта, резко ограничивается сфера использования СТЗ, возрастает стоимость использования СТЗ и время получения решений, например, дешифрирования снимков, из-за необходимости использования ручного труда специалистов, а сами решения носят приближенный и отчасти эвристический характер [2].

Во многих приложениях связанных с необходимостью оперативного принятия решений и реагирования на возникновение различного рода угроз в условиях дефицита времени такая ситуация является неприемлемой. Например, в приложениях, связанных с использованием охранных систем, систем мониторинга и предупреждения ЧС, а также связанных с использованием многих систем военного назначения [9, 10]. Одним из наиболее наглядных в этом отношении является пример с применением беспилотных летательных аппаратов, которые в автономном режиме должны решать задачи обнаружения,

слежения, наведения, но не могут этого сделать по причине низкой устойчивости реализованных в СТЗ БЛА методов сегментации и распознавания изображений объектов анализируемых сцен к вариациям метеоусловий и характеристик объектов.

Сложившаяся ситуация может привести к принятию несвоевременных и ошибочных решений и, следовательно, к еще большим потерям. Поэтому построение современных автономных СТЗ имеет огромное значение [2, 9].

Важной составляющей любой СТЗ является подсистема сегментации изображений. Сегментация изображений представляет собой одну из самых сложных задач обработки изображений, поскольку суть любой сегментации состоит в том, чтобы сгруппировать отдельные пиксели входного изображения в области, отвечающие изображениям искомого объекта, с использованием сложно формализуемых критериев в переменных условиях получения исходных данных по освещению, масштабу, зашумлению и иным параметрам. При этом успех последующих процедур распознавания и прикладного анализа объектов по их изображениям определяется именно качеством сегментации.

Проведенный анализ современного состояния вопроса показывает значительные успехи на пути решения задач сегментации, которые нашли воплощение в специализированных и многофункциональных системах анализа изображений, применяющихся в различных областях деятельности – от медицины и биологии до технической физики и аэрокосмических исследований. Вместе с тем, в ситуации значимых вариаций условий получения изображений и характеристик рассматриваемых объектов процесс сегментации характеризуется низкой устойчивостью по причине недостаточной степени адаптации моделей к характеристикам рассматриваемых объектов.

Основная задача работы, таким образом, состоит в том, чтобы для обеспечения устойчивости функционирования в автономном режиме разработать структурную модель автономной системы технического зрения в отношении реализации подсистемы сегментации изображений, позволяющую учитывать не только особенности рассматриваемых объектов и сцен, но также и вариации условий получения снимков.

Структурная модель автоматической системы технического зрения

Общепринятая концепция организации СТЗ в настоящее время состоит в том, чтобы, получив исходный снимок, последовательно произвести предобработку входного изображения, решить задачу сегментации, произвести постобработку сегментированных изображений, решить задачу распознавания и, тем самым, обеспечить возможность автоматизации прикладного анализа объектов и ситуаций, отображенных на изображении.

Предобработка при этом служит для подготовки входного изображения к сегментации: для приведения входного изображения к требуемому формату, а также для обеспечения устойчивости сегментации за счет выполнения процедур компенсации искажений, и улучшения изображения.

Затем решается задача сегментации изображений, основная суть которой состоит в том, чтобы отделить изображения объектов от фона по системе заданных критериев, используя, в основном, яркостные, цветовые и контрастные характеристики рассматриваемых изображений.

Постобработка сегментированных изображений служит для обеспечения эффективного распознавания и прикладного анализа объектов и сцен по их изображениям. Основная задача постобработки состоит в том, чтобы соответственно требованиям задачи распознавания представить сегментированные изображения объектов в заданной модели.

Задача распознавания изображений решается затем для классификации сегментированных изображений с целью предоставления для прикладного анализа лишь изображения требуемых объектов.

Для повышения вычислительной эффективности сегментации целесообразно дополнить общепринятую концепцию организации СТЗ подсистемой локализации изображений, которая служит для того, чтобы с использованием относительно простых методов, в том числе, методов грубой сегментации оперативно локализовать области поиска изображений с целью снижения общей трудоемкости сегментации и подготовки структур данных для обеспечения адекватного применения более мощных методов сегментации (рис. 1).

Для обеспечения устойчивости функционирования в переменных условиях получения данных в автоматическом режиме предлагается дополнить общепринятую концепцию организации СТЗ подсистемой адаптации, которая основана на использовании системы моделей изображений объектов рассматриваемых классов, а также системы методов структурной и параметрической идентификации, которые заложены в базе знаний СТЗ [11].

Адаптация может производиться в интерактивном режиме с участием эксперта, или в автоматическом режиме; во втором случае СТЗ самостоятельно подстраивается к условиям получения изображений и через них – к свойствам объектов. Рассмотрим основные этапы проведения адаптации в переменных условиях получения данных.

Первый этап адаптации производится с участием эксперта при построении и идентификации модели, выборе критериев и методов сегментации.

После построения СТЗ функции адаптации передаются ей. Второй и третий этапы адаптации производятся автоматически в ходе работы СТЗ на основе использования моделей изображений, а также методов структурной и параметрической идентификации, которые заложены в базе знаний СТЗ (рис. 2).

Второй (II) этап адаптации реализуется перед проведением сегментации и служит для выбора оптимальной для наблюдаемой ситуации стратегии

сегментации (определяемой последовательностью применяемых критериев и методов), а также для оценивания параметров критериев сегментации.

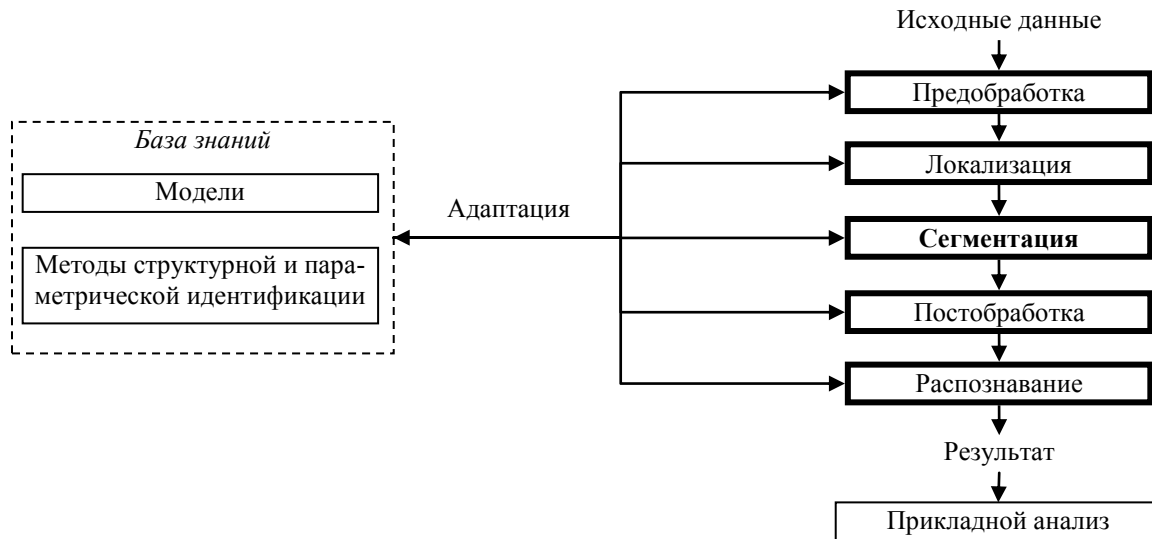


Рис. 1. Структурная модель автономной СТЗ

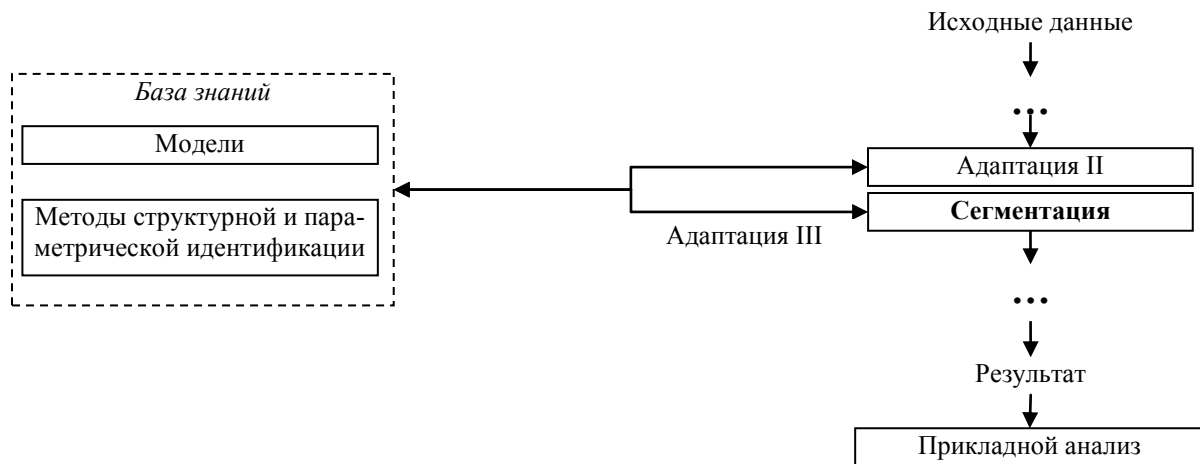


Рис. 2. Выполнение адаптации при сегментации

Адаптация на втором этапе может производиться: 1) за счет применения методов самообучения в условиях неопределенности; 2) за счет использования таблиц настроек для выбора оптимальных параметров критериев сегментации, соответственно получаемым оценкам интегральных характеристик снимка.

Третий (III) этап адаптации реализуется во время проведения сегментации и служит для оценивания оптимальных параметров на основе использования методов идентификации.

Адаптация на третьем этапе может производиться: 1) путем сравнения моделей сегментируемых изображений с их аналогами для эталонов базы знаний; 2) на основе идентификации параметров критериев сегментации; 3) за счет использования инвариантов, не требующих адаптации.

Как видно из рассмотрения структурной модели автономной СТЗ, приведенной на рис. 1, аналогичным образом адаптация может производиться не только при сегментации, но и при выполнении предобработ-

ки, локализации, постобработки и распознавания изображений. При этом роль эксперта при функционировании многих нетривиальных СТЗ, также важна для реализации функций контроля и реализации функций управления в условиях неустойчивой работы СТЗ.

При реализации автономной СТЗ три важнейших принципа ее функционирования – это системность, адаптивность и итеративность. Первый из них состоит в необходимости системного решения задач предобработки, локализации, сегментации, постобработки и распознавания. Второй из них состоит в необходимости снабжения СТЗ подсистемой адаптации. Третий принцип состоит в необходимости проведения сегментации объектов различных классов по очереди с различными настройками СТЗ.

Реализация принципа итераций позволяет нам реализовать и принцип информированности, который состоит в необходимости учета при сегментации последующего объекта результатов распознавания предыдущего (рис. 3).



Рис. 3. Реализация принципа информированности при сегментации

Таким образом, информация для целей адаптации может браться не только по оценкам определенных характеристик входного изображения, но также на основе анализа уже сегментированных и распознанных изображений. Кроме того, информация для целей адаптации может браться из сторонних источников, например, при ведении мониторинга земной поверхности с использованием беспилотного летательного аппарата (БЛА), по информации его датчиков можно оценить высоту и, следовательно, масштаб представления изображений объектов на получаемых снимках.

При этом важнейшая перспектива развития автономных систем технического зрения состоит в том, чтобы дополнить ее структуру модулем самообучения. Самообучающаяся СТЗ – это такая СТЗ, которая способна в ходе обучения самостоятельно изменять алгоритм своей работы и настройки в соответствии с условиями функционирования так, что с течением времени она улучшает свои характеристики и качество решений. Модуль самообучения, необходим для того, чтобы при установке факта поступления нетипового снимка, на анализ которого СТЗ не ориентирована, скорректировать алгоритм работы и параметры критериев сегментации для устойчивого функционирования СТЗ в сложных условиях неопределенности.

СТРУКТУРНА МОДЕЛЬ ПІДСИСТЕМИ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ

К.С. Смеляков

Для забезпечення стійкості функціонування системи технічного зору в автономному режимі в роботі розробляється структурна модель автономної системи технічного зору відносно реалізації підсистеми сегментації зображень. Ця модель дозволяє враховувати не тільки особливості об'єктів і сцен, що розглядаються, але і варіації умов отримання знімків.

Ключові слова: система технічного зору, автоматизація, адаптація, модель, ідентифікація.

IMAGE SEGMENTATION SUBSYSTEM STRUCTURE MODEL FOR AUTONOMOUS MACHINE VISION SYSTEM

K.S. Smelyakov

For stable functioning of autonomous machine vision system a structure model for an autonomous machine vision system is developed that is detailed relative to an image segmentation subsystem. This model allows to take into account both the peculiarities of the considered objects and scenes, and conditions of imaging.

Keywords: system of technical sight, automation, adaptation, model, authentication.

Выводы

Для решения проблемы обеспечения адекватности и устойчивости функционирования системы технического зрения в автономном режиме в работе построена структурная модель адаптивной системы технического зрения в отношении реализации подсистемы сегментации изображений, которая позволяет учитывать не только особенности рассматриваемых объектов и сцен, но также и вариации условий получения снимков.

Список литературы

1. Шапиро Л. Компьютерное зрение; пер. с англ. / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ, 2006. – 752 с.
2. Gonzalez R. Digital Image Processing. Second Edition / R. Gonzalez, R. Woods. – Prentice Hall, 2002. – 793 p.
3. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
4. Яне Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне. – М.: Техносфера, 2007. – 584 с.
5. Sonka M. Image processing, analysis, and machine vision / M. Sonka, V. Hlavak, R. Boyle. – California (USA): Cole Publishing Company, 1999. – 770 p.
6. Применение аппарата теории распознавания образов для эффективного решения задач анализа данных по результатам термографического мониторинга / Л.С. Сорока, К.С. Смеляков, С.Н. Мешков, И.В. Рубан // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – Х.: НТУ «ХП», 2007. – № 3. – С. 129-133.
7. Неразрушающий контроль: В 7т. / Под общ. ред. В.В. Клюева / В.П. Вавилов. Тепловой контроль: Т. 5. – В 2 кн. – Кн. 1. – М.: Машиностроение, 2004. – 679 с.
8. Аэрокосмические исследования Земли. Обработка видеoinформации на ЭВМ / В.Г. Золотухин, Я.Л. Зиман, Г.А. Аванесов и др. – М.: Наука, 1978. – 245 с.
9. Моніторинг надзвичайних ситуацій: підручник / Ю.О. Абрамов, Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін та ін. – Х.: АЦЗУ, 2005. – 530 с.
10. Аэрокосмична розвідка в локальних війнах сучасності: досвід, проблемні питання і тенденції: монографія / Л.М. Артюшин, С.П. Мосов, Д.В. П'яковський, В.Б. Голубко. – К.: НАОУ, 2002. – 202 с.
11. Искусственный интеллект. – В 3 кн. Кн. 1. Системы общения и экспертные системы / Под ред. проф. Э.В. Попова. – М.: Радио и связь, 1990. – 464 с.

Поступила в редколлегию 4.12.2009

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