



*Рис. 9. Комбинированная система: GPS, инерциальная навигация и телеметрия ЭКГ*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: Учеб. пособие для студентов фак. физ. воспитания пед. ин-тов и для ин-тов физ. культуры по спец. № 2114 «Физ. воспитание». – М.: Просвещение, 1989. – 210 с.
2. Набиулин М.С., Лычев В.Г. Оптимизация тренирующих нагрузок в реабилитологии. Концептуальные подходы и практическое применение. – Н.Новгород, Изд-во НГМА, 1999. –192 с.
3. Хутиев Т.В. и др. Управление физическим состоянием организма (тренирующая терапия). – М.: Медицина, 1991. – 256 с.
4. Eric Foxlin. Pedestrian tracking with shoe-mounted inertial sensors. IEEE Comput. Graph. Appl., 25(6):38–46, 2005.
5. M.W.M.G. Dissanayake, P. Newman, S. Clark, H.F. Durrant-Whyte, and M. Csorba. A solution to the simultaneous localization and map building (slam) problem. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 17(3):229–241, 2001.

**И.А. Сяйлев**

#### **СЕГМЕНТАЦИЯ ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЭВОЛЮЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ**

Под сегментацией изображения в широком смысле понимается процесс его разбиения на составные части, имеющие содержательный смысл: объекты, их границы, геометрические особенности или другие информативные признаки. При получении изображений сегментацию необходимо рассматривать как основной начальный этап анализа, заключающийся в

построении формального описания изображения, качество которого во многом определяет успех решения задачи распознавания и интерпретации образа.

Общая классификация классических методов сегментации изображения приведена на рис. 1 [1]:



Рис. 1. Общая классификация классических методов сегментации изображения

Наиболее эффективными из них, с точки зрения дальнейшего использования результатов в процессе распознавания, являются методы выделения границ.

Проведенный нами экспериментальный анализ показал, что классические методы сегментации изображений обладают рядом недостатков. Большинство из них не определяют границы объектов и не производят сегментации как таковой, подчёркивая лишь границы объектов. Кроме того, даже применение таких сложных алгоритмов как релеевский детектор границ позволяет осуществлять сегментацию лишь по критерию уровня яркости точки изображения и не даёт возможности исследователю самому определять критерии гомогенности сегментов. Это ограничивает область применения классических методов. Кроме того, многие из них работают только с черно-белыми (оттенок серого) изображениями.

С этой точки зрения использование для решения задач сегментации эволюционных алгоритмов генетического программирования выглядит наиболее привлекательным [2]. Потому что эволюционные методы интеллектуального анализа многомерных данных позволяют снять указанные ограничения и открывают множество дополнительных возможностей по выделению скрытых свойств изображения.

Сегментация цветного изображения, состоящего из различного рода текстурированных регионов, является нетривиальной и NP-полной задачей. Она подразумевает точное вычисление текстурных полей и определение

оптимального числа зон сегментации изображения, когда оно состоит из сходных и/или нестационарных текстурных полей.

Мы переформулировали проблему сегментации некоторых изображений как задачу оптимизации и адаптировали эволюционную стратегию генетического поиска для кластеризации маленьких регионов в цветовом пространстве. Данный подход использует идею кластеризации по методу k-средних, который применяется для отыскания оптимального или субоптимального участка данных.

Сегментация изображений – это низкоуровневая задача, целью которой является разделение изображения на однородные регионы. Смысл однородности зависит от конкретной задачи, а ее значимость определяется тем, что сегментированное изображение может выступать в качестве входных данных для высокоуровневых задач обработки изображений.

Для задач сегментации цветных изображений пространство поиска во многих случаях достаточно большое и существуют сложные связи между координатами этого пространства. В работе [3] была сделана успешная попытка адаптировать эволюционный алгоритм для определения набора параметров, оптимизирующих выходные данные классического алгоритма сегментации при различных состояниях изображения. В частности, был разработан алгоритм сегментации ФЕНИОКС [4-5] и описана его реализация для конкретной задачи. Другая ситуация, в которой эволюционный алгоритм может выступать в качестве полезного и эффективного инструмента, продемонстрирована в работе [6]. Здесь авторы также сформулировали задачу сегментации текстурированных изображений как задачу оптимизации, и адаптировали эволюционный алгоритм для кластеризации маленьких регионов в пространстве признаков, используя при этом в качестве модели самоорганизующиеся карты Кохонена (Kohonen's self-organizing maps – SOM). Идея авторов состоит в разбиении изображения на множество маленьких прямоугольных регионов и выделении текстурных особенностей каждого маленького региона. Для этих целей использовалась двумерная авторегрессионная модель (2D-AR), фрактальное измерение и вероятностные характеристики (математическое ожидание и дисперсия). Как показано в [7], имеется возможность определить функцию стоимости многих переменных, которая минимизируется с использованием конфигурации границ, полученных эволюционным алгоритмом.

В предлагаемом подходе к сегментации изображения задача определения границ преобразуется к задаче минимизации функции стоимости на пространстве всех возможных расположений границ. При этом популяция изображений с границами вычисляется с помощью специального генетического оператора. При этом используется нечёткая фитнес-функция эволюционного алгоритма, предложенная в [8], которую мы применили для сегментации на основе регионов к бинарной строке, представляющую хромосому, которая входит в популяцию возможных сегментаций.

Таким образом, применение эволюционных вычислений обеспечивает удовлетворительное решение задачи сегментации цветных изображений. Однако пока не вполне решенной остается часть вопросов, связанных с повышением их эффективности и быстродействия.

Данный экспериментальный анализ проводится в рамках разработки образовательного контента по дисциплине «Системы искусственного интеллекта».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обзор классических методов сегментации <http://www.uran.donetsk.ua/~masters/2005/kita/tribrat/diss/index.htm>
2. Родзин, С.И. Интеллектуальные системы. Проблемы и перспективы создания единой концепции гибридных эволюционных вычислений / С.И. Родзин [и др.]. – М.: Физматлит, 2005. – С. 76-94.
3. Bhanu, B. and Lee, S. 1994, Genetic learning for adaptive image segmentation, Kluwer Academic Press.
4. Shafer, S. and Kanade, T., 1982, “Recursive Region Segmentation by Analysis of Histograms”, Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, pp. 1166-1171.
5. Bhanu, B., Lee, S. and Ming, J., 1995, “Adaptive Image Segmentation using a Genetic Algorithm”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 25(12), pp. 1543-1567.
6. Yoshimura, M. and Oe, S., 1999, “Evolutionary Segmentation of Texture Image using Genetic Algorithms towards Automatic Decision of Optimum Number of Segmentation Areas”, Pattern Recognition 32, pp. 2041-2054.
7. Bhandarkar, S.M., Zhang, Y. and Potter, W.D., 1994, “An Edge Detection Technique using Genetic Algorithm-based Optimisation”, Pattern Recognition 27(9), pp. 1159-1180.
8. Chun, D.N. and Yang, H.S., 1996, “Robust Image Segmentation using Genetic Algorithm with a Fuzzy Measure”, Pattern Recognition 29(7), pp. 1195-1211.

**М.В. Богуш, Э.М. Пикалев**

#### АНАЛИЗ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Пьезоэлектрические датчики давления широко используются в различных областях науки и техники для контроля акустических, быстропеременных и импульсных давлений. Они обладают хорошими эксплуатационными характеристиками, широкими динамическими и частотными диапазонами, малыми размерами, высокой надежностью, не требуют источников питания.

Однако методы расчета их характеристик развиты недостаточно. Это затрудняет проектирование пьезоэлектрических датчиков с заданными параметрами.

Целью настоящей работы является совершенствование методов расчета характеристик пьезоэлектрических датчиков быстропеременного давления, в том числе собственной частоты, функции преобразования к измеряемому параметру, а также вибрационной и деформационной чувствительности в зависимости от геометрии и свойств материалов его конструк-