

А.Е. Баринов, А.А. Захаров  
*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета*  
602264, Владимирская обл., г. Муром, ул. Орловская, 23  
alexey.barinov.murom@yandex.ru, aa-zaharov@yandex.ru

### **Разработка системы определения положения и ориентации головы человека на основе видеоизображений для тренажеров транспортных средств**

В настоящее время, все чаще и чаще используются тренажеры автотранспортных средств. Они могут применяться для обучения вождению легковых и грузовых автомобилей, специальной и военной техникой (строительная техника, автобусы, троллейбусы, самолеты, вертолеты, корабли и т.д.). Целесообразность широкого внедрения тренажеров транспортных средств заключается в следующем:

- снижение затрат на горюче-смазочные материалы (ГСМ);
- снижение риска приведения дорогостоящей техники в непригодность;
- повышение безопасности процесса обучения;
- сбор статистики для повышения качества подготовки.

Для слежения за состоянием человека и для моделирования закабинного пространства необходимо осуществлять слежение за положением и ориентацией головы в пространстве.

Анализ положения и ориентации трехмерных объектов является важной задачей во многих областях [1, 2]. В настоящее время большее внимание уделяется подходам, основанным на использовании компьютерного зрения. Практически все они обладают общей последовательностью действий: обнаружение объекта, выравнивание изображения, извлечение особенностей и сопоставления с эталонами. Но им характерны следующие недостатки: низкая скорость работы, неточность определения объекта, чувствительность к шумам, необходимость повторной инициализации. Для повышения точности и скорости процесса распознавания, предлагается рассматривать эту проблему с точки зрения спектральной теории графов.

Спектральная теория графов играет важную роль при сегментации изображений и кластеризации данных [3-5]. Она используется для того, чтобы охарактеризовать структурные свойства графов, используя информацию, полученную из собственных значений и собственных векторов матрицы Лапласа [6]. Одной из самых важных задач при анализе графа, является то, как информация распределяется между ребрами графа. Это может быть выражено с помощью случайного блуждания [7].

Целью исследований является разработка системы определения положения и ориентации головы человека на основе видеоизображений для тренажеров транспортных средств. Система состоит из программного и аппаратного модуля. В первый входят алгоритмы кластеризации, установления соответствий, построения моделей. Во втором содержатся камеры и ЭВМ. Вся работа системы состоит из следующих этапов: инициализация; отслеживание; расчет положения и ориентации; поиск головы при ее потере из поля зрения камеры.

На этапе инициализации пользователь находится перед камерой, видеокамера получает видеоизображения, из которых извлекаются ключевые точки сцены с помощью алгоритма KLT. На данном этапе выполняется процесс условной кластеризации. Она основана на использовании случайного блуждания по графу для получения информации о возможной кластерной структуре точек сцены. В качестве параметров, ограничивающих результаты кластеризации, используется априорная информация о пропорциях человеческой головы. Таким образом, из всей сцены, выделяются ключевые точки, характеризующие голову человека. Полученная структура представляет собой взвешенный граф, где вершинами выступают ключевые точки, а ребрами – значения подобия, между этими точками. Такой граф максимально точно описывает голову человека.

В процессе работы на тренажере, человек постоянно двигает головой для совершения различных действий (чтобы осмотреться по сторонам или рассмотреть зеркала заднего вида). Из-за этого необходимо осуществлять слежение за графом головы на протяжении всей видеопоследовательности. Процесс слежения сводится к следующему. После инициализации получен граф головы. Для каждой вершины графа строится SIFT-дескриптор. Чтобы определить, где в текущем кадре располагается голова человека, по предыдущему положению графа головы строится окно. В рамках окна обнаруживаются ключевые точки сцены с помощью KLT. Для полученных таким образом точек также строится SIFT-дескриптор. Производится сравнение

## Секция 9. Методы обучения и организация образовательного процесса

массивов дескрипторов предыдущего и текущего кадров. Если совпадений на данном этапе обнаружено не было, происходит равномерное расширение окна во все стороны. Если после сравнения получено, что в рамках окна присутствуют не все ключевые точки головы, расширение окна происходит в сторону наибольшего скопления ключевых точек.

Расчет положения и ориентации головы осуществляется за счет сравнения графов головы, текущего и полученного на этапе инициализации, считающегося эталонным фронтальным расположением. В ходе сравнения, с использованием матрицы трансформации и матрицы перехода становится возможным получить значения углов, координат смещения и т.д.

В процессе работы может случиться ситуация, когда лицо не может быть определено. Этому могут способствовать различные перекрытия (лицо закрыто руками, перед камерой возник посторонний объект), либо человек покинул обозреваемую камерой область. В таком случае производится процесс поиска головы. В целом он похож на механизм, производимый при расчете смещения головы между кадрами. Но в данном случае за основу нельзя брать значение дескриптора головы из соседнего кадра, так как оно может отсутствовать. Вместо этого используется последний точно обнаруженный граф.

Система позволяет определять положение и ориентацию головы человека в тренажерах транспортных средств. Она обладает необходимой точностью, а ее скорость работы позволяет использовать ее на реальных объектах. Заявленная точность и скорость работы достигнуты благодаря алгоритмам, в основе которых лежат методы спектральной теории графов

### Литература

1. Баринов А.Е. Захаров А.А. Разработка алгоритма определения положения и ориентации 3D-объектов на основе извлечения градиентных особенностей изображения // Ползуновский вестник. – 2014. – № 2. – С. 50–54.
2. Фаворская М.Н., Пахирка А.И. Модели локализации лиц на изображениях // Системы управления и информационные технологии. – 2008. – Т. 33, № 3.3. – С. 404–408.
3. Belkin M., Niyogi P. Laplacian eigenmaps and spectral techniques for embedding and clustering // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2001. – P. 585–591.
4. Melia M, Shi J. A random walks view of spectral segmentation // NIPS. – 2000. – P. 873–879.
5. Ng. A., Jordan M., Weiss Y. On spectral clustering: Analysis and an algorithm // NIPS. – 2001.
6. Chung F.R.K. Spectral Graph Theory // CBMS, American Mathematical Society Ed. – 1997.
7. Qiu H., Hancock E.R. Image segmentation using commute times // BMVC. – 2005. – P. 929–938.