

УДК 629.3.023

А.П. Фалалеев, профессор, доктор техн.наук,**С.С. Зорев, аспирант,****М.Ю. Рябцев, аспирант***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**a_falaleev@mail.ru***ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЙ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ**

Предложена система трехмерного технического зрения, позволяющая автоматизировать процесс оценки повреждений кузова легкового автомобиля при ДТП. Система основана на принципе оптического сканирования объектов по результатам сравнения двух двумерных изображений.

Ключевые слова: *техническое зрение, трехмерное сканирование, кузов автомобиля.*

Технология лазерного трехмерного сканирования стала находить широкое распространение в массовом производстве автомобилей, например, завод по производству Jaguar (Бирмингем, Великобритания) использует на операциях контроля геометрии кузова после сварки [1] лазерную систему. Подобную систему использует завод по производству Land Rover для периодической проверки геометрии деталей после штампования для оценки износа штампов [2].

Для автоматизации процесса учета накопленной деформации в результате ДТП была использована система оптического зрения, разработанная и реализованная на кафедре автомобильного транспорта Севастопольского национального технического университета. Система реализована на использовании 2-х камер Logitech C510 5 Мпкс с разрешением HD (720p), расположенных на расстоянии друг от друга и направленных на объект сканирования.

Камеры жестко закреплены на общей базе, базовое расстояние между камерами, как и углы, под которыми камеры направлены к исследуемой поверхности, известны. Данные с системы регистрации поступают на ЭВМ, где происходит обработка данных, получение облака точек исследуемой поверхности, а также последующая триангуляция и построение 3D модели объекта [3]. Получение облака точек, содержащего информацию об исследуемом объекте, состоит из нескольких последовательных этапов:

1. Калибровка камер (определение внутренних параметров) [4].
2. Привязка камер (определение внешних параметров).
3. Нахождение соответствующих точек на двух изображениях траектории, полученных с разных камер.
4. Получение трехмерных координат точек.

Для получения трехмерных координат некоторой точки необходимо найти на изображениях, полученных с двух камер, сопряженные проекции этой точки. Пусть на одном из изображений выбрана точка m' , являющаяся проекцией некоторой точки трехмерного пространства; необходимо на втором изображении найти точку – проекцию той же точки. Если в плоскости изображения первой камеры указана точка с вектором внутренних координат v' , то сопряженная точка в плоскости изображения второй камеры может лежать только на прямой, заданной уравнением. Аналогичное правило справедливо и для точек, заданных в плоскости изображения второй камеры.

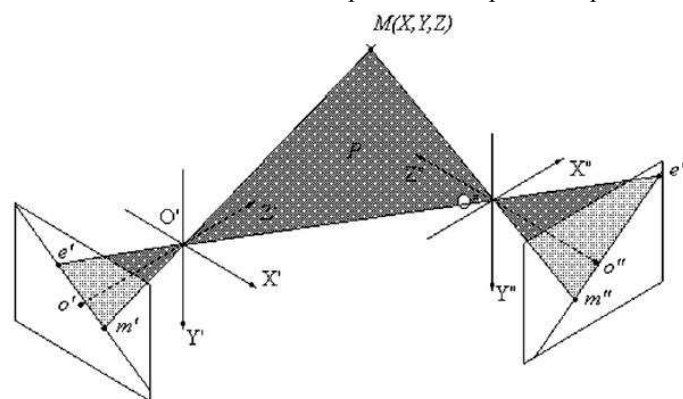


Рисунок 1 – Эпиполярные линии в изображениях двух камер

Оптические центры камер O' , O'' и наблюдаемая точка M образуют плоскость P , которая пересекает плоскости изображения камер по прямым $e'm'$ и $e''m''$. Линии пересечения плоскости P с плоскостями изображений камер являются эпиполярными линиями.

Это позволило провести калибровку камеры, то есть сформировать матрицы трансформации $C=[q_{ij}]$ и $C'=[q'_{ij}]$. Тогда для любой точки сцены с неизвестными трехмерными координатами (X, Y, Z) , которая проецируется в точки изображений (u', v') , имеем:

$$C \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} su \\ sv \\ s \end{bmatrix}, \quad C' \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s'u' \\ s'v' \\ s' \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Объединяя выражения (1), получаем в матричной форме:

$$\begin{bmatrix} q_{11} - uq_{31} & q_{12} - uq_{32} & q_{13} - uq_{33} \\ q_{21} - uq_{31} & q_{22} - uq_{32} & q_{23} - uq_{33} \\ q'_{11} - u'q'_{31} & q'_{12} - u'q'_{32} & q'_{13} - u'q'_{33} \\ q'_{21} - u'q'_{31} & q'_{22} - u'q'_{32} & q'_{23} - u'q'_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u - q_{14} \\ v - q_{24} \\ u' - q'_{14} \\ v' - q'_{24} \end{bmatrix} \quad (2)$$

3D координаты точки M вычисляем из (2). Описанный выше способ получения облака точек (рисунок 2) для поверхности кузова автомобиля был реализован на языке C# с использованием пакета OpenCV 2.4. Недостатками данного метода являются его зависимость от освещенности помещения в момент сканирования, а также трудоемкость обработки видеопотока.

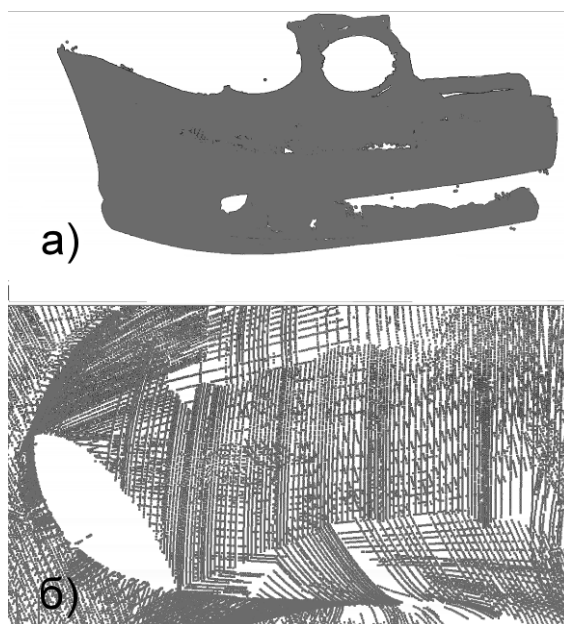


Рисунок 2 – Результат сканирования деформированного бампера автомобиля в виде облака точек: а)общий вид; б)увеличенный фрагмент

Для возможности визуализации результатов сканирования данные записывались в файл в стандарте расширения *.asc. Дальнейшая обработка облака точек проводилась при помощи программы SolidCAD компании Delcam (рисунок 3).

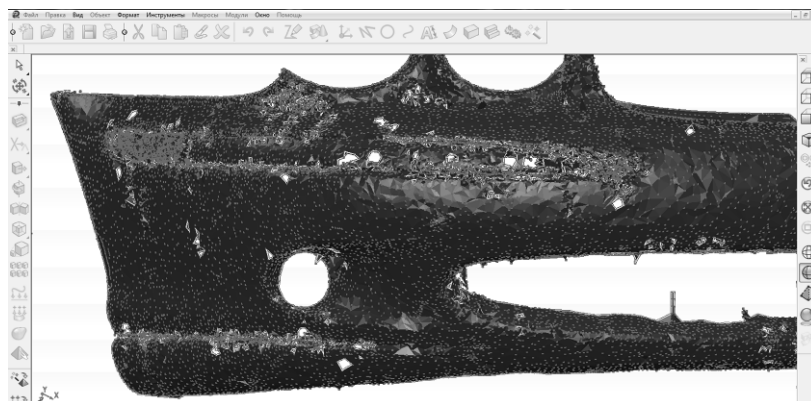


Рисунок 3 – Триангуляція поверхності бампера в програмі CoreCAD

При сравнении поверхностей сканированного и модели нового автомобиля появляется возможность определить повреждения геометрии кузова, включая сложные перекосы, вычислить объем деформации (рисунок 4).

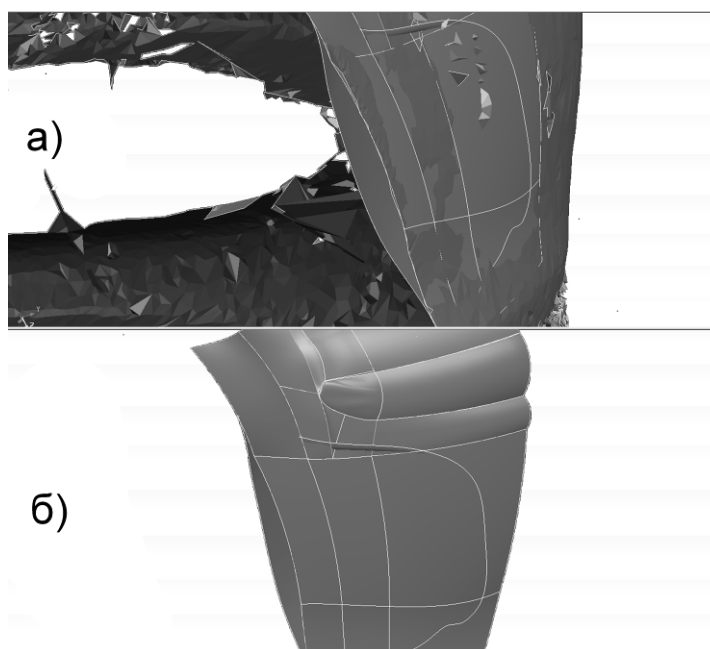


Рисунок 4 – Обработка результатов сканирования: а) сравнение сканированного бампера с моделью недеформированного автомобиля; б) вычисление объема деформации

При использовании подробной модели нового автомобиля и модели поведения металла при столкновении появляется возможность автоматизировать операцию оценки повреждений без предварительной разборки, еще на месте аварии определить количество деталей, подлежащих восстановлению или замене, и выполнить заказ новых деталей еще до начала ремонта. В качестве критериев совпадения поверхностей использовались интегральная метрика в пространстве (3) и максимальное расстояние между поверхностями (4).

$$\rho_1(F, \Phi) = \frac{\sqrt{\iint_{\Omega} (F(x, y) - \Phi(x, y))^2 d\Omega}}{S_{\Omega}}, \quad (3)$$

$$\rho_2(F, \Phi) = \max_{\Omega} |F(x, y) - \Phi(x, y)|. \quad (4)$$

Используя методику, предложенную В.Н. Торлиным [5], вычислялась энергия деформации единичного объема (5).

$$E'_{\delta i} = \frac{1}{6G} \left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2) \right] \quad (5)$$

Общая энергия деформации объема V:

$$E_{\delta i} = E'_{\delta i} \cdot V_i,$$

где $E'_{\delta i}$ – энергия деформации единичного объема.

Тогда суммарная энергия деформации автомобиля составит

$$E_{\delta} = \sum_{i=1}^m E_{\delta i}.$$

Использование трехмерного сканера на этапе оценки повреждений кузова позволяет значительно сократить трудозатраты, связанные с экспертизой ДТП, калькуляции себестоимости повреждений, планирования ремонта и технологии восстановления.

Библиографический список использованных источников

1. Delcam annual report 2011// Delcam Co. — 2011. — P. 235.
2. Renishaw annual report 2011// Renishaw Inc. — 2011. — P. 315.
3. Цифровая обработка изображений в информационных системах: учебное пособие / И.С. Грузман [и др.]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2000. –320 с.
4. Z. Kim Geometry of Vanishing Points and its Application to External Calibration and Realtime Pose Estimation», Institute of Transportation Studies, Research Reports, Paper UCB-ITS-RR-2006-5, July 1. – 2006.– p.45 – 63.
5. Торлин В.Н. Методика определения скорости столкновения при ДТП / В.Н.Торлин, А.А.Ветрогон, В.А.Ксенофонтова // Сб.науч. трудов ХНАДУ/ – 2007. – №12. – С.53 – 59.

Поступила в редакцию 20.05.2013 г.

Фалалеев А.П., Зорев С.С., Рябцев М.Ю. Оцінка ушкоджень кузова автомобіля з використанням систем технічного зору

Запропоновано систему тривимірного технічного зору, що дозволяє автоматизувати процес оцінки пошкоджень кузова легкового автомобіля при ДТП. Система заснована на принципі оптичного сканування об'єктів за результатами порівняння двох двовимірних зображень.

Ключові слова: технічне зір, тривимірне сканування, кузов автомобіля.

Falaleev A.P., Zorev S.S., Riabtsev M.J., Vehicle damage assessment of car body using machine vision systems

A system of three-dimensional machine vision to automate the process of damage assessment of a car body after an accident was proposed. System is based on optical scanning of objects by comparing two two-dimensional images.

Keywords: machine vision, three-dimensional scanning, the car body.