

А.А. Внуков, И.К. Виноградов, Шабном Мустари
**РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ,
ДЕМОНСТРИРУЮЩЕГО
НАНЕСЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ
НА БОКОВУЮ ПОВЕРХНОСТЬ
ЦИЛИНДРА**

Рассмотрены непокорные особенности, связанные с реализацией нанесения текстов и цифровых изображений на поверхность тел с использованием промышленного робота. Разработанное приложение решает задачу нанесения изображения без искажений на боковую поверхность тела с использованием библиотеки OpenCV поэтапно и была написана функция, которая рассчитывает и модифицирует исходное изображение. Для разработки программы использовались Irrlicht Engine, создание 3д сцены и 3д модели цилиндра, и библиотеки OpenCV для предварительной обработки изображения. Разработан алгоритм функции PrepareImage. Разработано другое приложение CylPrintModel, демонстрирующее процесс покраски боковой поверхности цилиндра без искажений с сохранением пропорций по обеим осям с использованием предварительно подготовленного плоского изображения с помощью функции PrepareImage. Оба приложения разработаны для поддержки модели покраски боковой поверхности цилиндра с цифровым качеством изображения.

Ключевые слова: цифровое изображение, предварительная обработка изображения, искажение изображения, моделирование нанесения изображения на поверхность.

Введение

При нанесении изображения на боковую поверхность тела вращения, например, имеющего форму цилиндра, могут возникать искажения, связанные с самопроизвольным изменением пропорций по осям изображения. Эта проблема может быть решена путем предварительной обработки изображения для конкретных размеров цилиндра.

При нанесении предварительно подготовленного изображения на боковую поверхность объекта, имеющего форму цилиндра, возникает другая задача, связанная с качественным нанесением и покраской боковой поверхности. Наилучшее качество достигается при нахождении форсунок красящей головки

относительно поверхности объекта покраски на определенном расстоянии, не превышающем расстояние, указанное в технических характеристиках головки. Для изучения этой проблемы необходимо разработать приложение, позволяющее предварительно моделировать нанесение изображений на боковую поверхность цилиндра, с целью настройки, визуализации технологического процесса и получения численных характеристик качества и времени, которое занимает данный процесс. При сопровождении технологического процесса покраски такое приложение может быть полезным для оперативного контроля за качеством наносимого изображения на боковую поверхность цилиндрического объекта.

Постановка задачи 1

Разработка приложения, демонстрирующего нанесение изображения без искажений с сохранением пропорций по обоим осям на боковую поверхность цилиндра. Необходимо предварительно отмасштабировать и обработать изображение. Оно должно соответствовать площади боковой поверхности цилиндра, подлежащей покраске. Необходимо выбрать правильную ориентацию изображения по вертикальной и горизонтальной осям цилиндра с обеспечением предварительного поворота изображения на углы 90° , 180° , 270° .

Решение задачи нанесения изображения без искажений на боковую поверхность цилиндра

Площадь боковой поверхности цилиндра вычисляется по формуле:



Рис. 1. Необработанное изображение



Рис. 2. Обработанное изображение с полям

$$S = 2\pi R * H$$

где R – радиус цилиндра, а H – длина образующей.

При нанесении изображения на боковую поверхность цилиндра, в случае несовпадения размеров изображения и площади боковой поверхности, изображение искажается – растягивается или сжимается с самопроизвольным нарушением естественных или исходных пропорций по осям изображения. Чтобы избежать этого, необходимо произвести обработку изображения, до нанесения его на цилиндр. Для этого к изображению (рис. 1) добавляются «поля» (рис. 2) сверху и снизу, а также слева и справа.

Размеры добавляемых полей по краям исходного изображения позволяют центрировать изображение на боковой поверхности цилиндра и могут быть рассчитаны автоматически.

Этот способ позволяет избежать искажения изображения, фактически, выбранное изначально изображение, наносится лишь на часть боковой поверхности цилиндра, сохраняя свои пропорции. Размер полей рассчитывается по формулам:

$$Hb = Hi * R/5; Wb = Wi * L/30$$

где Wb – размер отступов сверху и снизу в пикселях; Hb – отступы слева и справа в пикселях; R – радиус цилиндра; L – длина образующей цилиндра; Wi – ширина изображения в пикселях; Hi – высота изображения в пикселях.

Выполнение программы на языке C++ в среде разработки Visual Studio 2013

При разработке программы использовался Irrlicht Engine [Direct3D 9.0] и библиотеки OpenCV. Irrlicht Engine нужен для создания 3д сцены и 3д модели цилиндра, а библиотеки OpenCV требуются для предварительной обработки изображения.

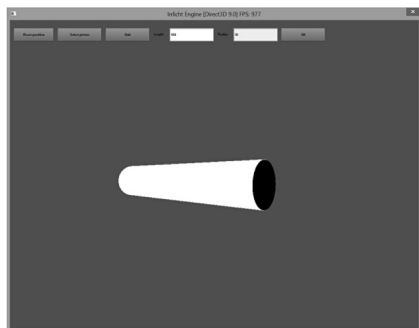


Рис. 3. Создать цилиндр

На первом шаге программы, необходимо создать цилиндр, на который будет наноситься изображение (рис. 3).

При создании тела с цилиндрической поверхностью используются несколько кнопок в верхнем поле программы на рис. 3:

Reset position – возвращение цилиндра в исходное положение (по центру экрана);

Select Picture – выбор изображения из каталога для нанесения на поверхность;

Quit – выход из программы;

Length – длина образующей цилиндра;

Radius – радиус цилиндра;

ОК – создать и отобразить цилиндр.

Интерфейс поддерживает возможность исправления размеров цилиндра. Для этого необходимо в окнах длина и радиус ввести новые значения, и нажать кнопку ОК.

Далее необходимо выбрать текстуру, для нанесения на поверхность цилиндра, и произвести его подготовку, путем добавления «полей». В противном случае, изображение будет искажено (рис. 4 – исходное изображение, рис. 5 – изображение, нанесенное на цилиндр).

Для нанесения изображения на боковую поверхность цилиндра без искажения использовалась библиотека OpenCV, и была

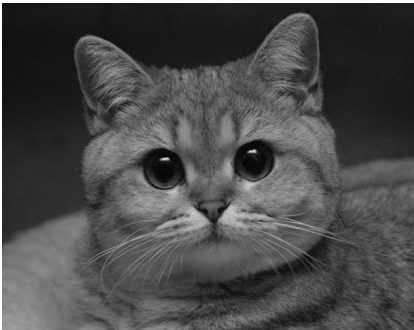


Рис. 4. Исходное изображение

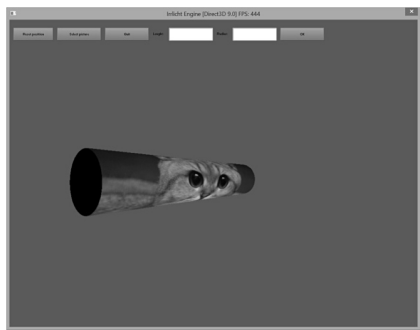


Рис. 5. Деформированное изображение

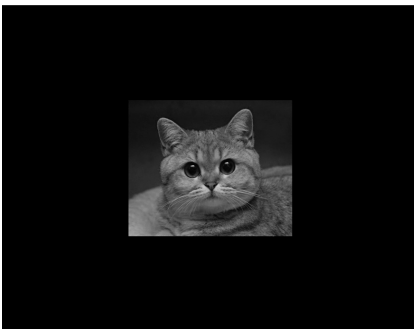


Рис. 6. Предварительно обработанное и подготовленное для нанесения на поверхность изображение

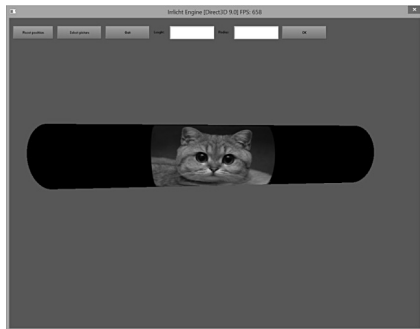


Рис. 7. Отображение обработанного изображения на боковой поверхности цилиндра

написана функция PrepareImage, которая рассчитывает и модифицирует исходное изображение.

После обработки изображения этой функцией PrepareImage, оно выглядит следующим образом, как показано на рис. 6.

Исходное изображение может быть предварительно с помощью одной из известных программ повернуто на 90° , 180° , 270° , образуемая и радиус вводятся в данную программу с функцией PrepareImage, и полученное изображение с использованием Irrlicht Engine отображается и наносится на боковую поверхность цилиндра (рис. 6 и 7).

При нанесении на боковую поверхность цилиндра, изображение наносится без искажений (рис. 7).

Алгоритм функции PrepareImage

Алгоритм функции PrepareImage представлен на рис. 8.

В соответствии с этим алгоритмом модифицированное изображение состоит из исходного и фонового изображения, которые покрывают площадь цилиндра. При этом исходное изображение сохранит свои пропорции при покраске и не будут вноситься искажения, связанные с изменением пропорций между его сторонами.

Постановка задачи 2

Разработать приложение, позволяющее моделировать нанесение изображений на боковую поверхность цилиндра, с целью настройки, визуализации, оценки качества технологического процесса и получения времени, которое занимает данный процесс.

Решение задачи нанесения изображения на боковую поверхность цилиндра

Изображение наносится с помощью специального устройства, которое представляет собой форсунку, наносящую краску на поверхность, и механизм, вращающий цилиндр и перемещающий его в горизонтальной плоскости. Таким образом, форсунка остается неподвижной с постоянными координатами и наносит краску на движущуюся точку поверхности с переменными координатами, подходом и ориентацией в нужный момент времени, когда достигается наилучшее качество при нахождении форсунки красящей головки относительно поверхности объекта покраски на определенном расстоянии, не превышающем расстояние, указанное в технических характеристиках головки. При данной реализации процесса имеет место следующая ошиб-

ка: из-за особенностей управления технологическим процессом (неточности вычислений и оборудования, длительности переходных процессов), форсунка на некоторых полных оборотах цилиндра может находиться дальше максимального расстояния для качественного нанесения краски. В таком случае, процесс нанесения краски останавливается до тех пор, пока цилиндр не сделает полный оборот, и форсунка не окажется над той же точкой. Если в данном случае, расстояние от форсунки до цилинд-

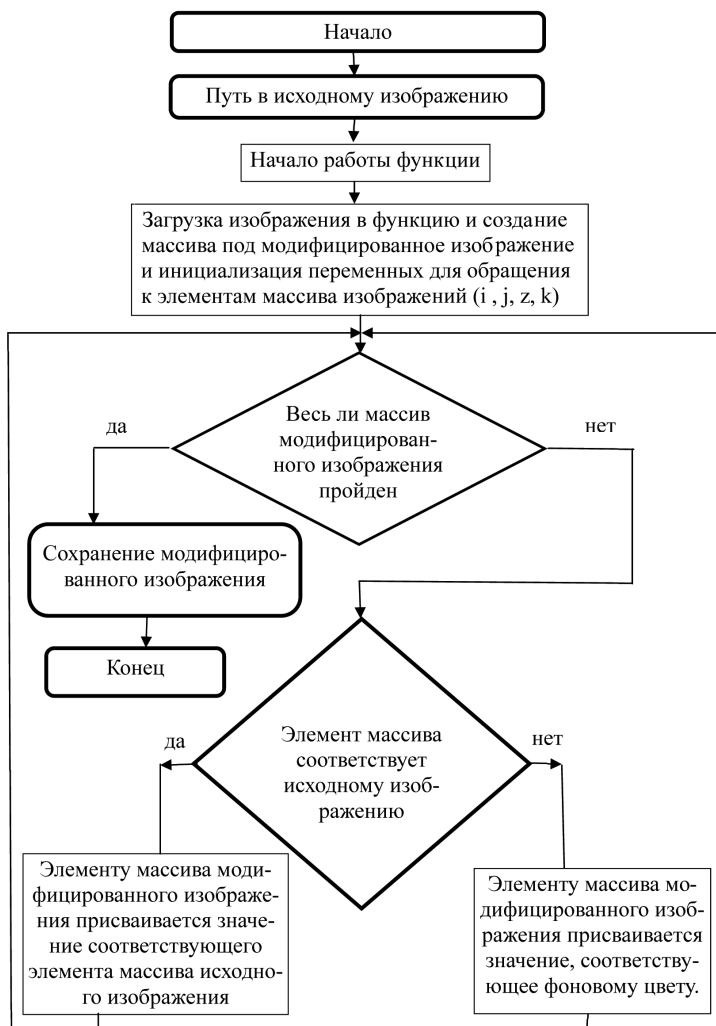


Рис. 8. Блок-схема алгоритма программы

ра будет не превышать максимальное, процесс продолжится, в противном случае, цилиндр будет вращаться до тех пор, пока форсунка не окажется над данной точкой на расстоянии, меньшем или равном максимальному.

Время нанесения изображения на боковую поверхность цилиндра зависит как от размеров цилиндра, так и от скорости нанесения краски форсункой, и линейной скорости вращения цилиндра. Если линейная скорость вращения будет больше, чем скорость нанесения краски, то процесс нанесения изображения неосуществим, потому что, будет невозможно нанести краску в необходимую точку, и не получится получить четкого изображения на боковой поверхности цилиндра. Если линейная скорость, будет сильно меньше скорости нанесения краски форсункой, то процесс будет неэффективным, из-за того, форсунка нанеся краску в нужную точку будет бездействовать, пока не окажется над следующей точкой боковой поверхности. Идеальный случай, когда линейная скорость вращения близка к скорости нанесения краски форсункой.

При моделировании данного процесса, нужно учесть погрешность оборудования, а именно те случаи, когда расстояние от форсунки до цилиндра превышает максимальное допустимое, иначе полученные результаты будут неточными.

Время, которое занимает процесс, считается по следующей формуле:

$$t_{\text{процесса}} = \sum_{i=1}^{2\pi r} \sum_{j=1}^h t_n + t_0$$

где t_n — время нанесения одного пикселя; h — высота цилиндра в мм; r — радиус цилиндра; t_0 — время простоя, из-за превышения максимального расстояния между форсункой и цилиндром.

Время простоя считается следующим образом, если в какой-то момент времени, форсунка находится слишком далеко от боковой поверхности цилиндра, то к текущему времени простоя прибавляется время полного оборота цилиндра, пока расстояние от форсунки до цилиндра не будет удовлетворительным.

Выполнение программы

Программа была разработана в среде разработки Visual Studio 2013 на языке C#.

Для начала рассмотрим интерфейс программы CylPrintModel (рис. 9).

В разделе «конфигурация модели» пользователь может указать размеры цилиндра, скорость нанесения одного пикселя,

скорость вращения цилиндра, а так же, предельные расстояния форсунки от цилиндра, и максимально возможное расстояние для нанесения краски на боковую поверхность цилиндра.

Далее, пользователь может выбрать изображение, которое предполагается наносить на боковую поверхность цилиндра, путем нажатия на кнопку с многоточием «...» в разделе «Изображение», или указав путь к необходимому файлу вручную, в поле «Путь к изображению» (рис. 10).

В разделе модель, выбранное изображение появится в поле «Исходное изображение», а сам процесс моделирования нанесения покраски будет отображаться в поле «Процесс нанесения

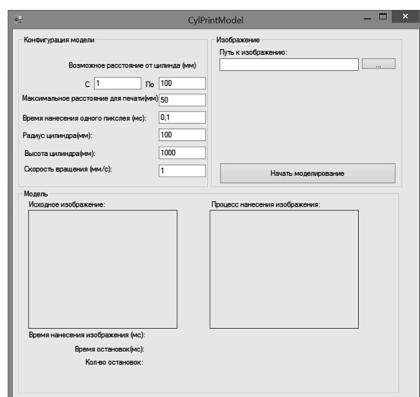


Рис. 9. Интерфейс программы CyPrintModel

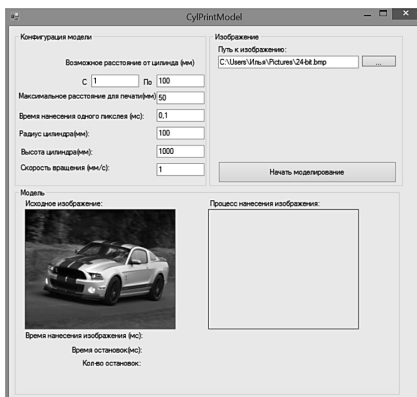


Рис. 10. Отображение обработанного изображения на боковой поверхности цилиндра

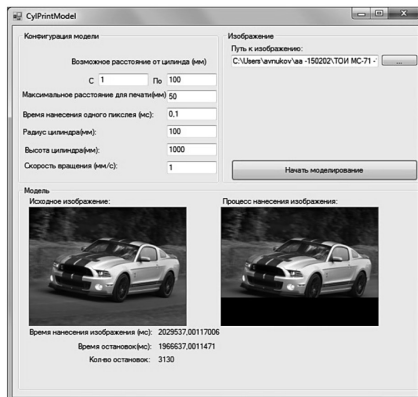
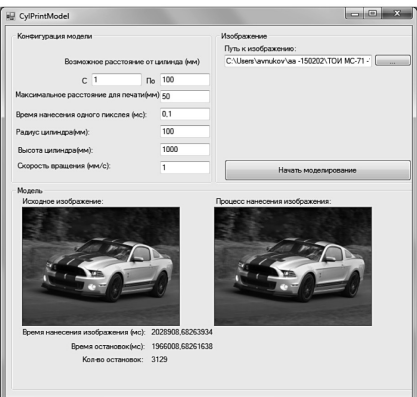


Рис. 11. Отображение обработанного изображения на боковой поверхности цилиндра



изображения» в разделе «Модель» на рис. 11, где на левой части рисунка показано исполнение процесса покраски, а на правой части рисунка – конечный результат покраски.

После выполнения моделирования процесса под изображениями показываются характеристики качества процесса, такие как: время нанесения изображения, время остановок (простоя) и количество случаев, когда форсунка от боковой поверхности цилиндра была на большем, чем допустимое, расстоянии.

Вывод

При моделировании данного процесса, было установлено, что такой способ нанесения изображения можно считать эффективным, только в случае небольшого числа ошибок, когда форсунка слишком удалена от цилиндра для печати. В противном случае, большая часть времени, около 90%, может тратиться на прокручивание цилиндра без нанесения на него краски.

Заключение

Было разработано 2 приложения для поддержки модели покраски боковой поверхности цилиндра с цифровым качеством изображения.

Приложение 1 позволяет создавать 3D модель цилиндра, произвольного размера, и наносящее изображение на боковую поверхность модели. Для нанесения изображения на боковую поверхность без искажений была разработана функция Prepare Image предварительной обработки изображения, которая решила поставленную задачу. При этом приложение 1 позволяет поворачивать цилиндр без изображения и с ним и рассматривать с разных сторон и под разными углами зрения.

Приложение 1 имеет два недостатка: нельзя сместить изображение относительно образующей поверхности цилиндра, нет возможности сохранить результат для цилиндра.

Приложение 2 позволяет настраивать и моделировать технологический процесс с учетом критериев качества покраски и необходимого времени для завершения процесса.

Приложение 2 имеет следующий недостаток: недоступен просмотр качества изображения с учетом возможных возникающих ошибок в производственных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шабном Мустари, Внуков А.А.* Математическое обеспечение программных реализаций алгоритмов кинематики манипулятора для моделей покраски поверхности тел // Вестник Российского универси-

тета дружбы народов. Серия «Инженерные исследования». – 2014. – № 3. – С. 38–46.

2. Прохоров К. О., Шабном Мустари, Внуков А. А. Исследование эффективности программных реализаций алгоритмов кинематики манипулятора // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Инженерные исследования». – 2014. – № 1. – С. 76–84.

3. Ресурс Open source Computer Vision www.opencv.org. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Внуков А.А.*¹ – кандидат технических наук, доцент,

*Виноградов И.К.*¹ – аспирант,

Шабном Мустари – аспирант, Российский университет дружбы народов,

¹ Московский институт электроники и математики

НИУ Высшая школа экономики.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 10, pp. 111–120.

UDC 004.4

A.A. Vnukov, I.K. Vinogradov, Shabnom Mustari

DEVELOPING THE APPLICATION THAT DEMONSTRATE PRINTING OF THE IMAGE ON THE LATERAL SURFACE OF THE CYLINDER

The rebellious features connected with the implementation of the application of texts and digital images on a surface of bodies with use of the industrial robot are considered. Developed application solves the problem of drawing the image without distortions on the lateral surface of the body using OpenCV library in stages and was written function that calculates and modifies the original image. For development of the program used Irrlicht Engine, creation of a 3D scene and 3D model of the cylinder, and the OpenCV library for image processing. The algorithm of the PrepareImage function is developed. Another application CylPrintModel is developed, demonstrating the painting process of the lateral surface of the cylinder without distortion proportionally on both axes using prestaged flat image using PrepareImage. Both applications are designed to support the model of painting the lateral surface of the cylinder with digital image quality.

Key words: the digital image, preliminary processing of the image, distortion of the image, image simulation of the surface coating.

AUTHORS

*Vnukov A.A.*¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,

*Vinogradov I.K.*¹, Graduate Student,

Shabnom Mustari, Graduate Student,

Peoples' Friendship University of Russia, 113093, Moscow, Russia,

¹ Moscow institute of electronics and mathematics

Higher School of Economics National Research University.

REFERENCES

1. Shabnom Mustari, Vnukov A. A. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya «Inzhenernye issledovaniya»*. 2014, no 3, pp. 38–46.

2. Prokhorov K. O., Shabnom Mustari, Vnukov A. A. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya «Inzhenernye issledovaniya»*. 2014, no 1, pp. 76–84.

3. Resurs Open source Computer Vision www.opencv.org.