УДК 677-487.5.23.275

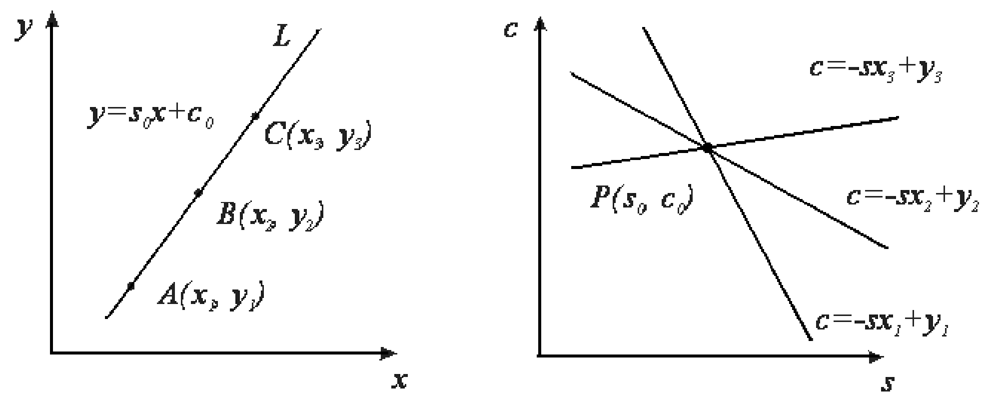
ОБНАРУЖЕНИЕ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ НАМОТКИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ПОВЕРХНОСТИ БОБИНЫ С ПОМОЩЬЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХОХА*

М.Н. НУРИЕВ

(Азербайджанский государственный экономический университет)

В [1] проведен анализ негативного влияния дефектов структуры намотки в виде жгутов и ленты на пригодность паковок к дальнейшей переработке. Там же предложен метод автоматизированного обнаружения и количественной оценки параметров структуры намотки. Метод основан на анализе фотосигнала от одиночного фотоэлемента, контролирующего освещенность участков поверхности паковки, последовательно проходящих через его поле зрения при вращении бобины. Такой метод контроля малоинформативен, так как анализируется только узкий участок поверхности паковки. Использование современных методов технического зрения позволяет предложить более информативные методы для решения этой задачи [2]. Однако такие методы требуют значительных затрат времени и вычислительных ресурсов.

Более эффективное решение этой задачи возможно на основе подхода, предложенного Хохом (Hough) и называемого преобразованием Хоха (ПХ) [3]. Поскольку участки нити на изображениях поверхности тела намотки могут быть представлены как отрезки прямых линий, для их распознавания можно использовать частный случай ПХ, называемый преобразованием Хоха прямых линий (ПХПЛ). Сущность процесса обнаружения линий с помощью ПХПЛ заключается в отображении линии в декартовом пространстве в точку в параметрическом пространстве.



а) б)

Рис. 1

Прямая линия в двумерном декартовом пространстве и точки, принадлежащие ей, описывается уравнением (рис. 1-а):

$$y = s_0 x + c_0 . \qquad (1)$$

Значения s_0 и c_0 постоянны для всех точек A, B, C прямой, а сама прямая L определяется точкой P (s_0 ,c_0) в пространстве параметров s - c (рис. 1-б).

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук П.Н.Рудовского.

С другой стороны, точка (x_1, y_1) в пространстве x-y порождает линию $c = -sx_1+y_1$ в пространстве s - c. Вторая точка (x_2, y_2) той же самой прямой L также имеет связанную линию в параметрическом пространстве s - c, $c = - sx_2 + y_2$. Она пересекается с первой линией в точке $P(s_0,c_0)$. Каждая точка прямой L порождает линию, проходящую через точку $P(s_0, c_0)$.

Таким образом, проблема обнаружения прямых в исходном x - y пространстве становится проблемой определения точек пересечения линий в параметрическом пространстве s-c. Предположим, в пространстве x-y выделены некоторые точки и стоит задача определить, какие из них принадлежат прямым. Если связанные с ними линии пересекаются в одной и той же точке параметрического пространства s - c, значит эти точки принадлежат одной линии, характеризующейся точкой пересечения $P(s_0, c_0)$. Даже если точка (x_3, y_3) лежит после "обрыва" линии L, связанная с этой точкой линия все равно проходит через точку $P(s_0, c_0)$.

Вычислительная привлекательность преобразования Хоха заключается в разделении пространства параметров на так называемые собирающие элементы, где s_{max}, s_{min} и c_{max}, c_{min} — допустимые величины параметров линий. Собирающий элемент A(i, j) соответствует площади, связанной с координатами пространства параметров (s_i, c_j).

Вначале эти элементы считаются равными нулю. Для каждой точки (x_k, y_k) в плоскости образа мы полагаем параметр s равным каждому из допустимых значений на оси s и вычисляем соответствующее c, используя уравнение $c = - sx_k + y_k$. Полученное значение c затем округляется до ближайшего допустимого значения на оси c.

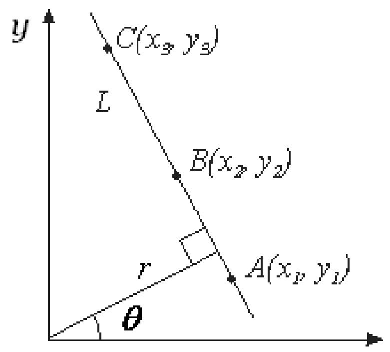
Если выбор s_p приводит к вычислению c_q, мы полагаем A(p,q)=A(p,q)+1. После завершения этой процедуры, значение M в элементе A(i, j) соответствует M точкам в плоскости x - y, лежащим на линии $y=s_ix+c_j$. Точность расположения этих точек на одной прямой зависит от числа разбиений плоскости s - c.

Отметим, что если мы разбиваем ось s на K частей, тогда для каждой точки (x_k, y_k) мы получаем K значений c, соответствующих K возможным значениям s. Поскольку имеется n точек образа, процесс состоит из $n \times K$ вычислительных операций. Эта процедура линейна относительно n и сокращает число вычислительных операций при условии $K \leq n$.

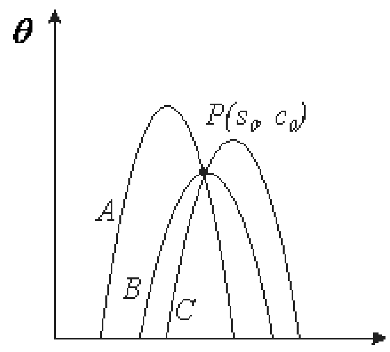
Однако использование уравнения (1) имеет большое неудобство. Оно заключается в том, что параметры s и c стремятся к бесконечности, если прямая вертикальна (то есть, параллельна оси y). Во избежание этой проблемы было предложено использование нормального уравнения прямой рис. 2-а:

$$r = x\cos\theta + y\sin\theta, \qquad (2)$$

где r – расстояние от прямой L до начала координат; θ – угол между перпендикуляром к этой прямой и осью x.



а)



б)

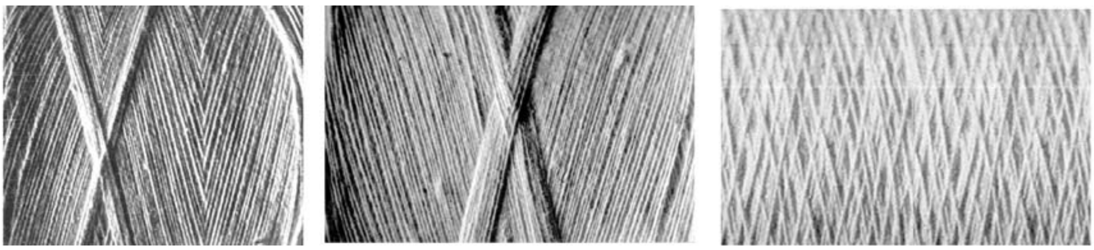
Рис. 2

Рис. 2 – преобразование Хоха (а – прямая L в двумерном декартовом пространстве и точки принадлежащие ей; б – отображение прямой L в точку P и точек A, B, C в синусоиды в параметрическом пространстве $r-\theta$).

Это преобразование порождает синусоидальную кривую в пространстве параметров $r-\theta$ для каждой точки (x, y) и преобразует прямую декартова пространства в точку $P(\theta, r)$ в параметрическом пространстве $r-\theta$. Множество точек, принадлежащих одной линии L исходного x - y пространства, порождает семейство синусоидальных кривых в параметрическом пространстве (рис. 2-б), каждая из которых пересекается со всеми другими в одной точке $P(\theta, r)$. Точка P соответствует прямой L, соединяющей эти точки.

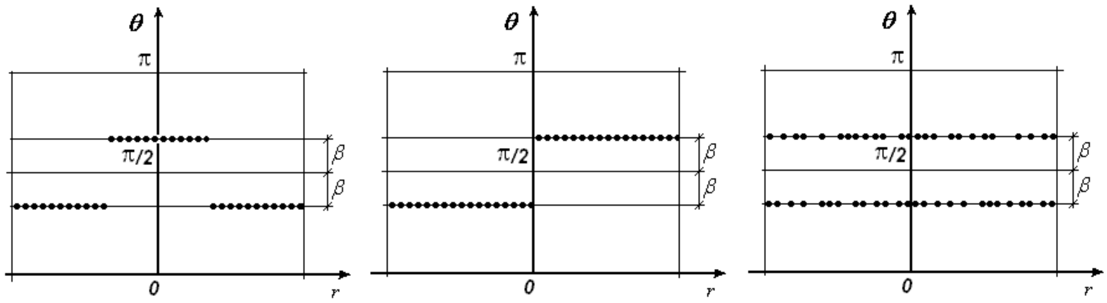
Для достижения единственности пересечения кривых угол θ ограничивают диапазоном $[0, \pi)$, позволяя значению r быть отрицательным либо положительным в зависимости от расположения перпендикуляра к исходной линии в пространстве x - y. Обычно центр исходного изображения выбирается за начало координат (x, y). В случае, если перпендикуляр лежит выше оси x, значение r положительно; в противном случае – отрицательно. Диапазон значений r ограничивается половиной ширины либо высоты изображения, в зависимости от того, какое из этих значений больше.

Дефекты намотки в виде жгутовой или ленточной намотки характеризуются расстоянием между последовательно уложенными витками [1]. Поскольку параллельные линии характеризуются одним и тем же значением параметра θ, то в параметрическом пространстве $r-\theta$ они все будут представлены точками, принадлежащими вертикальной прямой. Расстояние между этими точками в параметрическом пространстве равно расстоянию между линиями на изображении.



а) б) в)

Рис. 3



а) б) в)

Рис. 4

На рис. 3 приведены фотографии поверхности тела намотки (на рис. 3-а и рис. 3-б видны жгутовые образования, на рис. 3-в представлена застилистая намотка).

Образы приведенных изображений в параметрическом пространстве схематически показаны на рис. 4. Нити на изображении поверхности паковки представляют собой параллельные прямые линии, наклоненные к вертикали на угол подъема витка $\pm\beta$. Поэтому в параметрическом пространстве $r-\theta$ изображающие их точки располагаются на равном расстоянии β от линии $\theta=\pi/2$, то есть на прямых $\theta=\pi/2+\beta$ и $\theta=\pi/2-\beta$.

При застилистой намотке точки, изображающие нити на поверхности паковки, расположены случайным образом на обеих этих прямых (рис.4-в). При жгутовой намотке они группируются в зависимости от кратности жгута [1]. Причем точки, расположенные на разных прямых, не имеют общих абсцисс r.

Этот признак можно рассматривать как решающее правило при определении наличия жгутовых образований на поверхности намотки бобины.

ВЫВОДЫ

На основе преобразования Хоха прямых линий сформулированы решающие правила для распознавания жгутовой намотки на поверхности паковок крестовой намотки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Нуриев М.Н.* Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2006.
2. *Денисов А.Р., Киприна Л.Ю., Рудовский П.Н.* Применение методов кластерного анализа для контроля качества паковок крестовой намотки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №4С. С.111…113
3. *Bugao X.* Determining Fiber Orientation Distribution in Nonwovens with Hough Transform Techniques // Text. Res. J. – 1997, 67(8).

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов.. Поступила 10.03.08.