

УДК 674.038.71

А.Г. Черных, Л.В. Ильюшенко

Черных Александр Григорьевич родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры технологии деревообрабатывающих производств СПбГЛТА, академик РАЕН, ген. директор НП «Ассоциация деревянного домостроения». Имеет около 120 научных работ в области технологии и оборудования лесопиления, деревянного домостроения, технологий защитно-декоративных покрытий древесины.



Ильюшенко Леонид Владимирович родился в 1979 г., окончил в 2003 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, аспирант. Область научных исследований – лесопиление, сушка древесины.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА НАКЛОНА ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ К ПЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ СКАНИРОВАНИЯ

Предложен алгоритм обработки изображений торцев пиломатериалов для математического описания их сечения и ориентации годичных слоев.

Ключевые слова: радиальные черновые заготовки, сканирование, годичные слои древесины.

Реальные форма бревна и расположение годичных слоев вносят значительные искажения в расчет выхода пиломатериалов радиальной распиловки. Исследования [1, 4] базируются на том, что поперечное сечение бревна представляет собой круг, а очертание годичного слоя – окружность.

При раскрое надо правильно учитывать фактическое расположение годичных слоев [5]. Поэтому нами были проведены исследования по определению наклона годичных слоев к пласти сосновых пиломатериалов, предназначенных для раскроя на черновые заготовки.

Цель исследований – разработать алгоритм описания геометрии сечения пиломатериала и ориентации годичных слоев к пласти с помощью сканера.

В ходе эксперимента установлено, что наиболее целесообразно производить сканирование в формате *jpeg* с разрешением 150 точек на дюйм. Полученные изображения относятся к RGB-объектам и характеризуются массивом размерностью $m \times n \times 3$. Каждому элементу изображения с координатами (i, j) в массиве цветности соответствует тройка вещественных чисел в диапазоне от 0 до 1, определяющих интенсивность составляющих компонент: элементы $(i, j, 1)$ – интенсивность красного, $(i, j, 2)$ – зеленого, $(i, j, 3)$ – синего цвета [2].

Сочетание компонент красного, зеленого, синего инвариантно. Это затрудняет определение всего множества индексов, соответствующих цвету ранней и поздней древесины. Для подобного исследования лучше использовать индексированные (*indexed*) изображения, у которых матрица цветности

имеет размерность $m \times n$. Индексированными являются изображения в формате *gif*. Элементы этой матрицы соответствуют индексам в массиве цветовой карты *colormap*, которая ассоциирована в компьютере с текущим графическим окном [2].

Стадии обработки изображения: получение изображения со сканера; выделение актуальной области, занятой пиломатериалом; преобразование изображения в индексированное; фильтрация изображения; вывод преобразованного изображения на экран.

Первым шагом работы с изображением является выделение в изображении зоны, непосредственно занятой древесиной. Для решения этой задачи используют фильтр медианной фильтрации. В системе MATLAB™ он имеет запись

$$A2 = medfilt2(A4, [5 5]), \quad (1)$$

где $A4$ и $A2$ – исходная и преобразованная матрицы.

Для текущего элемента матрицы выделяют окружающую область размером 5×5 и вычисляют ее медиану, которую и присваивают данному элементу. Медианную фильтрацию можно эффективно применять для устранения импульсного шума [3]. Фильтр полностью удаляет очертания годичных колец. На изображении (рис. 1) видны две области: белая – занятая пиломатериалом, черная – не занята пиломатериалом.

С помощью матрицы цветности сформированного изображения выделяют сечение пиломатериала, производят обрезку изображения и дают математическое описание сечения. Обрезка изображения понижает размерность матрицы, его описывающей, что повышает производительность компьютера. Исходный файл преобразуют в индексированный трехцветный (цвет ранней, поздней древесины и окружающей пиломатериал области). Для удобства анализа выделяют зону ранней древесины – белый цвет, поздней – черный. На рис. 1 видно большое количество черных вкраплений в

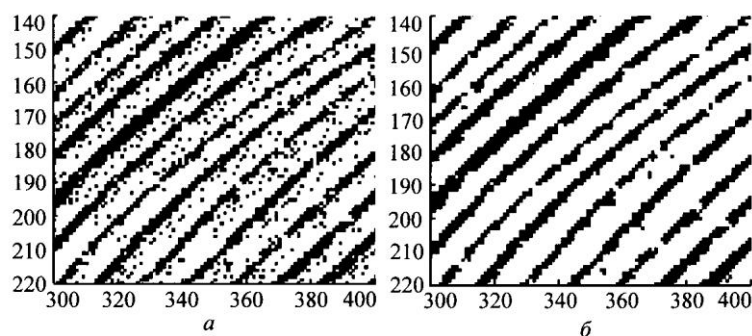


Рис. 1. Фрагменты изображения торца древесины до (а) и после (б) применения фильтра адаптивной фильтрации Винера (размерность осей в пикселях)

зоне ранней древесины. Их источниками являются ворс и маленькие капельки смолы. Для их устранения используют фильтр Винера. В системе MATLAB™ он имеет следующую запись:

$$A = wiener2(A1,[3 3]), \quad (2)$$

где $A1$ и A – исходная и преобразованная матрицы.

Функцию *wiener2* используют в алгоритме адаптивной винеровской фильтрации для подавления аддитивного гауссова белого шума [3]. Улучшенное изображение выводят на экран (рис. 1, б).

Сформированное изображение описывают матрицей A_{ij} (где i и j соответствуют положению элемента по осям Oy и Ox). Значение элемента A_{ij} , равное 1, указывает на то, что точка с координатами (j, i) – черная, $A_{ij} = 2$ – белая. Используя матрицу можно решить вторую задачу исследований – определить угол наклона годовичных колец.

Точка C (рис. 2) для анализа должна быть выбрана черной (лежит в зоне поздней древесины), черные элементы должны также находиться в некоторой ее окрестности. Это достигается следующим образом: первоначально точки измерений расположены чуть выше середины толщины T пиломатериала с шагом расстановки, заданным пользователем. Для каждой точки проверяют условие: точка должна быть окружена последовательностью хотя бы из трех смежных черных точек, лежащих на одной прямой. Если это условие не выполняется, то рассматривают точку изображения (элемент матрицы цветности), расположенную под точкой, рассмотренной ранее. Алгоритм выполняется до тех пор, пока не выполнится нужное условие, либо пока рассматриваемая точка не достигнет нижней границы – 8,8 мм от нижней пласти пиломатериала, обусловленной возможностью работы алгоритма по определению наклона годовичных колец к пласти пиломатериала. Если точка дошла до нижней границы, то измерение для рассматриваемой абсциссы прекращается, алгоритм начинает работать со следующей точкой.

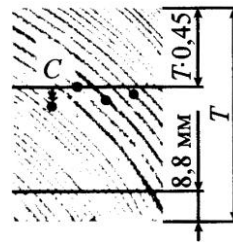


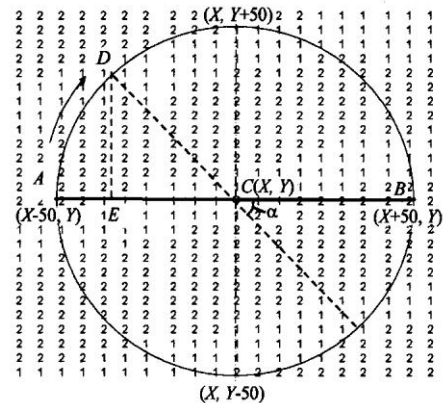
Рис. 2. Схема расположения точек замеров

После определения точки для замера осуществляют измерение угла наклона годовичных колец к пласти пиломатериала. В строке матрицы A выделяют по 50 элементов слева и справа от выбранной т. C (отрезок AB , рис. 3). Подсчитывают число элементов, равных 1. Затем отрезок AB поворачивают на некоторый угол α так, чтобы начало отрезка A оказалось в строке $X-49$. Угол поворота отрезка α находят по формуле

$$\alpha = \arccos\left(\frac{EC}{CD}\right). \quad (3)$$

Снова подсчитывают число элементов, равных 1, которые пересекут отрезок в новом положении. Затем отрезок AB поворачивают так, чтобы

Рис. 3. Схема работы алгоритма определения угла наклона годовичных колец



вершина отрезка A оказалась в строке $X-48$ и подсчитывают число элементов, равных 1, и т. д., пока отрезок AB не совершит полный оборот.

Угол наклона годовичных колец α определяется таким положением отрезка AB , при котором он пересекает максимальное число элементов матрицы A , равных 1.

Для проверки правильности работы алгоритма проведено сравнение предлагаемого метода с измерением наклона годовичных колец с помощью транспортира (цена деления 1°). Было исследовано 50 образцов.

Измерения показали, что разница между этими способами не превышает $6,0^\circ$, среднеквадратическое отклонение составляет $3,16^\circ$.

Источники погрешности предлагаемого способа:

1. Дискретность вращения отрезка AB . Для сосны выбираем длину отрезка AB , равную 20 мм. Эта длина перекрывает 100 элементов матрицы (на рис. 3 для наглядности число элементов уменьшено). Уменьшение длины отрезка снижает точность определения угла наклона годовичных слоев. Большая длина отрезка приводит к тому, что он захватывает соседние слои и повышение точности не происходит. Минимальная длина отрезка ED равна 1, длина отрезка CD принята 50, тогда шаг вращения отрезка составляет

$$\Delta\alpha = \arcsin\left(\frac{1}{50}\right) = 2^\circ 50'.$$

Эта величина является теоретической погрешностью предлагаемого способа.

2. У образцов древесины, имеющих большую ширину поздней зоны годовичного слоя, может быть несколько положений отрезка, в которых он пересекает максимальное число элементов матрицы A , равных 1. В этом случае алгоритм выбирает первое положение, несмотря на то, что оно может нечетко совпадать с касательной годовичного слоя.

Источники погрешности метода, использующего транспортир:

1. Неточность построения касательной к годовичным слоям, имеющим широкую или изогнутую зону поздней древесины.

2. Неточность построения проекции пласти, имеющей покоробленность.

Выводы

Программа, созданная на основе представленного алгоритма, дает адекватный результат для исследуемой породы – сосны. Наклон годичных колец можно распознать в зоне как ядровой, так и заболонной древесины. Различие цветовых оттенков ядровой и заболонной древесины не вносит дополнительной погрешности в определение угла наклона годичных слоев.

Однако использовать изображение, полученное непосредственно со сканера, для определения угла наклона годичных слоев нерационально. Необходимо его обрабатывать. Особое внимание следует обратить на устранение шума с полученных снимков. При сканировании древесины источником шума являются маленькие капельки смолы на торце и ворс. Указанный шум эффективно подавляют аддитивным гауссовским белым шумом, используя алгоритм адаптивной фильтрации Винера. Вместе с тем, полностью удалить шум программными средствами нельзя, поэтому требуется механическая очистка поверхности торцев пиломатериалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батин, Н.А. К составлению поставок на выпилку радиальных пиломатериалов [Текст] / Н.А. Батин, А.А. Янушкевич // Механическая технология древесины. – 1971. – Вып. 1. – С. 9–13.
2. Кетков, Ю.Л. MATLAB 6.x: программирование численных методов [Текст] / Ю.Л. Кетков, А.Ю. Кетков, М.М. Шульц. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 672 с.
3. Консультационный центр MATLAB компании «Softline» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/index.php>
4. Межов, И.С. Производство радиальных пиломатериалов и заготовок [Текст] / И.С. Межов, Л.К. Осипова. // Деревообаб. пром-сть. – 1996. – № 3. – С. 8–10.
5. Черных, А.Г. Получение радиальных черновых заготовок [Текст] / А.Г. Черных, Л.В. Ильюшенко // Лесн. журн. – 2006. – № 3 – С. 46–50. – (Изв. высш. учеб. заведений).

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 27.03.06

A.G. Chernykh, L.V. Ilyushenkov

Determination of Annual Rings Tilt Angles on Timber Butt-ends by Scanning

Algorithm of image processing of timber butt-ends for mathematical description of timber section and annual rings orientation is suggested.