

УДК 681.3+343.98

Д. Е. Кузменков

начальник отдела специальных исследований
E-mail: kuzmenkov-11@inbox.ru

Ю. Ю. Лысянный

инженер-программист отдела материально-технического обеспечения
E-mail: yul@mail.ru

А. Н. Хох

младший научный сотрудник НИЛ материалов, веществ и изделий
научного отдела специальных исследований
E-mail: IannIhoh@gmail.com

НПЦ Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь

ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВЛЕНИЯ ТОЖДЕСТВЕННОСТИ ИЛИ СХОДСТВА ГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ СПИЛОВ/ФРАГМЕНТОВ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ АРМ «DENDROEXP»

В статье освещены вопросы, связанные с автоматизацией сравнительных исследований образцов древесины с целью установления их принадлежности единому целому при наличии/отсутствии общей линии разделения. На основе корреляционной функции синтезирован алгоритм оценки уровня сходства спилов по графическим изображениям с выделением доминирующего элемента. Областями применения результатов работы являются судебная экспертиза, следственная и судебная деятельность.

Ключевые слова: автоматизация, графические изображения, дендрохронологический анализ, древесина, перекрестная датировка, радиальный прирост, судебная экспертиза.

В экспертной практике при расследовании преступлений, как уголовного, так и административного характера, в которых в качестве вещественных доказательств фигурирует древесина (убийства, хищения, незаконные рубки лесных насаждений, мошенничество с лесоматериалами, деревянное домостроение и т. д.), часто встает вопрос о том, не составляли ли ранее отдельные отрезки (части) древесины единое целое.

В том случае, если на экспертизу представлены части полндревесных стволов (спилы, фрагменты), имеющие общую линию разделения или содержащие зоны прямослойной древесины, взаимная принадлежность может быть установлена путем непосредственного совмещения их цифровых изображений (сканы, фотоснимки).

Для получения качественных изображений с высокой четкостью используется стадия предварительной подготовки поверхности сравниваемых образцов древесины. Для получения чистых гладких срезов используют рубанки с косым лезвием, реберно-хрящевые ножи или иной режущий инструмент. Отдельные участки среза обычно приходится «доводить» лезвием безопасной бритвы. При этом необходимо следить за тем, чтобы волокна древесины не сминались. Далее следует тщательно отшлифовать всю поверхность каждого образца. Шлифуют древесину преимущественно вдоль волокон, иначе на обрабатываемой поверхности могут образоваться царапины, что ухудшит качество изображения. Первоначально

пользуются насадками с крупнозернистой наждачной бумагой, а затем с более мелкой (зернистость снижается от 150 до 400–600). После завершения шлифовки следует обязательно удалить шлифовальную пыль с поверхности образца с помощью чистой влажной ткани или губки. Иногда только шлифовки бывает недостаточно, в таких случаях с целью повышения контрастности проводят дополнительную химическую обработку образцов древесины [1–3]. В целом действие химических методов основано на том, что древесные волокна и поры неодинаково впитывают растворы красителей. Летняя часть годовичного слоя (поздняя древесина) плотнее весенней (ранняя древесина), так же, как ядро плотнее заболони. При окраске более рыхлые слои впитывают в поры больше красящих веществ и становятся темнее, нежели более плотные слои. Важно помнить, что результат предварительной обработки часто является определяющим для решения всей задачи обработки и анализа изображения.

Непосредственно сам процесс экспертного исследования по установлению тождественности или сходства образцов древесины реализуется с помощью базового математического аппарата взаимной корреляционной функции (correlation function (CF)) в программном модуле автоматизированного рабочего места (АРМ) «DendroExp», разработанного в государственном учреждении «Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь» [4].

Корреляционная функция – это функция, на вход которой подаются два графических изображения, а на выходе получают значения, характеризующие степень их совпадения [5]. Соответственно, чем выше значение коэффициента сходства (coefficient of relationship), тем больше сходство изображений. Используя математический аппарат CF, можно получить числовые значения параметров, которые используются при сравнительном анализе двух графических изображений спилов древесины на предмет их сходства.

Решение вопроса по установлению тождественности или сходства в АРМ «DendroExp» начинается с формирования списка файлов для дальнейшего выбора из них изображений образцов древесины, подлежащих сравнению. Цифровые изображения различных форматов (например, bmp, tiff, jpeg, gif, psx, tga и др.) могут вноситься в АРМ с любого носителя информации, либо экспортироваться непосредственно с устройств получения цифровых изображений (например, сканеров). В АРМ также предоставлена возможность добавлять целые папки с изображениями, так как общее количество сравниваемых образцов не ограничено.

В режиме «Сравнение изображений» экран АРМ делится на два окна, в которых отображаются сравниваемые изображения (рисунок 1).



Рисунок 1 – Сравнение двух спилов древесины ели обыкновенной: 1 – центр спила, 2 – доминирующий элемент

Затем на сравниваемых изображениях вручную выделяются реперные точки, соответствующие биологическому центру спила (рисунки 1, 2 (область 1)). Автоматическое детектирование центроидов спилов древесины как по замкнутым контурам, которые отвечают годичным слоям, в бинарной форме, так и по их скелетонизированным аналогам [6] в подавляющем большинстве случаев оказывается неэффективным. Данный факт объясняется большой (иногда до 48 часов) длительностью и возможными погрешностями определения центра из-за невыполнения условия концентрического расположения линий годичных слоев, особенностей и сложностей их строения и неравномерности толщины радиального прироста по всей окружности ствола дерева.

Для корректного вычисления значения схожести спилов/фрагментов древесины необходимо привести изображения к одному масштабу, так как они могут быть получены различными техническими средствами, что обуславливает расхождение, в частности, по разрешению и размерам. А корреляционная функция достаточно чувствительна к данным параметрам.

Степень разрешения изображения (количество пикселей на единицу длины) устанавливается либо вручную, либо по линейке (если она есть в кадре).

В АРМ заложен следующий алгоритм приведения к одному размеру: пусть h_1 и w_1 – высота и ширина первого изображения, а h_2 и w_2 – высота и ширина второго, тогда если $h_1 > h_2$, а $w_1 > w_2$, то считается, что первое изображение больше второго, в обратном случае – второе больше первого. Большее из изображений уменьшается настолько, чтобы полностью вписаться в меньшее.

В некоторых случаях для корректного масштабирования требуется предварительно удалить избыточный фон. Функция обрезания краев убирает белые полосы по краям исходного изображения. Для обрезания краев необходимо определить четыре крайние точки, принадлежащие образцу древесины.

Следующим этапом является совмещение сравниваемых изображений относительно центра. Для этого пользователь задает вторую характерную (контрольную) точку на изображениях, чтобы получить вектор (первая точка – начало вектора (центр), а вторая точка – точка-конец вектора). На основании полученного вектора осуществляется доворот второго изображения относительно первого. Затем происходит дополнительное вращение уже совмещенных изображений вправо-влево на угол $\pm 15^\circ$ (с сохранением всех данных исходного изображения) для нахождения максимума корреляционной функции (рисунок 2).

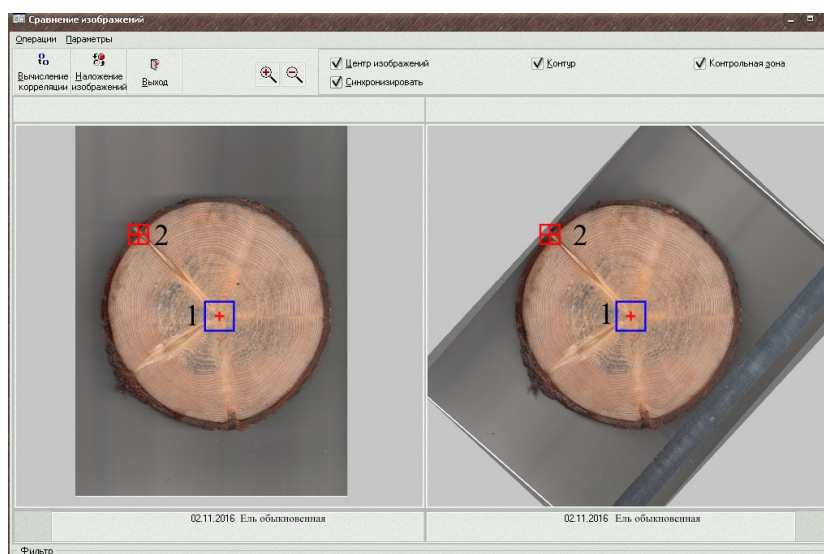


Рисунок 2 – Максимальное соответствие двух сравниваемых спилов древесины ели обыкновенной: 1 – центр спила, 2 – доминирующий элемент

После определения максимума используется специальный модуль для проверки эффективности совмещения. Он работает на просвет, позволяя изменять уровень прозрачности то одного, то другого изображения (рисунок 3).

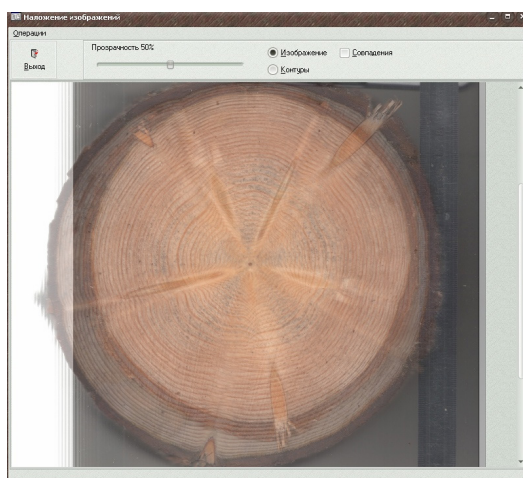


Рисунок 3 – Пример совмещения двух спилов древесины на просвет

После того, как сравниваемые изображения были совмещены, необходимо выделить наиболее характерные (доминирующие) элементы изображения спилов. Спилов древесины могут иметь как один, так и несколько таких ключевых элементов. В таком случае для определения схожести необходимо выделять все такие элементы и сравнивать их отдельно друг с другом. К визуальным признакам, которые учитываются при решении вопроса относительно доминирования элемента (в зависимости от каждого конкретного случая) могут относиться: сучки – места основания ветвей дерева, трещины, проросты, червоточины, глазки, завитки, смоляные карманы, локальное изменение цвета древесины на более светлый или темный, линии, образовавшиеся в результате неровного сруба дерева (зазубрины) и др. (рисунок 4). Перечисленные признаки нередко являются визуально более глубокими и выраженными, чем линии годовичных слоев, а потому, более информативными при установлении тождественности или сходства образцов древесины [7].

В программном модуле АРМ «DendroExp» имеется возможность выделения доминирующего элемента с помощью компьютерного манипулятора «мышь». Пользователь осуществляет выделение прямоугольной области произвольного размера (рисунки 1, 2 (область 2), содержащей изображение доминирующего элемента.

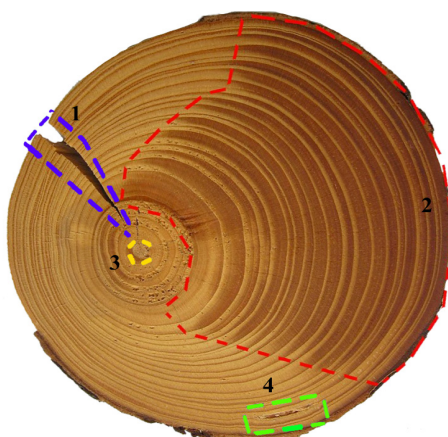


Рисунок 4 – Варианты доминирующих элементов: 1 – трещина усушки, В – сплошная крень, С – эксцентричное расположение сердцевины, D – порок древесины в виде гнезда (смоляной карман)

В этом случае при расчете коэффициентов корреляции двух спилов древесины используется только выделенная, характерная, область (если область не выделена, используется все изображение).

На рисунке 5 представлены результаты расчета функции схожести при выделении доминирующего элемента.

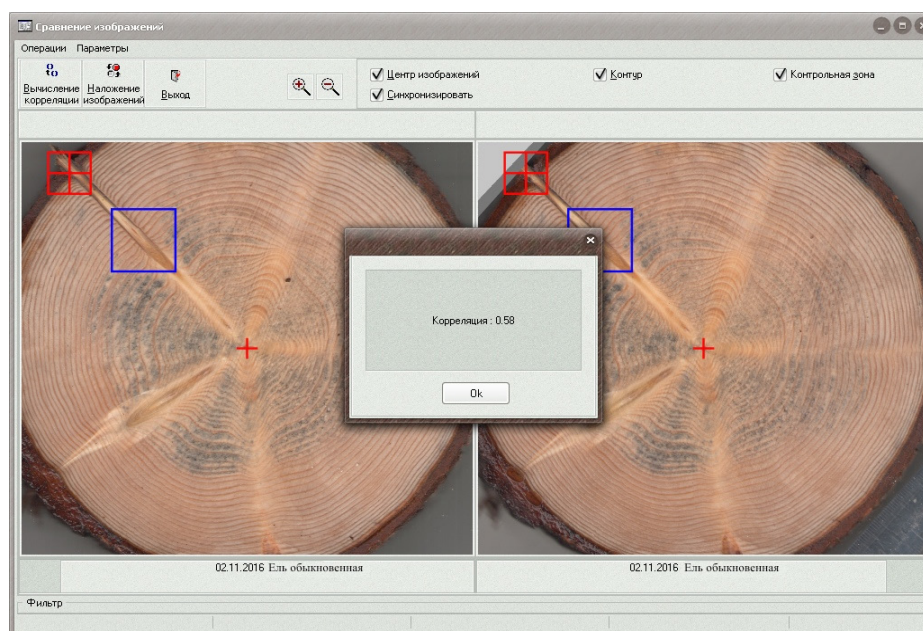


Рисунок 5 – Пример сравнения двух спилов древесины при выделении доминирующего элемента

Также предоставлена возможность осуществлять сравнение выбранной группы файлов между собой с отображением средних значений их схожести и автоматическим расчетом значений доверительного интервала (валидация). В итоге список изображений сортируется по убыванию, начиная с наиболее похожих.

Результаты сравнения заносятся в стандартный бланк фототаблицы, готовый к выводу на печать. Содержание и структура бланка, в случае необходимости, может быть изменена экспертом. Изображения сравниваемых образцов древесины располагаются на листе в соответствии с правилами, предъявляемыми к фототаблицам, прилагаемым к заключению эксперта.

В АРМ «DendroExp» предусмотрен модуль, позволяющий улучшать качество изображений или отдельных его участков путем применения различных фильтров визуальной коррекции в автоматическом и ручном режиме. На каждом этапе обработки и анализа могут использоваться различные алгоритмы и методы обработки изображения: линейное контрастирование; гамма-корреляция; размытие изображения; повышение контрастности изображения с учетом соседних значений в заданной области; автоконтрастирование, модифицированный метод эвкализации гистограмм, заливка, выделение границ. Выбор этих методов и алгоритмов, настройка их параметров может проводиться как в ручном, так и в автоматическом режиме в зависимости от поставленной задачи. Улучшение изображения повышает точность идентификации объектов и точность измеряемых численных характеристик.

Проиллюстрируем сказанное на конкретных примерах. Для двух изображений спилов древесины, приведенных на рисунке 6, были выделены доминирующие элементы и рассчитана величина схожести ($CR = 0,36$).

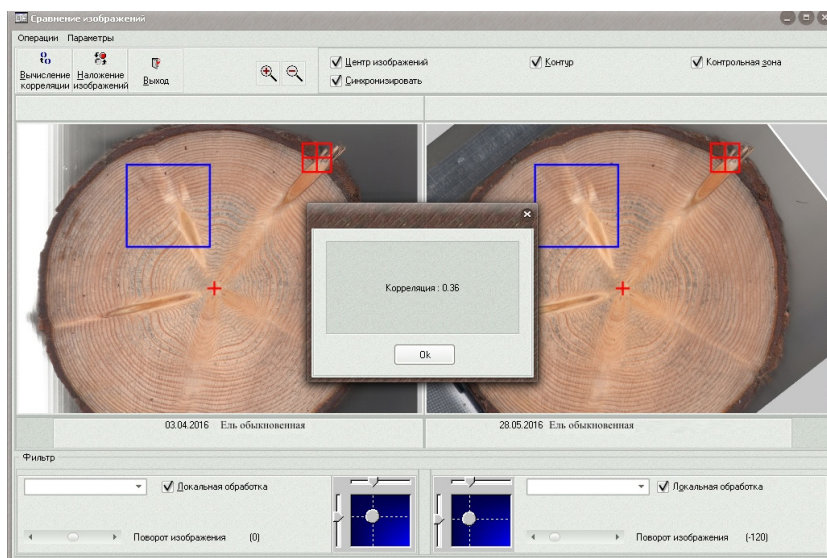


Рисунок 6 – Пример сравнения двух спилов древесины при выделении доминирующего элемента (без использования фильтров визуальной коррекции)

Так как в данном случае доминирующие элементы сопоставляются на основе их формы, а не цвета, то цветные изображения спилов древесины были преобразованы в полутоновые (градиенты серого). Пиксель цветного изображения в формате RGB преобразовывался в значение яркости (I) по формуле:

$$I = (11R+16G+5B)/32 \quad (1)$$

Полученное таким образом изображение имеет 256 оттенков (градаций) серого цвета – от черного до белого.

В результате проведенных преобразований значение величины схожести сравниваемых образцов значительно возросло – CR в случае анализа полутоновых изображений составил 0,56 (рисунок 7). Данный пример иллюстрирует эффективность и целесообразность проведенных предварительных преобразований исходных изображений сравниваемых спилов древесины.

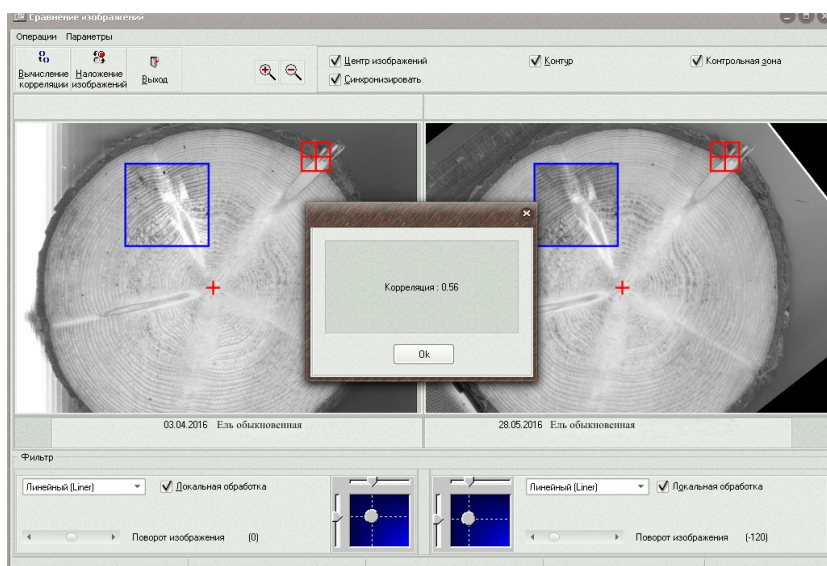


Рисунок 7 – Пример сравнения двух спилов древесины при выделении доминирующего элемента (с использованием фильтров визуальной коррекции)

Следует отметить, что применение к изображениям описанных выше функций не влечет за собой необратимые изменения в исходном (эталонном) цифровом изображении. Последнее сохраняется в неизменном виде.

Таким образом, разработанный АРМ «DendroExp» позволил автоматизировать проведение сравнительных исследований образцов древесины с целью установления их принадлежности единому целому при наличии/отсутствии общей линии разделения. Для этого на основе корреляционной функции синтезирован алгоритм оценки уровня сходства спилов по графическим изображениям с выделением доминирующего элемента, что позволяет сократить время проведения экспертизы и значительно уменьшить вероятность ошибочных выводов. Однако следует помнить, что наиболее эффективное использование реализованных в АРМ функций достигается только после предварительной пробоподготовки сравниваемых образцов древесины.

Список использованных источников

1. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации : учеб.-метод. пособие / С. Г. Шиятов [и др.]. – Красноярск : КрасГУ, 2000. – 80 с.
2. Ильчуков, С. В. Обработка древесных срезов и кернов для проявления годичных колец / С. В. Ильчуков // Лесное хозяйство. – 1997. – № 6. – С. 26–27.
3. Фильрозе, Е. М. Способ проявления границ и структуры годичных слоев / Е. М. Фильрозе, Г. М. Гладушко // Дендрохронология и дендроклиматология. – Новосибирск, 1986. – С. 68–71.
4. Концепция автоматизированного рабочего места по обработке дендрохронологической информации, используемой при производстве экспертиз объектов растительного происхождения / Д. Е. Кузменков [и др.] // Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы : сб. науч. тр. / НПЦ Гос. ком. судеб. экспертиз Респ. Беларусь; редкол. : А. В. Дулов (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Право и экономика, 2016. – Вып. 1/39. – С. 154–157.
5. Айфичер, Э. С. Цифровая обработка сигналов: практический подход / Э. С. Айфичер, Б. У. Джервис. – М. : Издат. дом «Вильямс», 2008. – 992 с.
6. Детектирование центриды изображения древесных пород для автоматической обработки спилов / А. А. Коляда [и др.] // Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы : сб. науч. тр. / НПЦ Гос. ком. судеб. экспертиз Респ. Беларусь; редкол. : А. В. Дулов (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Право и экономика, 2016. – Вып. 1/39. – С. 172–178.
7. Ботыгин, И. А. Математические модели в задачах обработки дендрозоологических данных. Ч. I / И. А. Ботыгин, В. Н. Попов, В. А. Тартаковский // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 5. – С. 76–78.

Дата поступления: 01.12.2016

D. E. Kuzmenkov

head of the scientific department of special investigations

Y. Y. Lisianniy

software engineer of logistics department

A. N. Khokh

junior researcher of RL of materials, substances and products
of the scientific department of special investigations

SPC of the State forensic examination committee of the Republic of Belarus

FEATURES OF ESTABLISHMENT OF IDENTITY OR SIMILARITY OF GRAPHIC IMAGES OF SAW CUTS/FRAGMENTS OF WOOD BY MEANS OF AW «DENDROEXP»

The article deals the issues connected with the automation of comparative studies of wood samples to determine their accessory of a single whole in the presence/absence general line of separation. On the basis of the correlation function the algorithm of assessment of level of similarity of saw cuts to graphic images with allocation of the dominating element is synthesized. Results, that was described in this paper, has implementation in forensic expertise, investigative and judicial activitie.

Keywords: automation, graphic images, dendrochronological analysis, wood, cross dating, radial growth, forensic expertise.