

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОХРАНА ТРУДА

УДК 681.785.554

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

д-р хим. наук М.А. ЗИЛЬБЕРГЛЕЙТ
(Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, Минск);
канд. хим. наук, доц. С.Ф. ЯКУБОВСКИЙ
(Полоцкий государственный университет)

Рассматривается проблема идентификации древесины с использованием программно-аппаратных средств. Анализируются основные способы идентификации: органолептические методы и методы, связанные с определением прочностных свойств исследуемых объектов. В качестве решения проблемы классификации древесных пород предложено использовать классические цветометрические модели RGB, СМУК, Lab и HSB, которые характеризуют породу древесины тем или иным набором параметров. Для повышения точности классификации параметры цветowych моделей дополнены параметром, учитывающим количество цветов в изучаемых объектах. Установлено, что из всех цветометрических систем наиболее эффективной является система СМУК, затем следуют системы RGB, Lab, HSB. Показано, что величина верно классифицированных объектов зависит от принятой цветометрической модели.

Ключевые слова: *идентификация, породы древесины, методы распознавания, цветометрические модели.*

Введение. Несанкционированные рубки ценных пород деревьев наносят значительный вред, связанный как с вопросами контрабанды древесины ценных пород, так и с вопросами ущерба лесной флоре и фауне. Среди различных способов нарушений законодательства при провозе через таможенную границу и иные пункты контроля и досмотра не последнее место занимает фальсификация породного состава древесины. Вместе с тем вопрос идентификации древесины до сих пор остается недостаточно изученным. Имеется крайне малое число работ, затрагивающих рассматриваемую проблему.

Деревья, произрастающие в разных климатических условиях, естественно, получают разное почвенное питание, выращены из посадочного материала, полученного по разным технологиям, следовательно, древесина имеет сильный разброс свойств, по которым ее принято идентифицировать. Значительные проблемы в идентификации возникают при попытках вывоза ценных пород древесины под видом малоценных. Визуального контроля и опыта контролирующего органа явно недостаточно для правильного определения породы древесины. Между тем таможенные органы и органы, проводящие экспертизу при проведении осмотра древесины и изделий из нее (пиломатериалы и др.), используют визуальный способ оценки. К ним относят: вид коры, наличие ядра, резкость перехода от ядра к заболони, твердость, текстуру, цвет, блеск, группировку и характеристику сосудов и смоляных ходов, прочие морфологические признаки. В целом на территории СНГ известны около 80 пород древесины, оценка которых визуальным методом по большому числу параметров представляется ненадежной. Для более глубокого анализа необходимо использовать длительные и достаточно затратные микроскопические, химические и физико-механические методы исследования, которые также не всегда приводят к однозначным ответам на поставленные вопросы.

Специалисты пытались решить задачу идентификации древесины путем анализа спектральных данных, полученных при помощи портативного прибора, включающего в себя спектрофотометр и анализатор спектров. Число работ, посвященных использованию аппаратных методов для контроля над качеством растительного сырья и продуктов его переработки методами спектрального, хроматографического и цветометрического анализа, также мало. В основном используются методы химического анализа и исследования физико-механических свойств, для которых характерны высокая трудоемкость и длительность, велик риск ошибки в результатах анализов, что приводит зачастую к неправильной трактовке. Известно одно сообщение, в котором упоминается использование портативного прибора для определения древесных пород [1].

Тематика данной работы отражена в двух диссертационных исследованиях [1; 2], на основании которых введена в эксплуатацию серия приборов типа «Кедр». Метод анализа достаточно сложный, так как требует снятия спектров диффузионного отражения и температурной коррекции. Имеются и определенные сомнения в эффективности данного метода, так как приводимые авторами спектры различных пород древесины зачастую перекрываются, а доверительный интервал достаточно широк [3].

В 1992 году в БГТУ (Минск) разработана система распознавания льноволокна (заказчик – ЦНИИЛВ, Москва); в 2006–2007 годах выполнена научно-исследовательская работа «Разработать и внедрить технологию производства бумаги документной на комбинированной БДМ». В результате был предложен метод идентификации, основанный на применении пиролитической хроматографии и одного из методов распознавания образов. Примерно в это же время (1992 г.) Институт физики НАН Беларуси сконструировал экспериментальный прибор «Лен», основанный на использовании метода нарушенного полного внутреннего отражения. Сущность метода заключалась в сравнении изучаемого образца с базовым и принятии решения о пригодности испытуемого продукта. Но дальнейшего продолжения данные работы не получили.

Основная часть

Предлагаемый нами подход не требует создания специальной аппаратуры и заключается в использовании цветного фотоснимка исследуемого объекта и стандартной системы цветометрии, которая, как будет показано ниже, позволяет получать весьма приемлемые результаты. Сущность метода заключается в обработке цветного изображения в системах RGB, CMYK, Lab, HSB и применении метода распознавания образов для идентификации исследуемого объекта. Работа предполагает создание так называемого решающего правила на основании собранной базы данных и отнесения «спорной» породы к породе из собранной нами базы данных. В качестве решающего правила можно использовать разные подходы. Нами использовались так называемые *классификационные функции Фишера* и *вариант кластерного анализа*, известный как *метод «трех ближайших соседей»*.

Представляется, что сведения о цветовых системах RGB, CMYK, Lab, HSB и методах их обработки можно почерпнуть в [4], а вопросы классификации в системах распознавания образов в [5; 6].

Материалы и методы

В качестве *объектов исследования* выбраны *ель обыкновенная* (*Picea abies* (L.) Karst.) и *туя западная* (*Thuja occidentalis* L.). Данные породы были заложены в 1945 году в Центральном ботаническом саду НАНБ (Минск). Съемки ствола осуществлялись на высоте примерно 1,5 м камерой с разрешением у матрицы 8 Мп в дневное время. Для выделения исследуемой области полученные изображения обрабатывались программным продуктом «Ножницы». При помощи продукта Adobe Photoshop CC изображения усреднялись и были охарактеризованы в системах RGB, CMYK, Lab, HSB. Объем обучающей выборки – ель обыкновенная (25 образцов), туя западная (28 образцов). В качестве дискриминатора использовалась линейная разделяющая поверхность. В качестве расстояния в кластерном анализе – расстояние Евклида с предварительно стандартизированными переменными. Исследования проводились в два этапа: на *первом этапе* использовались только цветометрические системы RGB, CMYK, Lab, HSB; на *втором этапе* они дополнялись еще одним признаком – количеством цветов в каждом образце.

В таблицах 1, 2 приведены фрагменты исходных выборок для исследуемых пород древесины для систем цвета RGB, CMYK, Lab, HSB.

Таблица 1. – Фрагмент исходной выборки цветометрических характеристик для ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.)

Образец	R	G	B	C	M	Y	K	L	a	b	H	S	B
1	55	60	32	58	46	83	53	23	-7	20	52	28	51
5	56	60	32	59	45	82	53	23	-8	19	47	32	47
7	40	47	18	60	46	69	65	16	-10	20	51	34	49
11	84	78	53	46	48	92	39	33	0	18	41	14	52
21	64	61	45	50	49	78	52	25	-1	12	60	39	40

Таблица 2. – Фрагмент исходной выборки цветометрических характеристик для туи западной (*Thuja occidentalis* L.)

Образец	R	G	B	C	M	Y	K	L	a	b	H	S	B
2	130	125	94	43	39	74	12	43	-1	20	69	47	24
3	120	112	82	43	43	81	18	48	1	20	71	47	24
9	125	119	83	44	40	83	15	50	-1	23	74	62	18
15	133	127	114	44	42	55	9	54	1	9	48	37	33
20	103	103	63	50	41	100	24	43	-5	25	51	30	25

Результаты и обсуждение

Полученные экспериментальные данные рассматривались как две обучающие выборки, к которым была применена стандартная процедура распознавания. Распознавание проводилось с учетом разного объема групп. Все четыре цветковые системы рассматривались отдельно.

В таблице 3 представлены результаты распознавания. Результаты приведены в порядке возрастания качества распознавания.

Таблица 3. – Результаты классификации с линейным дискриминатором для цветовой модели HSB

Исходная группа HSB.Col_4	Размер группы	Прогноз HSB	
		туя	ель
Туя	28	24 (85,71%)	4 (14,29%)
Ель	25	6 (24,00%)	19 (76,00%)

Очевидно, что в системе HSB процент правильно классифицированных объектов составляет 81,13%. Решающее правило имеет вид:

$$F(\text{Туя}) = -21,4694 - 0,0061799 \cdot \text{HSB.Col}_1 + 0,473819 \cdot \text{HSB.Col}_2 + 0,708042 \cdot \text{HSB.Col}_3;$$

$$F(\text{Ель}) = -16,0955 - 0,00618517 \cdot \text{HSB.Col}_1 + 0,409526 \cdot \text{HSB.Col}_2 + 0,5809 \cdot \text{HSB.Col}_3,$$

где Col_1 – равняется значению H; Col_2 – значению B; Col_3 – значению S.

Данные уравнения показывают, что наибольший вклад в распознавание вносит яркость, далее следует насыщенность и цветовой тон.

Аналогичные результаты в плане правильно распознанных объектов (81,13%) получены с использованием цветовой модели Lab (табл. 4).

Таблица 4. – Результаты классификации с линейным дискриминатором для цветовой модели Lab

Исходная группа Lab.Col_4	Размер группы	Прогноз Lab	
		туя	ель
Туя	28	23 (82,14%)	5 (17,86%)
Ель	25	5 (20,00%)	20 (80,00%)

Коэффициенты для решающей функции сведены в таблицу 5.

Таблица 5. – Значения коэффициентов для решающей функции цветовой системы Lab

Цветовая система Lab	Туя	Ель
LAB.L	0,561572	0,445772
LAB.a	0,220718	0,093779
LAB.b	0,826781	0,508808
CONSTANT	-18,7757	-10,7265

Очевидно, что в данной цветовой системе наибольший вклад в классификацию вносят цветковые гаммы (a, b), а наименьший – освещенность (L). Заметим, что лучшие результаты можно получить, используя цветковые системы RGB и CMYK (табл. 6).

Таблица 6. – Результаты классификации с линейным дискриминатором для цветовой модели RGB и СМΥК

Исходная группа	Размер группы	Прогноз RGB		Прогноз СМΥК	
		туя	ель	туя	ель
Туя	28	22 (78,57%)	6 (21,43%)	24 (85,71%)	4 (4,29%)
Ель	25	3 (12,00%)	22 (88,00%)	3 (12,00%)	22 (88,00%)

Для модели RGB суммарный итог распознавания составил 83,02%, для СМΥК – 86,79%.

Наибольшая чувствительность первой цветовой системы оказалась к красному (R) цвету, наименьшая – к зеленому (G). При расчете в системе СМΥК наибольшая чувствительность зафиксирована для желтого цвета (Y), наименьшая – для пурпурного (M).

Для улучшения качества прогноза в качестве дополнительного фактора была добавлена новая величина – количество цветов для каждого образца.

Так как две последние цветометрические модели показали лучший результат, то такая процедура была применена только к ним. Таким образом, добавление нового параметра резко повысило качество классификации. Как для цветовой модели RGB, так и для модели СМΥК суммарный результат прогноза оказался равным 94,34% (табл. 7).

Этому приему значительно уступает попытка объединить две цветовые системы RGB + СМΥК. В этом случае получен результат с удачной классификацией, но составил лишь 88,68%.

Таблица 7. – Результаты классификации с линейным дискриминатором для цветовой модели RGB и модели СМΥК после добавления дополнительного параметра

Исходная группа	Размер группы	Прогноз RGB		Прогноз СМΥК	
		туя	ель	туя	ель
Туя	28	26 (92,86%)	2 (7,14%)	26 (92,86%)	2 (7,14%)
Ель	25	1 (4,00%)	24 (96,00%)	1 (4,00%)	24 (96,00%)

Как уже было сказано выше, в качестве второго метода исследования использовался метод «трех ближайших соседей». Этот метод был использован для всей выборки целиком, а это значит, что каждый из 53 объектов рассматривался поочередно как объект, подлежащий классификации. Например, для модели СМΥК (без дополнительного фактора) наблюдалось небольшое улучшение распознавания. Для туи степень верного распознавания оказалась равной 96,4%, для ели – 80,0%. В среднем результат составил 88,3%, что лишь на 2% больше, чем для распознавания с линейной дискриминирующей функцией. При использовании данного подхода к этой же модели к выборке с учетом дополнительного фактора цвета результат составил 96,2%. Учитывая тот факт, что данные методы классификации основаны на разных предпосылках, можно рекомендовать использовать их совместно.

Заключение

В работе исследована возможность применения различных цветометрических моделей для распознавания двух видов деревьев – туи западной и ели обыкновенной – по их изображениям.

Установлено, что из всех цветометрических систем наиболее эффективной является система СМΥК, затем следуют системы RGB, Lab, HSB.

Результаты распознавания исследуемых пород можно повысить до уровня 92...96% за счет использования дополнительного фактора – количества цветов, которыми можно охарактеризовать исследуемый объект.

Практически одинаковые результаты были получены в случае, когда в качестве решающего правила применяют метод линейного дискриминантного анализа и метод «трех ближайших соседей». Так как данные методы распознавания базируются на разных предпосылках, то их совместное использование повышает уровень доверия к полученным результатам.

Результаты, приведенные в данной работе, касаются только того объема материала, который был использован для исследования и анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ухов, А.А. Оптические спектрометры с многоэлементными фотоприемниками : дис. ... д-ра техн. наук : 05.11.07 / А.А. Ухов. – СПб. : С.-Петербург. гос. электротехн. ун-т, 2015. – 290 с.
2. Воронин, А.А. Разработка и исследование спектрального метода и аппаратуры для оперативной идентификации пород древесины : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.11.07 / А.А. Воронин. – СПб. : С.-Петербург. гос. ун-т механики и оптики, 2011. – 20 с.
3. Воронин, А.А. К вопросу идентификации пород древесины с применением метода анализа спектров / А.А. Воронин, Е.В. Смирнова, А.П. Смирнов // Науч.-техн. вестн. С.-Петербург. гос. ун-та. – 2010. – № 2(66). – С. 5–10.
4. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М. : Техносфера, 2006. – 616 с.
5. Фомин, Я.А. Распознавание образов : теория и применения / Я.А. Фомин. – М. : ФАЗИС, 2012. – 429 с.
6. Фомин, Я.А. Статистическая теория распознавания образов / Я.А. Фомин, Г.Р. Тарловский. – М. : Радио и связь, 1986. – 624 с.

Поступила 03.02.2017

IDENTIFICATION OF WOOD USING CHROMATICITY CHARACTERISTICS

M. ZILBERGLEIT, S. JAKUBOWSKY

The problem of identifying the wood using software and hardware is considered. The main methods of identifications: organoleptic methods and methods associated with the determination of the strength properties of examined objects are analyzed. The decision of this problem associated with the correct classification of tree species is proposed the classical chromaticity models RGB, CMYK, Lab, HSB that characterize wood species a particular set of parameters proposed to. For improving the accuracy of classification parameters of colour models are augmented with a parameter that takes into account the number of colours in the studied objects. It is established that of all colorimetric systems the most effective is the CMYK system, followed by the systems RGB, Lab, HSB. It has been shown that the value of correctly classified objects is depending on the chromaticity of the adopted model.

Keywords: *identification, wood species, methods of recognition, chromaticity model.*