

УДК 677.021

**ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЯ И УСЛОВИЙ
ОЦЕНКИ ЦВЕТА ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА
ПО СТЕПЕНИ СХОДСТВА С ЭТАЛОННЫМИ ОБРАЗЦАМИ**

**SUBSTANTIATION OF CRITERIA AND CONDITIONS
FOR ASSESSMENT OF FLAX COLOR
BY DEGREE OF SIMILARITY WITH REFERENCE SAMPLES**

A.V. ОРЛОВ, Е.Л. ПАШИН, А.С. СЕРГЕЕВ

A.V. ORLOV, E.L. PASHIN, A.S. SERGEEV

**(Костромской государственной университет,
Костромская государственная сельскохозяйственная академия)**

**(Kostroma State University,
Kostroma State Agricultural Academy)**

E-mail: aorlov@list.ru; evgpashin@yandex.ru; aleksei160694@gmail.com

В статье описывается новая методика оценки цвета лубяных волокон, основанная на предложенном принципе непосредственного сравнения распределений значений используемых цветовых характеристик. Авторами разработана методика расчета, реализующая данный принцип, а также обоснованы рекомендуемые значения ее параметров. Теоретические выкладки проверены на примере анализа существующих цветовых эталонов (согласно ГОСТ 24383–89).

The article describes a new method of estimating the color of flax fiber based on suggested principle of direct comparison of value distributions for color parameters

being used. Authors develop an algorithm implementing said principle, and substantiate a set of recommended values of its parameters. The theory is tested by analyzing existing reference samples (according to GOST 24383–89).

Ключевые слова: лен, волокно, цвет, распределение, сравнение, эталон.

Keywords: flax, fiber, color, distribution, comparison, reference sample.

Современная практика использования стандартных методов колориметрии льняных волокон предусматривает органолептическую оценку их цвета или отдельных цветовых характеристик на основе сравнения с эталонными образцами. Например, по цвету волокна из стеблей льняной тресты выделяют 4 группы, трепаного волокна – 6 (по несколько эталонов в каждом), волокна чесаного и чесаного в ленте, соответственно 15 и 13 эталонов. При этом доминирующим критерием является цветовой фон, при оценке которого учитывают неоднородность цветовых оттенков [1...4]. Очевидно, что при таком определении не исключается формирование ошибок, обусловленных субъективными причинами. Для устранения этих недостатков создаются инструментальные методы с использованием стандартных методов контроля параметров цвета, которые, наряду с определением физико-механических свойств волокон, позволяют повысить точность и объективность результатов оценки их качества [5], [6].

Однако известные инструментальные методы определения цветовых характеристик базируются на предположении о соответствии их изменчивости (в частности, интенсивности цветовых составляющих) закону нормального распределения. Поэтому при анализе, как правило, используют такие статистические характеристики, как математическое ожидание, стандартное отклонение, асимметрию и эксцесс.

Между тем следует заметить, что цвет льняных волокон зависит от совокупности факторов, проявляющихся в процессе роста и развития растений, их первичной обработки и хранения. Как следствие, в цветовой палитре волокна могут присутствовать системные изменения окраски в виде нескольких явно выраженных участков различных цветов. В результате этого итоговые

распределения интенсивности цветовых составляющих могут быть многомодальными, что ограничивает информативность указанных выше статистических показателей. Этот вывод подтверждает, например, практика применения инструментальных методов определения цвета трепаного льняного волокна из стеблей, полученных в изменяющихся условиях рельефа и удобренности почвы, отклонений от технологического регламента уборки льна, из-за изменения погоды и условий сезонного хранения. Вследствие этого при последующем выборочном контроле волокнистой пробы формируется упомянутая выше многомодальность распределения.

Таким образом, повышение точности анализа на основе сравнения с эталонными образцами требует совершенствования метода колориметрии льняных волокон.

С этой целью был предложен принцип непосредственного сравнения распределений исследуемых характеристик цвета. Его сущность и возможности рассмотрим на модельном варианте сравнительного анализа двух изображений, каждый пиксель которых характеризуется одним значением некой интересующей нас величины цветовой характеристики. На этом основании разделим совокупности пикселей изображений на N классов, каждый из которых будет включать в себя диапазон значений величины d . Таким образом, будут получены два распределения – X и Y . Индивидуальные классы X_i и Y_i этих распределений будут соответствовать числу пикселей, значение которых попало в соответствующий классу диапазон. С целью нейтрализации возможного влияния размера анализируемых изображений проведем их нормирование путем выражения значения классов в X и Y не количеством пикселей, а процентом доли площади изображения.

В этом случае будут выполняться следующие соотношения:

$$\sum_{i=1}^N X_i = 100\%, \quad \sum_{i=1}^N Y_i = 100\%. \quad (1)$$

В связи с особенностями существующих методов цифровой обработки изображений для обеспечения разбиения совокупности пикселей на N равновеликих классов размером d необходимо принять, что величины N и d должны быть степенью числа 2.

Предложим в качестве критерия, описывающего уровень различий между двумя анализируемыми распределениями X и Y , сумму (по модулю) разностей значений соответствующих друг другу классов X_i и Y_i :

$$\Delta = \sum_{i=1}^N |X_i - Y_i|. \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N D_i = (X_1 - Y_1) + \dots + (X_N - Y_N) = (X_1 + \dots + X_N) - (Y_1 + \dots + Y_N) = 100\% - 100\% = 0.$$

Из этого следует, либо все элементы D_i будут нулевыми (в случае, если сравниваемые изображения имеют идентичное распределение интересующей нас характеристики), либо они будут иметь разные знаки.

Такой результат позволяет рассмотреть влияние числа классов N (в частности, его уменьшение) на значение D_i . Поскольку N и d являются степенью 2, то это можно

Использование модулей разностей обеспечивает учет величины указанных различий независимо от их знака. В то же время предложенный критерий Δ позволяет выявлять различия распределений X и Y независимо от формы данных распределений.

Однако при этом возникает необходимость оценки влияния количества классов N на степень выявления различий сравниваемых распределений с последующим выбором предпочтительного значения N .

Для этого рассмотрим поэлементную разность D распределений X и Y :

$$D_i = X_i - Y_i, \quad i \in [1; N]. \quad (3)$$

Покажем, что в условиях использования нормированных значений сумма элементов D_i будет нулевой. Для этого подставим (3) в (2) и перегруппируем слагаемые. Тогда, учитывая (1), получим:

представить как последовательные слияния двух соседних классов D_i в более крупные классы D'_j .

$$D'_j = D_{2j-1} + D_{2j}, \quad j \in [1; N/2]. \quad (4)$$

С учетом (4) рассчитаем показатель уровня различий Δ' для более крупных классов:

$$\begin{aligned} \Delta &= \sum_{i=1}^N |D_i| = |D_1| + |D_2| + \dots + |D_{N-1}| + |D_N|, \\ \Delta' &= \sum_{i=1}^{N/2} |D'_j| = |D_1 + D_2| + \dots + |D_{N-1} + D_N|. \end{aligned} \quad (5)$$

Очевидно, что, если D_i и D_{i+1} имеют разные знаки, то $|D_i + D_{i+1}| < |D_i| + |D_{i+1}|$. В противном случае $|D_i + D_{i+1}| = |D_i| + |D_{i+1}|$. Таким образом, сравнивая слагаемые в (5), получим $\Delta' \leq \Delta$. Иными словами, с уменьшением числа классов, то есть с их укрупнением, показатель различий Δ будет либо убывать, либо оставаться неизменным. В

предельном случае для $N = 1$ получим $\Delta = 0$, как следствие (1).

Подтвердим данный вывод экспериментально, используя результаты анализа изображений двух образцов трепаного льняного волокна, один из которых является эталонным по ГОСТ 24383–89. Посредством сканирования получили шесть 24-битных циф-

ровых изображений каждого образца волокна. В качестве инструментов обработки данных использовали математический комплекс MathCAD и язык программирования общего назначения Python.

Проанализируем два варианта распределения: по четырем и шестнадцати классам.

Т а б л и ц а 1

| Цветовой канал | Сумма отличий (доля пикселей) при сравнении образцов при разном числе классов | |
|----------------|---|-------------|
| | четыре | шестнадцать |
| R – красный | 0,126 | 0,153 |
| G – зеленый | 0,142 | 0,185 |
| B – синий | 0,068 | 0,068 |
| Сумма $\sum A$ | 0,336 | 0,406 |

Из полученных результатов следует подтверждение теоретических выводов в части роста различий между двумя анализируемыми распределениями цветовых характеристик X и Y с увеличением числа классов. Однако при этом будут возрастать объемы расчетов и время их реализации. Поэтому очевидна потребность в определении рационального числа классов распределения, обеспечивающих минимизацию затрат на вычислительные процедуры без ухудшения условий оценки различий сравниваемых изображений.

Для решения данной задачи использовали реальные цветовые эталоны по ГОСТ 24383–89: эталон 1.1 – первая группа; 2.1 – вторая группа; 3.1 – третья группа и 4 – четвертая группа. Эталоны были распределены попарно на три блока: [1.1-2.1]; [2.1-3.1]; [3.1-4]. В указанных блоках проводили сравнение изображений, считая, что один из них эталонный образец, а другой – сравниваемый. Оценка проводилась по интенсивности яркости трех составляющих цвета: R, G, B с использованием разного количества классов распределения: от двух до максимально возможного числа 256. Полученные данные были обработаны для получения зависимостей критерия Δ от числа классов. Итоговые результаты представлены графически на рис. 1...3.

Рис. 1 – зависимость критерия Δ от числа классов при сравнении изображений в блоке [1.1 - 2.1], рис. 2 – зависимость кри-

В качестве критерия степени схожести изображений используем величину Δ согласно (2).

Указанную процедуру расчетов провели для трех каналов цветности: R, G, B. Совокупные результаты представлены в табл. 1 (сумма различий (доля пикселей по модулю) анализируемого изображения с эталоном по трем цветовым каналам).

терия Δ от числа классов при сравнении изображений в блоке [2.1 - 3.1], рис. 3 – зависимость критерия Δ от числа классов при сравнении изображений в блоке [3.1-4].

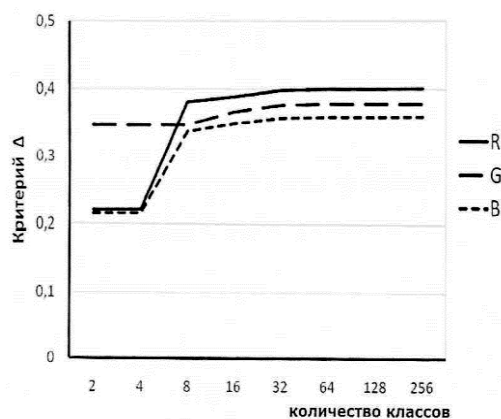


Рис. 1

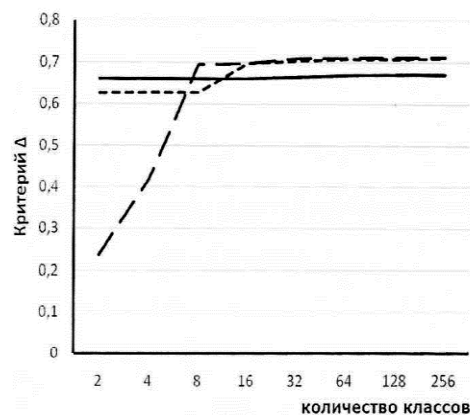


Рис. 2

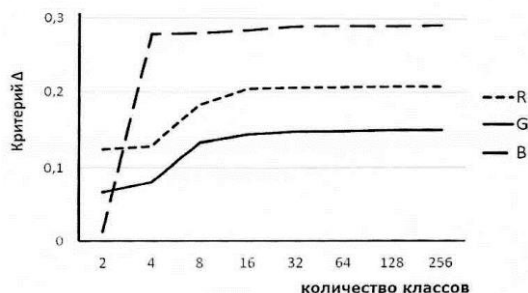


Рис. 3

Из анализа представленных зависимостей следует дополнительное подтверждение выводов, что с увеличением числа классов распределения цветовой характеристики критерий Δ возрастает. Однако указанный рост имеет различную интенсивность. Начиная с 32 классов, увеличение числа классов приводит к незначительному и статистически доказуемому росту Δ . Поэтому указанное значение (32 класса) было принято для использования при расчете критерия $\Sigma\Delta$, минимальная величина которого будет определять результат выбора группы цвета анализируемого образца при сравнении с эталонами.

ВЫВОДЫ

1. Известные инструментальные методы определения цветковых характеристик базируются на предположении об их изменении в соответствии с законом нормального распределения, что приводит к формированию ошибочных результатов при многомодальном характере изменения интенсивностей цветковых составляющих.

2. В качестве критерия сходства между двумя анализируемыми распределениями X и Y предложен критерий Δ в виде суммы разностей (по модулю) значений соответствующих друг другу классов интенсивностей цветковых составляющих X_i и Y_i . При увеличении числа классов величина Δ возрастает, что обеспечивает рост совокупного отличия сравниваемых распределений интенсивностей цветковых характеристик.

3. Для оценки сходства анализируемого образца с эталоном следует использовать сум-

марное значение $\Sigma\Delta$ по трем составляющим цвета (R, G, B), рассчитанное при распределении цветковых характеристик на 32 класса. Ее минимальное значение $\Sigma\Delta$ будет соответствовать наибольшей вероятности сходства анализируемого образца при сравнении с эталоном и определять выбор оценки показателя цвета (группа, номер, класс).

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р 53143–2008. Треста льняная. Требования при заготовках. – Введен впервые 01.01.2009. – М.: Стандартиформ, 2010.
- ГОСТ Р 53484–2009. Лен трепаный. Технические условия. – Введен впервые 09.12.2009. – М.: Стандартиформ, 2010.
- ГОСТ Р 53549–2009. Лен чесаный. Технические требования. – Введен впервые 15.12.2009. – М.: Стандартиформ, 2010.
- ГОСТ Р 54590–2011. Лен чесаный в ленте. Технические условия. – Введен впервые 06.12.2011. – М.: Стандартиформ, 2012.
- Румянцева И.А., Пашин Е.Л. Системы контроля параметров качества льнотресты для управления процессом ее переработки. – Кострома, Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2014.
- Куликов А.В., Пашин Е.Л. Развитие инструментальных систем оценки качества льна. – Кострома, Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2016.

REFERENCES

- GOST R 53143–2008. Tresta l'nyanaya. Trebovaniya pri zagotovkakh. – Vveden v pervyye 01.01.2009. – M.: Standartinform, 2010.
- GOST R 53484–2009. Len trepanyy. Tekhnicheskie usloviya. – Vveden v pervyye 09.12.2009. – M.: Standartinform, 2010.
- GOST R 53549–2009. Len chesanyy. Tekhnicheskie trebovaniya. – Vveden v pervyye 15.12.2009. – M.: Standartinform, 2010.
- GOST R 54590–2011. Len chesanyy v lente. Tekhnicheskie usloviya. – Vveden v pervyye 06.12.2011. – M.: Standartinform, 2012.
- Rumyantseva I.A., Pashin E.L. Sistemy kontrolya parametrov kachestva l'notresty dlya upravleniya protsessom ee pererabotki. – Kostroma, Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2014.
- Kulikov A.V., Pashin E.L. Razvitie instrumental'nykh sistem otsenki kachestva l'na. – Kostroma, Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2016.

Рекомендована кафедрой технических систем в АПК Костромской ГСХА. Поступила 22.08.17.