

ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛЯНИХ ВОЛОКОН ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОПРАЦЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Л. Чурсіна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри,

Т. Кузьміна, доктор технічних наук, професор кафедри,

Г. Тіхосова, кандидат технічних наук, доцент кафедри,

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЬНЯНЫХ ВОЛОКОН С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Л. Чурсина, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой,

Т. Кузьмина, доктор технических наук, профессор кафедры,

А. Тихосова, кандидат технических наук, доцент кафедры,
Херсонский национальный технический университет, г. Херсон

DETERMINE THE GEOMETRICAL PARAMETERS OF LINEN FIBRES WITH DIGITAL TECHNOLOGIES OF INFORMATION PROCESSING

L. Chursina, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department Head,

T. Kuzmina, Doctor of Technical Sciences, Professor,

A. Tihosova, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Kherson National Technical University, Kherson

У статті запропоновано новий метод отримання й опрацювання інформації стосовно геометричних параметрів модифікованого льняного волокна, що ґрунтується на сучасних цифрових технологіях. Метод може бути використано у створенні нових державних стандартів на модифіковане льняне волокно.

Для формування інформаційної бази стандартизації якісних параметрів льняних модифікованих волокон, на нашу думку, повинні бути застосовані сучасні методи цифрового опрацювання зображень, якість якого визначається великою кількістю технічних характеристик системи: співвідношенням сигнал/шум, статистичними характеристиками шуму, градаційними, спектральними (колірними) характеристиками, інтервалами дискретизації тощо.



Л. Чурсіна



Т. Кузьміна



Г. Тіхосова

Контраст є одним з параметрів, що обумовлюють якість зображень. Оскільки зображення має складний сюжетний характер, це породжує необхідність при визначенні його контрастності виходити з контрасту окремих комбінацій його елементів. При цьому всі елементи вважаються ідентичними, і контраст кожної їхньої пари C_{ij} обчислюється за формулою:

$$C_{ij} = \frac{L_i - L_j}{L_i + L_j}, \quad (1)$$

де L_i, L_j — яскравості елементів сюжетного зображення.

Якщо на зображенні наявні перекручування в певних локальних зонах, обумовлені дифракцією світла, недоліками оптичних систем або їх розфокусуванням, використовують метод перетворення локальних контрастів [1]. Для підвищення якості зображень для кожного його елемента спочатку визначається локальний контраст, потім відбувається його нелінійне посилення й відновлення яскравості цього елемента із вже скоректованого локального контрасту. Цей метод дозволяє не тільки розв'язувати завдання поліпшення візуальної якості зображень, але й реалізовувати як високочастотну, так і низькочастотну фільтрацію за допомогою застосування різних функцій перетворення локальних контрастів.

Для обраного елемента $L(i, j)$ із координатами (i, j) вихідного зображення L ($L(i, j) \in L$) обчислюють локальний контраст елемента за формулою:

$$C(i, j) = \frac{|\bar{L}_1(i, j) - \bar{L}_2(i, j)|}{\bar{L}_1(i, j) + \bar{L}_2(i, j)}, \quad (2)$$

де
$$\bar{L}_1(i, j) = \frac{1}{n^2} \sum_{(i, j) \in W_1} L(i, j), \quad (3)$$

$$\bar{L}_2(i, j) = \frac{1}{m^2} \sum_{(i, j) \in W_2} L(i, j), \quad (4)$$

$$m = 3n, n > 1.$$

Зони W_1 й W_2 є змінними вікнами у вигляді квадрата із центром в елементі з координатами (i, j) . При змінному розміщенні вікна W_1 усередині змінного вікна W_2 слід враховувати оптимальну апертуру вікна.

Локальний контраст підсилюють згідно з формулою (3), і відновлення елемента зображення з координатами (i, j) й скоректованого контрастом $C(i, j)$ має вигляд:

$$C^*(i, j) = \phi[C(i, j)], \quad (5)$$

де $\phi[C(i, j)]$ — нелінійна монотонно зростаюча і визначена на інтервалі $[0, 1]$ функція, що відповідає умовам: $C(i, j) \in [0, 1]$, $\phi[C(i, j)] \geq C(i, j)$, $\phi[C(i, j)] \in [0, 1]$.

Розрахунок за формулами (1 — 5) виконують для кожного елемента зображення L .

Недоліками цього підходу є розмитість результуючого зображення. Для його усунення необхідно використати замість усередненого значення $\bar{L}_1(i, j)$ значення центрального елемента $L(i, j)$ [2]. При цьому зона W_1 вироджується в центральний елемент $L(i, j)$ і набуває розміру $n = 1$:

$$\bar{L}_1^*(i, j) = \begin{cases} \bar{L}_2(i, j) \frac{1 - C^*(i, j)}{1 + C^*(i, j)} & \text{при } L_1(i, j) \leq \bar{L}_2(i, j) \\ \bar{L}_2(i, j) \frac{1 + C^*(i, j)}{1 - C^*(i, j)} & \text{при } L_1(i, j) > \bar{L}_2(i, j) \end{cases},$$

$$C(i, j) = \frac{|L(i, j) - \bar{L}_2(i, j)|}{L(i, j) + \bar{L}_2(i, j)}.$$

Наведену методику опрацювання зображень можна застосовувати для визначення параметрів модифікованого волокна льону під час проведення його стандартизації й сертифікації.

Серед спеціального програмного забезпечення, здатного виконувати ефективно опрацювання цифрових сигналів і зображень, найдоцільніше використовувати середовище комп'ютерного моделювання MATLAB.

Інтегровані середовища для моделювання й виконання програм цифрового опрацювання зображень і сигналів містять потужні засоби для інженерно-наукових розрахунків і візуалізації даних. Більшість сучасних пакетів підтримує візуальне програмування на основі блок-схем. Це дозволяє створювати програми фахівцям, що не володіють технікою програмування. До таких пакетів належить Image Processing Toolbox (IPT) системи MATLAB, розроблений фірмою MathWorks.

Пакет програм IPT, що реалізує найбільш розповсюджені методи й алгоритми опрацювання зображень, містить понад 100 функцій. Його використання дає можливість досить швидко будувати сценарії розв'язання складних задач опрацювання зображень.

Для реалізації контролю якості геометричних параметрів волокон, сканування та подальшого аналізу можна використовувати зразки волокон, підготовлені відповідно до існуючих стандартів. У результаті сканування зразка виходить плоске напівтонове зображення, що і піддається подальшому оброблянню в системі MATLAB. Опрацювання зображення, у свою чергу, складається з двох етапів: попереднє опрацювання й аналіз. Попереднє опрацювання полягає у виконанні алгоритмів поліпшення зображення (зміни яскравості, вирівнюванні контрасту, бінаризації зображення).

Надалі зображення в піксельній системі координат представляється матрицею чисел, де значення кожного елемента відповідає визначеному рівню квантування його енергетичної характеристики (яскравості). У просторовій системі координат

Для інверсії напівтонових зображень як аргумент використовується функція `imshow` чи `imtool` з описом назви матриці зображення. Приклад інверсії зображень, які наведено на рис. 2, представлено на рис. 3. Обидві функції відображають зображен-

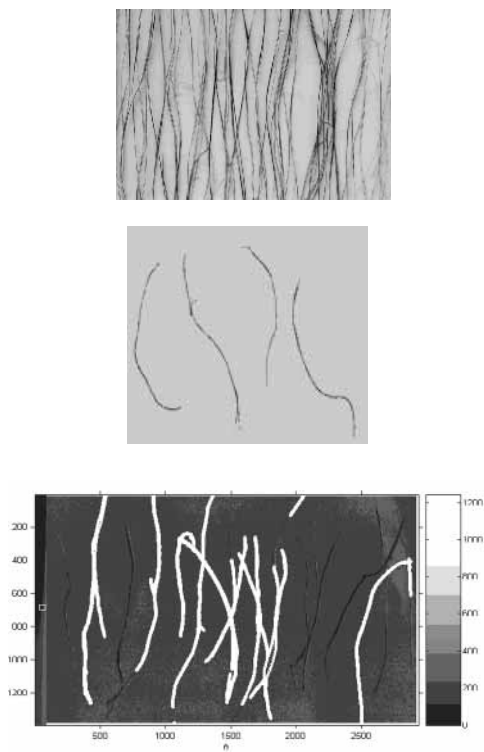


Рис. 2. Зображення відсканованих зразків волокон
а) для контролю тинини, б) для контролю довжини



Рис. 3. Інверсія напівтонових зображень:
а) для контролю тинини,
б) для контролю довжини

ня з масштабуючими значеннями інтенсивностей, що представлені відповідними індексами в палітрі. Якщо параметр I представлений у форматі `double`, пікселі зі значенням 0.0 відображаються як чорні, пікселі зі значенням 1.0 — як білі, а пікселі з проміжними значеннями — різними відтінками сірого.

Для поліпшення контрасту зображення існує можливість установлення значень інтенсивностей на зображенні за допомогою функції `imadjust`, де зазначено діапазон інтенсивностей результуючого зображення. Функція `imadjust` відображає найменші значення ще меншими, а найбільші — ще більшими. За замовчуванням проміжні значення відображаються лінійно. Наприклад, значення інтенсивностей, що знаходяться посередині діапазону вихідного зображення, відповідають тим значенням, які знаходяться посередині діапазону перетвореного зображення.

Для проведення аналізу зображень доцільно використовувати чорно-білі (бінарні) зображення. Їх легше одержувати, зберігати й обробляти ніж зображення, в яких є багато рівнів яскравості. Для того, щоб значна частина інформації не втрачалася під час переходу до бінарних зображень, необхідно уважно підбирати параметри їхнього попереднього опрацювання.

У системі `MATLAB` бінарні зображення подаються у форматі `logical`. Бінарні зображення містять пікселі зі значенням тільки 0 і 1. Пікселі зі значенням 0 відображаються як чорні, а пікселі зі значенням 1 — як білі. Для створення бінарних зображень можна використовувати функцію `thresholding` або функцію `im2bw` (рис. 4).

б)

б)

а)

б)



а)



б)

Рис. 4. Зображення зразків після поліпшення контрасту та бінаризації: а) для контролю тинини, б) для контролю довжини

Отримане зображення необхідно піддати фільтрації з метою усунення дефектів, які виявляються у вигляді крапок.

Для опрацювання зони інтересу можна використовувати функцію `roifilt2`. Під час виклику функції `roifilt2` необхідно вказати вихідне зображення (яскраве), бінарну маску та фільтр. Функція `roifilt2` піддає фільтрації вихідне зображення і повертає (накладає) результат на вихідне зображення в тій зоні, що була позначена маскою. Таким чином, зона вихідного зображення, що на масці позначена 1, піддається фільтрації, а інша частина відповідає вихідному. Цей тип операції називається маскована фільтрація (рис. 5) [7].

Якщо попереднє опрацювання полягає у виконанні алгоритмів поліпшення зображення (зміні яскравості, вирівнюванні контрасту, бінаризації зображення), то в результаті аналізу необхідно виміряти геометричні характеристики волокна.

Для визначення середньої тонини волокон у зразку необхідно здійснити аналіз бінарного зображення (рис. 5 а). Бінарне зображення є матрицею зображення M , що складається з 0 і 1, які відповідають чорним і білим ділянкам рисунка. Для визначення середньої тонини зразка необхідно в кожному рядку матриці M підрахувати кількість переходів від білого до чорного і кількість крапок чорного кольору до наступного переходу (від чорного до білого), що є кількістю видимих волокон у рядку, і їхню товщину в пікселях відповідно. Повторюючи підрахунки для всіх рядків зображення, одержуємо статистичні дані про зразок. Частина волокон може перекривати одне одного, тому під час розрахунку тонини для усереднення необхідно використовувати інформацію в рядках з найбільшою кількістю волокон.

Розрахунок масштабуючого коефіцієнта здійснюється з урахуванням роздільної здатності r сканувального пристрою. Оскільки роздільна здатність сканера, що був використаний в автоматизованій системі, дорівнює 300 пікселей/дюйм, то реальні розміри вимірюваних параметрів будуть визначатися за формулою: $d_{real} = d_{om} / r$, де d_{real} — реальне значення параметра, мм; d_{om} — значення параметра в пікселях.

Для контролю довжини більш придатними є зразки, на яких волокна розташовані окремо (рис. 5 б).

Аналіз гістограми аналогічної матриці зображення $M1$ по стовпцях дозволяє її розділити на менші зони, у кожній з яких міститься по одному волокну (рис. 6).

Застосувавши до підматриці розрахунок, аналогічний аналізу тонини зразка (рис. 6 а), і розрахувавши загальну кількість темних пікселей S_i , визначаємо, що довжина i -го волокна дорівнює $L_i = S_i / d_i$.

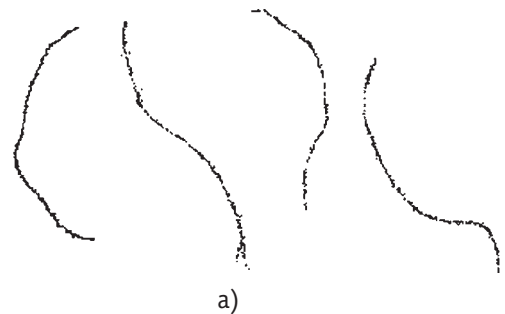


а)

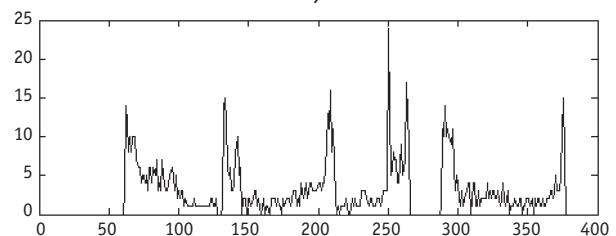


б)

Рис. 5. Зображення зразків після попереднього опрацювання:
а) для контролю тонини,
б) для контролю довжини



а)



б)

Рис. 6. Попередній аналіз зображення:
а) вихідне зображення;
б) гістограма зображення по вертикалі

Визначені за допомогою алгоритму геометричні параметри практично адекватні фактичним розмірам волокон досліджуваних зразків з припустимим відхиленням. Статистичний аналіз результатів вимірювання геометричних показників модифікованого лляного волокна згідно з [14] наведено в табл. 1—3.

Розроблено програмне забезпечення визначення тонини і довжини волокна з проведенням попереднього опрацювання та аналізу зображення зразків.

Порівняльний аналіз даних (табл. 1—3) підтверджує високу збіжність показників якості волокна, отриманих традиційним і запропонованим методом.

Таблиця 1. Показники статистичних характеристик геометричних параметрів модифікованого лляного волокна

Назва методу	Математичне очікування, L , мм (T , текс)	Дисперсія, S^2_6	Середнє квадратичне відхилення, S	Коефіцієнт варіації, C , %	Абсолютна похибка середнього значення	Відносна похибка середнього значення, %
Визначення довжини						
1. Стандартний	28,90	1,370	14,73	4,95	1,02	3,53
2. Новий оптичний	28,80	0,054	0,28	0,99	0,23	0,80
Визначення тонини						
1. Стандартний	0,65	0,002	0,0612	1,27	0,0450	6,92
2. Новий оптичний	0,64	$2,57 \cdot 10^{-5}$	0,0062	0,97	0,0041	0,64

Таблиця 2. Результати визначення довжини модифікованого льоноволокна за ТУ [4] і новим методом

Ч/ч	Довжина модифікованого льоноволокна, визначена традиційним методом, $L_{дт}$ мм	Довжина модифікованого льоноволокна, визначена розробленим методом, $L_{др}$ мм
1	19,20	19,01
2	18,60	18,78
3	14,30	14,44
4	23,70	23,46
5	23,10	23,33
6	34,80	35,03
7	23,10	22,87
8	42,40	42,82
9	39,29	38,90

Таблиця 3. Результати визначення тонини модифікованого льоноволокна за ТУ [4] і новим методом

Ч/ч	Тонина модифікованого льоноволокна, визначена традиційним методом, T , текс	Тонина модифікованого льоноволокна, визначена розробленим методом, T , текс
1	0,440	0,444
2	0,650	0,657
3	1,030	1,040
4	3,590	3,585
5	5,390	5,377

Таким чином, вибір засобів комп'ютерної техніки як основи для розроблення й створення апаратури для визначення властивостей текстильних матеріалів останнім часом не має альтернативи. Універсальність апаратно-програмних систем сприяє інтеграції різних методів випробувань (так са-

мо як і видів випробуваних матеріалів) на базі одного обчислювального комплексу, що знижує матеріальні витрати під час створення нового випробувального обладнання. Важливими перевагами є простота модернізації апаратно-програмних систем шляхом удосконалювання закладених у них

алгоритмів, здатність до нарощування функціональних можливостей. Автоматизація процесів збирання й опрацювання даних істотно знижує трудомісткість комп'ютерних методів. Використання сучасного математичного апарата, розроблених алгоритмів і програм дозволяє підвищити точність і вірогідність аналізу даних, обґрунтованість ухвалення рішень. Сучасні комп'ютери, що мають високі технічні характеристики, забезпечують оперативність одержання даних про досліджувані об'єкти, орієнтовані на роботу з інформацією, подану у звичному й зручному для людини вигляді.

Також треба відзначити високий ступінь досконалості сучасних пристроїв введення-виведення інформації та їхню доступність при відносно низькій вартості.

Тому при розв'язанні проблем стандартизації геометричних характеристик текстильних матеріалів подальший прогрес у цій сфері буде досягнутий завдяки інтенсивному використанню можливостей, які може надати тільки комп'ютерна техніка й інформаційні технології.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз існуючих методів і засобів оцінювання показників якості текстильних матеріалів для стандартизації дозволяє встановити основні тенденції й напрями їхнього розвитку. Для розроблення нових методів і приладової бази для їхньої реалізації характерні загальні для сучасного етапу розвитку науки й техніки тенденції комп'ютеризації та інформатизації.

2. На основі проведеного аналізу, запропоновано новий метод отримання й опрацювання інформації про геометричні параметри модифікованого лляного волокна, що ґрунтується на сучасних цифрових технологіях. Метод може бути рекомендовано для впровадження в нормативно-технічну документацію зі стандартизації модифікованого лляного волокна та проведення його сертифікаційних випробувань.

3. Розроблено алгоритм і створено програмне забезпечення для здійснення лабораторного контролю геометричних параметрів модифікованого лляного волокна у програмному середовищі MATLAB.

4. Розроблені алгоритми можуть бути реалізовані як автономний програмний продукт у вигляді Windows-додатка для непрограмуемого користувача. Вибір програмного середовища дозволяє успішно реалізувати розроблені алгоритми визначення геометричних параметрів волокон, причому акцент зроблено на якомога більшу візуалізацію всіх компонентів програми та простоту її застосування користувачем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рудаков П. И., Сафонов И. В. Обработка сигналов и изображений. MATLAB 5.x: Монография / Под общ. ред. к. т. н. В. Г. Потемкина. — М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2000. — 416 с.
2. Рожков С. А., Рудакова А. В., Решетняк Ю. С. Моделирование алгоритма генерации эталонов для систем автоматического контроля качества текстильных материалов // Математическое моделирование в образовании, науке и промышленности: Сборник научных трудов. — СПб.: Санкт-Петербургское отделение МАН ВШ, 2005. — С. 76—81.
3. Котонізоване льоноволокно. Технічні умови: ТУ.У.05495816.005—2000. [Чинні від 2000-25-02]. — Старий Самбір, 2000. — 6 с.
4. Котонин из короткого льняного волокна. Технические условия: ТУ 17 У 00306710.079—2000. [Введен в действие 2000-01-08]. — Херсон, 2000. — 17 с.
5. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. — М: Мир, 1978. — 411 с.
6. Гренадер У. Лекции по теории образов: Анализ образов / Пер. с англ. — М: Мир, 1981. — 448 с.
7. Режим доступу: <http://www.matlab.krasu.ru> Консультационный центр MATLAB компании Soft Line.
8. MATLAB в инженерных та научных расчетах: Монография / О. Ф. Дащенко, В. Х. Кирилов, Л. В. Коломієць та ін. — Одеса: Астропринт, 2003. — 214 с.
9. Ярославский Л. П. Введение в цифровую обработку изображений: Учеб. пособ. — М.: Сов. радио, 1979. — 312 с.
10. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — Кн. 2. — 480 с.
11. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / Пер. с англ. — М: Мир, 1982. — Кн. 1. — 312 с.
12. Рожков С. О., Кузьміна Т. О., Валько П. М. Сучасні методи визначення структурних характеристик рослинних волокон // Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій: Матеріали міжнародної наукової конференції (14—18 травня 2007 року). — Євпаторія, АР Крим, 2007. — Т. 3. — С. 173—175.
13. Рудакова А. В., Саратовцева И. В., Кузьмина Т. О. Моделирование алгоритмов анализа изображений для контроля геометрических параметров волокон в среде MATLAB // Вестник Херсонского национального технического университета. — 2007. — № 28. — С. 314—318.
14. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення: ДСТУ ІСО 5725—1:2005 (ГОСТ ІСО 5725—1:2003, ІДТ). — [Чинний від 2006-01-07]. — К., 2005. — 62 с. (Державний комітет України з питань технологічного регулювання та споживчої політики). ■