

ПРОБЛЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ДЕФЕКТІВ ТКАНИН В ПРОЦЕСІ ЇХ РОЗБРАКОВУВАННЯ

Тернова Т.І., Єдинович М.Б., Рожков С.О.

Херсонський державний технічний університет, Україна
tti_kherson@rambler.ru

Анотація

У статті обговорюється проблема розбраковування тканин та питання, що виникають при виявленні і розпізнаванні дефектів зовнішнього вигляду. Обґрунтовано необхідність створення автоматичних систем для контролю тканин і проаналізовані деякі конструктивні і теоретичні питання, що виникають при їхньому створенні. Розглянута тканина як об'єкт контролю та засоби автоматизації розбраковування тканин.

Вступ

Для вирішення проблеми автоматичного контролю якості тканин потрібно вирішити задачу створення системи виявлення сигналів дефектів тканин і класифікатора. Тому що система розпізнавання дефектів тканини розробляється, як частина автоматичної системи управління технологічним процесом розбраковування тканин, то розробка класифікатора, що здійснює розпізнавання дефектів зовнішнього вигляду є не самоціллю, а необхідним засобом одержання повної інформації для визначення сортності тканин. Крім того, у дефектах зовнішнього вигляду відображаються порушення технологічних режимів процесів різних цехів [1]. Тому своєчасний аналіз повного потоку дефектів дозволить підвищити ефективність виробництва тканин.

1. Тканина як об'єкт контролю

Специфіка розпізнавання дефектів тканини полягає в тому, що по-перше досліджується двовимірний об'єкт. По-друге згідно з вимогами стандарту все розмаїття дефектів зведено в 16 класів, де на кожен клас може бути нараховано від 0 до 11 штрафних балів. Є багато дефектів на які нараховується однакова кількість балів. Тому для якісного розбраковування немає потреби вирішувати проблему розпізнавання в повному обсязі тобто визначати, наприклад, якої форми конкретний дефект, якщо він при цьому набирає певну кількість балів.

Оскільки задачу розпізнавання дефектів тканини не можна віднести до задач з невеликою кількістю експериментальних даних, те немає необхідності застосовувати, наприклад, методи обчислювання оцінок або методи групо-

вого обліку аргументів, на основі яких розробляється алгоритми самонавчання системи розпізнавання [2].

Специфіка розпізнавання дефектів на тканині полягає в тому, що тканина як носій інформації являє собою двовимірну періодичну решітку. І більшість дефектів це дефекти саме решітки (зліт, недосіка, недоліт, різний номер утку тощо).

Періодичність структури тканини визначається рапортом за основою та утком, якому відповідають просторові частоти m і n . Тоді для ідеалізованої структури тканини маємо розкладання $f(x,y)$ у ряд Фур'є:

$$f(x, y) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_{m,n} [a_{m,n} \cos mx \cos ny + b_{m,n} \sin mx \cos ny + c_{m,n} \cos mx \sin ny + d_{m,n} \sin mx \sin ny]. \quad (1)$$

Тому шум структури тканини буде мати регулярну складову. Наприклад для лазерного сканеру де розгортка відбувається за лінійним законом сигнал сканування можна записати у вигляді:

$$U_c = U_0 + U_u + U_y \sin \omega_y t + U_0 \sin \omega_0 t \quad (2)$$

де: U_0 - постійна складова сигналу;

$U_y \sin \omega_y t$ - сигнал сканування утку;

$U_0 \sin \omega_0 t$ - сигнал сканування основи;

U_u - шумова складова сигналу основи.

Шумова складова сигналу складається з шуму тканини, шуму регулярної складової і шуму оптичного тракту. Шум тракту може бути представленим "білим", гаусовим шумом.

Оскільки сигнал сканування є адитивною сумішшю сигналу і шуму то можна записати, що спектральна матриця сигналу має вигляд [2]:

$$S_d = \begin{pmatrix} \mathbf{a}M_{01}\mathbf{d} & \mathbf{b}M_{02}\mathbf{d} \\ \mathbf{c}M_{03}\mathbf{d} & \mathbf{d}M_{04}\mathbf{d} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Для шумової складової спектральна матриця має вигляд:

$$S_n = \begin{pmatrix} \mathbf{a}M_{01}\mathbf{N} & \mathbf{b}M_{02}\mathbf{N} \\ \mathbf{c}M_{03}\mathbf{N} & \mathbf{d}M_{04}\mathbf{N} \end{pmatrix} \quad (4)$$

З урахуванням узагальненої моделі об'єкт – вплив – перетворювач ядра перетворення для спектру сигналу шумової складової можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned} \Phi_{dd} &= \mathbf{S}'_d M^* \mathbf{S}_d \\ \Phi_{nn} &= \mathbf{S}'_n M^* \mathbf{S}_n \end{aligned} \quad (5)$$

де M^* - матриця згортки

$$M^* = \begin{pmatrix} M_{01} & M_{02} \\ M_{03} & M_{04} \end{pmatrix} \quad (6)$$

а \mathbf{S}_d і \mathbf{S}_n - вектори зі структурою:

$$\begin{aligned} \mathbf{S}_d &= \begin{bmatrix} \mathbf{a}'M_{01}\mathbf{d} \\ \mathbf{b}'M_{02}\mathbf{d} \\ \mathbf{c}'M_{03}\mathbf{d} \\ \mathbf{d}'M_{04}\mathbf{d} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} sd_a \\ sd_b \\ sd_c \\ sd_d \end{bmatrix} \\ \mathbf{S}_n &= \begin{bmatrix} \mathbf{a}'M_{01}\mathbf{N} \\ \mathbf{b}'M_{02}\mathbf{N} \\ \mathbf{c}'M_{03}\mathbf{N} \\ \mathbf{d}'M_{04}\mathbf{N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s^n_a \\ s^n_b \\ s^n_c \\ s^n_d \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (7)$$

Сигнал сканування тканини, як періодичного об'єкту, описується рядом Фур'є з коефіцієнтами:

$$A = \mathbf{S}'M_{01}\mathbf{S}; B = \mathbf{S}'M_{02}\mathbf{S}; C = \mathbf{S}'M_{03}\mathbf{S}; D = \mathbf{S}'M_{04}\mathbf{S}. \quad (8)$$

Матриця M^* має діагональний вид:

$$M^* = \begin{pmatrix} M_{01} & 0 \\ 0 & M_{04} \end{pmatrix}, \quad (9)$$

а енергетичний спектр шуму Φ_{nn} та спектр сигналу Φ_{dd} мають вид:

$$\begin{aligned} \Phi_{nn} &= \mathbf{S}'_n \begin{pmatrix} M_{01} & 0 \\ 0 & M_{04} \end{pmatrix} \mathbf{S}_n \\ \Phi_{dd} &= \mathbf{S}'_d \begin{pmatrix} M_{01} & 0 \\ 0 & M_{04} \end{pmatrix} \mathbf{S}_d \end{aligned} \quad (10)$$

Зв'язок між передаточною матрицею оптимального фільтра та спектрами сигналу і шуму:

$$W = (\mathbf{S}'_d M^* \mathbf{S}_d + \mathbf{S}'_n M^* \mathbf{S}_n)^{-1} \mathbf{S}'_d M^* \mathbf{S}_d \quad (11)$$

Матрична передаточна функція оптимального фільтра, що забезпечує оптимальне виділення сигналів дефектів полотна тканини із суміші сигналів сканування структури полотна і сканування дефектної області, має вигляд [2]:

$$W = \begin{pmatrix} \frac{\mathbf{S}'_d M^* \mathbf{S}_d}{\mathbf{S}'_d M^* \mathbf{S}_d + \mathbf{S}'_n M^* \mathbf{S}_n} & 0 \\ 0 & \frac{\mathbf{S}'_d M^* \mathbf{S}_d}{\mathbf{S}'_d M^* \mathbf{S}_d + \mathbf{S}'_n M^* \mathbf{S}_n} \end{pmatrix} \quad (12)$$

Передаточна функція оптимального фільтра в даному випадку може знайдена на основі вивчення реалізації сигналу по коефіцієнтам розкладення в ряд Фур'є сигналу і шумової складової.

2. Засоби автоматизації виявлення дефектів тканин

Існують деякі обмеження, які впливають на побудову систем розпізнавання дефектів тканини. До таких обмежень доцільно віднести вимогу здатності системи виявлення досить малих по геометричних розмірах елементів у полі об'єкта, вимогу високої швидкодії системи, характерну для пристроїв контролю рулонних матеріалів, досить не вигідне співвідношення сигнал/шум у просторі об'єкта, а також необхідно враховувати те, що текстильні матеріали не можна розглядати як ідеально плоскі і зміна кута зору різко змінює сигнал контролю.

В даний час використовується багато технічних рішень від досить примітивних пасивних датчиків до складних систем, що сканують з гіроскопічною стабілізацією і автонстроюванням.

Умови експлуатації систем розбракування тканин роблять небажаним або неможливим механічний контакт між чутливим елементом і об'єктом, тому найбільше широко представлені оптичні, ультразвукові, радіометричні й інші безконтактні системи.

Широке застосування в задачах контролю текстильних матеріалів знайшов метод світлового растрового променя. Для таких систем характерна загальна тенденція – прагнення сформувати інтенсивний зондувальний світловий промінь малого перетину, що розгортається поперек полотна тканини, що рухається.

Вимога забезпечення високої вирішальної здатності системи сканування обумовило широке застосування в якості джерела світла лазерів, що мають у край малий кут розбіжності променів. Додатковим достоїнством лазерних систем є різноманітний асортимент приладів, що випускаються.

Бажання одержати більш компактний пристрій при збереженні сталості кута падіння луча, а отже збереженні високої якості системи в цілому, задало зміни конструкції вузла корекції кута падіння променя. Така спроба привела до створення систем з розподілом основного променя, що сканує. Розподіл основного променя виробляється або з використанням світлороздільних систем, або з розподілом променів змішеними дзеркалами [3].

Системи з розподілом основного скануючого променя значно більш компактні і формують синхронні скануючі промені, що полегшує обробку сигналів сканування. Додатковою перевагою даних систем є різке зниження частот у сигналі сканування.

Однак у даних системах значно складніше забезпечити необхідні розміри плями, що сканує і, природно, різко знижується потужність одиничного променя, що сканує. В якості приймачів випромінювання в таких системах, як правило, застосовуються суцільні лінійки фотоприймачів з інтегральною чутливістю.

3. Лазерний сканер з діленням основного променя, що сканує

Однією з перспективних схем є схема лазерного сканера з діленням основного променя, що сканує (рис. 1) [4].

Пристрій, що сканує складається з лазера 1, який встановлений в блоку сканування 2. Полотно тканини 3 переміщується за напрямком В над давачами 5. Блок сканування складається з оптичної системи 8, дзеркальної призми 9, двигуна 13 та параболічного дзеркала 10. Промінь лазера 1 розділяється в блоку ділення 4 напівпрозорими дзеркалами 15 на декілька синхронних променів, що сканують за напрямком L. Блок позиціонування 6 визначає координату проміння, яка подається в блок реєстрації 21. На валу 28 встановлений пристрій реєстрації довжини матеріалу тканини.

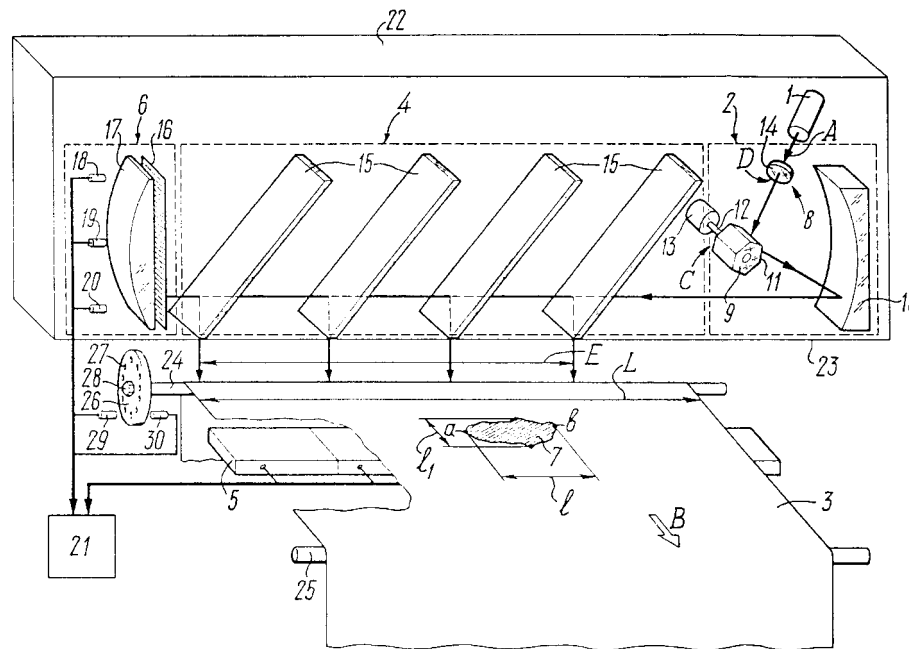


Рис.1. Структура лазерного сканера з діленням основного променя

Іспити системи автоматичного розбраковування тканин, побудованої з використанням лазерного сканера, показали можливість використання даної системи у виробництві. Однак для повного вирішення задачі автоматичного контролю тканин із друкованим малюнком необхідно використовувати більш гнучкі методи побудови системи розпізнавання образів дефектів.

4. Сучасні підходи до розпізнавання дефектів тканин

Існує велика кількість найрізноманітніших підходів до задачі розпізнавання, які обумовлюють розробку відповідних засобів та алгоритмів розпізнавання. Для класифікації дефектів тканин деякі групи засобів розпізнавання не становлять інтересу.

Найбільше розповсюдження здобули статистичні засоби розпізнавання, в основу яких положено теорію статистич-

них рішень. Залежно від різноманітних ситуацій щодо наявності апріорної інформації про об'єкти, що розпізнаються, використовуються різноманітні статистичні засоби розпізнавання. При їх використанні необхідно, щоб були відомі функції розподілу об'єктів класів, що поділяються, тобто необхідно провести попередні статистичні експерименти. Крім того, на практиці класи, що розпізнаються, часом перетинаються, тому зберігається ймовірність помилки розпізнавання.

Не зважаючи на це, саме цей підхід необхідно обирати як вихідний для розпізнавання дефектів тканин, бо по-перше, потік дефектів зовнішнього виду зумовлено природними відхиленнями технологічних процесів виробництва полотна тканин, по-друге, можливі формування та статистична обробка навчаючого масиву дефектів і, по-третє, математичний апарат статистичної теорії рішень достатньо опрацьовано.

При розбракуванні тканин доцільно використовувати методику розпізнавання образів дефектів, побудованій на основі адаптивного алгоритму навчання. Алгоритм базується на апріорній інформації о дефектах, форма яких апріорно відома, а зміни їх положення в просторі обмежені.

В процесі навчання формується еталонний простір, що відображає об'єкти навчаючого масиву W для наступної процедури розпізнавання.

Множина зображень навчаючого масиву W розбито на підмножини (класи) C_1, C_2, \dots, C_k такі, що:

$$\left. \begin{aligned} W &= C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_k, & k &= 16 \\ C_i \cap C_j &= 0 & \text{при} & i \neq j \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Кожне зображення навчаючої вибірки є реальним зображенням, тобто воно отримано в умовах природної зашумленості і характеризується вектором X .

Для кожного зображення навчаючої вибірки вказана його приналежність до певного класу (образу).

Розпізнавання дефектів значно ускладнюється при розбракуванні тканин з малюнком. При використанні методу компенсації інформаційних потоків можна сполучити функціонально і за часом процес сканування і порівняння з еталонном, враховуючи при цьому деформацію тканини [5].

Виділимо основні потоки інформації в системі з еталонном Ω_e й образом Ω_i , рух якої відбувається в просторі стану x під управлінням u . Потік джерела $J_0 = J_0(x, u, \Omega_i, t)$ і потік еталонної моделі $J_3 = J_3(x, u, \Omega_i, t)$ породжуються різними джерелами, але вони зв'язані єдністю образу Ω_i і Ω_e . Їхня умовна інформація, таким чином, зв'язана і має екстремальні властивості, тобто існують такі x^* і u^* , що доставляють мінімум умовної інформації J_{03} .

Висновки

Основний внесок у шумову складову дають просторові шуми структури полотнища тканини, характер яких досить повно відображається описом у рамках загального періодичного процесу.

Оскільки навчаючий масив подається набором заздалегідь класифікованих дефектів, функція розподілу яких невідома, стає зрозумілим, що для розробки алгоритму навчання автоматичної системи розпізнавання дефектів тканин необхідно використовувати алгоритми, що спираються на адаптивний засіб розв'язання задачі розпізнавання, в основі яких лежить теорія статистичних розв'язків.

Алгоритм методу компенсації інформаційних потоків при оцінці інформації відхилення J_e по витратах керування має досить просту реалізацію. При використанні розглянутого методу реальна побудова системи інваріантної до збурювань у просторі об'єкта.

Література

- [1] Автоматизированные системы контроля качества готовых тканей в отделочном производстве/ Ю.А.Павлов и др. –М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. -264с.
- [2] Единович М.Б. Обобщенная модель датчика контроля линейных деформаций двухмерных объектов //Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы.- 1998. №1.-С.89-96.
- [3] Храпливий А.П., Бражник О.М., Тернова Т.І. Засоби побудови систем автоматичної розбраковки тканин. Технологія, автоматизація та економіка в переробній галузі. Зб.наук. праць, Київ, 1998. С. 86-90.
- [4] А.с. 1721511 /СССР/ Устройство для контроля текстильных и трикотажных полотен. /Авт. изобрет. А.М. Бражник, А.П. Храпливый, К.В.Тимофеев, П.Л.Гефтер, С.А.Рожков и А.В.Субботин. -Заявл. 19.06.89. 5 0N 5о 04707484/12; Опубл. в Б.И. 23.03.92 № 11; G 01 N 33/36.
- [5] Храпливый А.П., Рожков С.А., Терновая Т.И., Бражник Д.А. Использование метода компенсации информационных потоков при создании систем автоматического распознавания//Автоматика, Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. - 1998, №2. С. 93-100.