

3. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А.Д. Зимон. – М. : Изд-во "Химия", 1974. – 414 с.

4. Ельцов С.В. Физическая и коллоидная химия / С.В. Ельцов, Н.А. Водолазкая. – Харьков : Изд-во ХНУ, 2005. – 240 с.

5. Яремчук Л.А. Математичні моделі змочування деревини модифікованими олійними матеріалами / Л.А. Яремчук // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.8. – С. 373-378.

Яремчук Л.А., Поберейко Б.П. Математическая модель работы адгезии масляных композиций на древесине

Приведена математическая модель для исследования работы адгезии масляных композиций на древесной подложке. Теоретически определено время растекания масляной композиции на древесине. Заданы граничные условия термодинамических параметров, которые описывают взаимосвязь древесины (твердое тело) с масляной композицией (жидкость) на основе закона Гиббса для построения математической модели работы адгезии. Определено влияние термодинамических свойств древесины и масляной композиции на краевой угол смачивания поверхности. Получена зависимость времени растекания масляной композиции по поверхности древесины.

Ключевые слова: математическая модель, работа адгезии, адсорбция, масляная композиция, краевой угол смачивания, адсорбент, адсорбат.

Yaremchuk L.A., Pobereyko B.P. The Mathematical Model of Adhesion of Oil Compositions over Wood Surface

A mathematical model for the study of the work of adhesion of oil compositions on the wood substrate is proposed. Time for spreading oil composition over the wood surface is theoretically determined. We identify boundary conditions of thermodynamic parameters that describe the relationship of wood (solid) with an oil composition (liquid) according to the Gibbs law, for construction of the mathematical model of the work of adhesion. The influence of the thermodynamic properties of wood and oil composition on the contact angle of the surface is defined. The dependence of the time for spreading of the oil composition over the wood surface is obtained.

Keywords: mathematical model, the work of adhesion, adsorption, oil composition, the contact angle, the adsorbent, adsorbate.

УДК 677.027

*Доц. С.О. Рожков, д-р техн. наук –
Херсонская государственная морская академия*

МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В ЗАДАЧЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрен метод построения системы идентификации, которая базируется на использовании автономной системы вычисления меры близости между предъявленным образом и эталоном. Существенной особенностью такого подхода является значительное уменьшение (сжатие) информации, поступающей на вход системы принятия решения. Модель системы оптимальной фильтрации обеспечивает обнаружение отклонения от эталонного состояния объектов сложной структуры. Рассмотренный метод позволяет построить систему распознавания, инвариантной к возмущениям в пространстве объекта.

Ключевые слова: сканирующая система, генерация эталона, ткань, идентификация, распознавание.

Введение. Важнейшей характеристикой продукции текстильной промышленности является качество. Дефекты текстильной продукции вызваны множеством факторов, таких как неисправности производственного оборудования, нарушения технологического процесса, человеческий фактор. Контроль

качества продукции инспекторами-контроллерами малоэффективен, а применение систем контроля качества [1, 10-13] затруднено из-за их высокой стоимости. В настоящее время особый интерес представляет разработка систем технического зрения для эффективного использования их в технологических процессах. Внедрение современных систем обработки информации сдерживается целым рядом факторов: значительные потоки информации в системах управления качеством продукции, высокая стоимость разработки специализированных систем с низким соотношением сигнал/шум в системах обработки информации, например: шумов видеопреобразователей, неравномерности засветки в зоне контроля, вибрациями оборудования и объекта контроля – ткани и т. п.) [8]. Поэтому очевидна необходимость интеграции подсистемы распознавания образов с подсистемой восприятия информации в один конструктивный блок.

Анализ последних исследований. Система автоматического контроля качества (САКК) в общем случае состоит из: сканирующей системы, системы распознавания и системы принятия решения. Известные системы для контроля качества однотонных полей, к которым можно отнести неокрашенную или равномерно (гладко) крашенную ткань, используют оптические методы контроля, например, высокоскоростные системы телевизионного сканирования с когерентными источниками излучения. Однако, несмотря на достаточно высокое быстродействие современных систем технического зрения, используемые в них алгоритмы распознавания не дают возможности осуществлять в реальном масштабе времени выделение локальных особенностей объектов (дефектов) [1, 4, 5, 7]. Методы, которые применяют при реализации систем распознавания: геометрические, байесовские, логические, структурные и другие, в том числе и методы с обучением, дают хорошие результаты при малом количестве обнаруживаемых особенностей. При большом числе локальных особенностей эти методы применять неэффективно из-за сложности их реализации. Одним из способов повышения быстродействия систем распознавания является совершенствование алгоритмов распознавания. При контроле ткани с использованием метода компенсации информационных потоков возникает задача генерации эталона. Использование геометрического метода генерации эталона дает возможности выделять яркости изображения вдоль осей x и y [2]. Этот метод прост в реализации, однако для каждого артикула требуется выполнить построение математической модели, что значительно усложняет обучение системы распознавания. Кроме того, применение данного метода для моделирования тканей сложного переплетения и тканей с рисунком достаточно затруднено.

Использование структурных методов основано на выделении на изображении характерного повторяющегося элемента, который наиболее полно характеризует исследуемую текстуру. Для задачи контроля качества тканей этот метод является перспективным, т. к. текстильная ткань при описании является объектом с определенной структурной характеристикой – частотой по утку и основе.

Основная часть. Метод компенсации информационных потоков предоставляет аппарат, инвариантный к искажениям структуры контролируемого объекта [6-8]. Эталонное изображение должно содержать максимальный объем информации об образе контролируемого объекта. Примером реализации опи-

санных выше принципов является система с поиском корреляционного максимума, предназначенная для распознавания дефектов тканей, подробно описанная в [7-9]. При построении оптимальной системы в качестве целевого функционала можно использовать вероятность правильной идентификации.

Оценка вероятности ошибки связана с оценкой информационного потока соотношением $H(K/V) \geq H(K/D) \geq H_{\max}(H(K/V)/2)$, где $H(K/V)$ – энтропия по описанию при K классах и V описаниях, мера недостаточности описания V по отношению к идеальному описанию, безошибочно указывающему класс; $H(K/D)$ – энтропия по оптимальному решению, где оптимальное решение можно рассматривать как некоторое предельно упрощенное описание, указывающее к какому классу с наибольшей вероятностью принадлежит данный сигнал; $H_{\max}(H(K/V)/2)$ – максимальная энтропия при P_{\max} .

В силу связи точной верхней и нижней границ энтропий [9] максимальная вероятность правильной идентификации достигается при $H(K/V) = H(K/D) = 0$. Рассматривая объект как систему X , а эталон как ее описание Y , можно утверждать, что условная энтропия $H(X|Y)$ обращается в ноль, если эталон содержится в объекте, т. е. отсутствует неопределенность эталона по отношению к объекту. Таким образом, в рамках задачи идентификации, принятие решения по минимуму условной информации для связанных объектов доставляет минимум вероятности ошибки.

Рассматривая систему с эталонной моделью и конкретным образом рисунка Ω_i , выделим основные потоки информации в системе, движение которой происходит в пространстве состояния x под управлением u . Информационный поток источника $J_\varepsilon = J_\varepsilon(x, u, \Omega_i, t)$ и информационный поток эталонной модели порождаются физически различными источниками, но они связаны единством образа Ω_i . Их условная информация, таким образом, связана и обладает экстремальными свойствами, т. е. существуют такие x^* и u^* , которые доставляют минимум условной информации $J_{i\bar{y}}$.

Рассматривая потоки J_O и J_y как встречные с мерой отклонения J_ε , где $J_\varepsilon = J_\varepsilon(x, u, \Omega_i, t)$ – условная информация $J_{i\bar{y}}$. В данной постановке решение задачи оптимального управления для эталона Ω_i : $x^*, u^* \rightarrow \min J_\varepsilon$ связано с решением задачи идентификации в классе образов Ω : $\Omega_i \rightarrow \inf J_\varepsilon$.

При такой постановке структурная схема системы приобретает вид, приведенный на рис. 1.

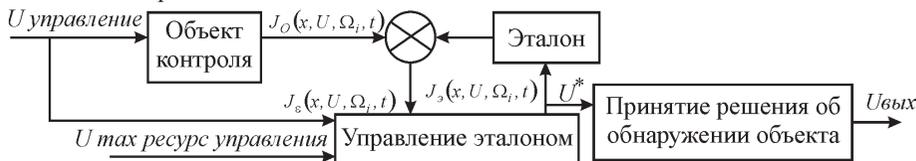


Рис. 1. Структурная схема оптимального фильтра

В качестве отклонения выходного сигнала объекта от сигнала модели выступает J_ε – условная информация связи между потоком J_O и потоком J_y . При увеличении степени согласования объекта и эталона, взаимная информация возрастает и достигает своего максимума при эквивалентности систем, и существует возможность использовать либо взаимную, либо условную информацию как критерий близости.

Определим удобный для наблюдения параметр, однозначно связанный с J_ε используя идею метода допустимых преобразований [0-0], где для допустимого преобразования $E(k, b)$ эталона строится условное распределение $g(v, E) = f(p(v/E))$, монотонно убывающие, если $g(v, E)$ описывает различие между v и E . Рассмотрим корреляционную меру близости между эталонным ω_i^* и предъявленным образом ω_i , учитывая апертурное ограничение, связанное с превышением геометрических размеров поля контроля над "окном" датчика.

Сканирующее движение порождает сигналы эталона $f^*(x)$ и объекта $f(x)$ с законом сканирующего движения в пространстве эталона как $x = x\{u(t)\}$ и законом сканирования в пространстве объекта $x = x\{v(t)\}$. Очевидно, при усреднении по реализациям расстояние между эталоном и объектом определится:

$$\rho^* = \max_{\Delta x} \rho(\omega_i, \omega_i^*, \Delta x) = \max_{\Delta x} M \left\{ f^*(x) * f(x) \right\}, \quad (1)$$

$$\rho^* = \max_{\Delta x} \iint_{S\omega} f^*(x) f(x + \Delta x) dS,$$

где: $f^*(x)$ и $f(x)$ – центрированные сигналы эталона и объекта; $S\omega$ – область чувствительности датчика; Dx – пространственный сдвиг между эталоном и изображением.

После осреднения по времени получаем среднее значение отклонения объекта и эталона

$$\bar{\rho}^* = \max_{\Delta x} \frac{1}{T} \int_0^T \rho^* dt = \iint_{S\omega} \left(\max_{\Delta x} \frac{1}{T} \int_0^T f(x\{v(t)\}) f^*(x\{u(t)\} + \Delta x) dt \right) dS. \quad (2)$$

Пространственный сдвиг Δx в области $S\omega$ для сигнала объекта определяет параллельное представление изображения объекта в окне $S\omega$. При условии совпадения объекта и эталона $f = f^*$ найдется Δx^* , при котором:

$$\Delta x^* \rightarrow \sup_{\Delta x \in S\omega} \left(\frac{1}{T} \int_0^T f(x\{v(t)\} + \Delta x) f^*(x\{u(t)\}) dt \right) dS, \quad (3)$$

$$\Delta u = v(t) - u(t) = 0.$$

В данной задаче внесена неопределенность совмещения в пределах $S\omega$. Поэтому условие (3) усложняется, переходя в условие $\Delta x(t) \in S\omega$, $\Delta x = const$, что позволяет поставить двойственную задачу при ограничениях $\Delta u^*(t) \rightarrow \Delta x = const$.

Ограничение на управление $\Delta u^*(t) \in \Omega$ определяется требованием связности окрестности образа, т. е. управление должно не превышать допустимого ресурса управления, если деформации не превышают допустимых значений. Таким образом, если задача оптимального управления при ограничениях $\Delta x = const$ и $\Delta u^*(t) \in \Omega$ имеет решение, то образы, порождающие сигналы f и f^* , будут близки. Учитывая вышесказанное, определим затраты на управление как условие информационной близости образов ω_i^* и ω_i , что и определяет алгоритм решения задачи идентификации

$$\omega_i^* \rightarrow \inf_{x \in S\omega} \Delta u^*. \quad (4)$$

Таким образом, выполнение условий затухания управления $v(t) = u(t)$, постоянства координат корреляционного максимума $\Delta x = const$ и условие совпадения эталона и объекта $f = f^*$ доставляют $\sup \rho^*$. В случае деформации объекта (ткани), как линейного преобразования координат $x = Ax_1$, определим связь между аргументами как $Axv(t) + \Delta x = xv(t) + \Delta u$.

При нарушении условия оптимальности Dx зависит от времени

$$\Delta x(t) = xv(t) + \Delta u - Axv(t). \quad (5)$$

Вектор управления оценим по линейному приближению

$$\Delta x(t) = \frac{dx}{dv} \Delta v(t) + \frac{dx}{d\Delta u} \Delta(\Delta u(t)) - A \frac{dx}{dv} \Delta v(t), \quad (6)$$

откуда в общем случае следует связь

$$\Delta x(t) = (I - A) \frac{dx}{dv} \Delta v(t) + \frac{dx}{d\Delta u} \Delta(\Delta u(t)). \quad (7)$$

Причем, в силу того, что v и Δu равноценные управления

$$\frac{dx}{dv} = \frac{dx}{d\Delta u} = \xi, \quad (8)$$

где ξ – чувствительность системы сканирования к управлению.

Таким образом, в общем случае оптимальное управление в ξ окрестности получается как решение уравнения

$$\xi \Delta(\Delta u(t)) = \Delta x(t) - (I - A) \xi \Delta v(t). \quad (9)$$

Очевидно, что условие достижения оптимума и отсутствия деформаций $A = I$ и $\Delta x = const$ доставляет минимум $\Delta u(t)$, $\Delta u = 0$. Это и определяет принцип минимального управления при совпадении образов.

Таким образом, согласно принципу эластичного эталона, Δu определяет деформацию эталона вдоль траектории сканирования. При этом, если на любом элементарном отрезке траектории $\Delta u < u_{max}$, то малые деформации объекта (ткани) не связаны с дефектами ткани.

Выводы. Рассмотренный подход базируется на использовании автономной системы вычисления меры близости между предъявленным образом и этало-

ном. Существенной особенностью такого подхода является значительное уменьшение (сжатие) информации, поступающей на вход системы принятия решения.

В данном случае система идентификации может быть рассмотрена как система, работающая по отклонению информационного потока объекта от потока эталона, что позволяет ставить вопрос об инвариантности к возмущениям объекта по отношению к эталону. Поэтому на первый план выступают вопросы устойчивости и качества переходного процесса.

Алгоритм метода компенсации информационных потоков при оценке информации отклонения J_e по затратам управления в системе стабилизации координат точки корреляционного максимума, работоспособен и имеет достаточно простую реализацию. Исследованная модель системы оптимальной фильтрации обеспечивает обнаружение отклонения от эталонного состояния объектов сложной структуры.

При использовании рассмотренного метода возможно построение системы инвариантной к возмущениям в пространстве объекта. Однако подобная система имеет существенный недостаток – слабые корреляционные свойства изображения, которые значительно ухудшают качество работы системы.

Литература

1. Павлов Ю.А. Автоматизированные системы контроля качества готовых тканей в отделеочном производстве / Ю.А. Павлов и др. – М.: Изд-во "Легкая и пищ. пром-сть", 1981. – 264 с.
2. Бейтс Р. Восстановление и реконструкция изображений : пер. с англ. / Р. Бейтс, М. Мак-Доннелл. – М.: Изд-во "Мир", 1989. – 336 с.
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Изд-во "Техносфера", 2005. – 1072 с.
4. Ивахненко А.Г. Самообучающиеся системы распознавания и автоматического управления / А.Г. Ивахненко. – К.: Изд-во "Техніка", 1969. – 392 с.
5. Кагис Г.П. Восприятие и анализ оптической информации автоматической системой. – М.: Изд-во "Машиностроение", 1986. – 416 с.
6. Мартинес Ф. Синтез изображений. Принципы, аппаратное и программное обеспечение : пер. с франц. / Ф. Мартинес. – М.: Изд-во "Радио и связь", 1990. – 192 с.
7. Рожков С.А. Использование метода компенсации информационных потоков при создании систем автоматического распознавания / С.А. Рожков, А.П. Храпливый, Д.А. Бражник, Т.И. Терновая // Автоматика, Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы : сб. науч. тр. – 1998. – № 2. – С. 93-100.
8. Рожков С.А. Контроль структурных параметров ткани с использованием фильтрации на основе распознавания образов / С.А. Рожков, Д.А. Бражник, К.В. Тимофеев // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины : сб. науч. тр. – 2004. – № 2(9). – С. 220-224.
9. Стратонович Р.Л. Теория информации. – М.: Изд-во "Советское радио", 1975. – 424 с.
10. Писаревский А.Н. Системы технического зрения (принципиальные основы, аппаратное и математическое обеспечение) / А.Н. Писаревский, А.Ф. Чернявский, Г.К. Афанасьев и др.; под общ. ред. А.Н. Писаревского, А.Ф. Чернявского. – Л.: Изд-во "Машиностроение", Ленингр. отд., 1988. – 424 с.
11. Neethu N.J. Role of Computer Vision in Automatic Inspection System / N.J. Neethu, B.K. Anoop // International Journal of Computer Applications (0975-8887). – 2015. – Vol. 123. – No. 13. – Pp. 28-31.
12. Chetverikov D. Finding defects in texture using regularity and local orientation / D. Chetverikov, A. Henbury // Pattern Recognition. – 2002. – Vol. 35. – Pp. 2165-2180.
13. Kumar, A. Computer-vision-based fabric defect detection: A survey / A. Kumar // IEEE Trans. Ind. Electron. – 2008. – Vol. 55. – Pp. 348-363.

Рожков С.О. Метод компенсації інформаційних потоків у задачі контролю якості текстильних матеріалів

Розглянуто метод побудови системи ідентифікації, яка ґрунтується на використанні автономної системи розрахунку міри близькості між пред'явленими образом та еталоном. Істотною особливістю такого підходу є значне зменшення (стиснення) інформації, що надходить на вхід системи прийняття рішення. Розглянутий метод дає змогу побудувати систему розпізнавання, яка буде інваріантною до збурень у просторі об'єкта.

Ключові слова: сканувальна система, генерація еталона, тканина, ідентифікація, розпізнавання.

Rozhkov S.O. The Method of Compensation of Information Flows in the Problem of Quality Control of Textile Materials

The method of construction of an identification system, which is based on the use of an autonomous system of computation measures of closeness between the presented image and the reference automaton, is considered. The essential feature of this approach is significant reduction (compression) of information input to the decision support systems. The model of optimal filtration system provides detection of deviation from the reference of one condition of the objects of complex structure. The considered method allows constructing system detection of invariant with respect to perturbations in the space of the object.

Keywords: scanning system, generation of reference automaton, fabric, identification, pattern recognition.

УДК 647.038.3:681.2.083 Ст. наук. співроб. В.М. Головач, канд. техн. наук; аспір. О.С. Баранова – НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФЕКТУ ФАНЕРИ НА КІЛЬКІСТЬ ПУЛЬСАЦІЙ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ УДАРНОГО ДАВАЧА

Розглянуто проблему виявлення внутрішніх дефектів фанери на стадії виробництва. Виникає потреба у створенні обладнання неруйнівного контролю для визначення розшарованих областей фанери на ранніх стадіях виробництва. Переваги використання методу вільних коливань перед іншими методами – можливість контролю виробу в умовах виробництва, контроль матеріалів з високими коефіцієнтами затухання пружних коливань, а також знаходження дефектів на значній глибині. Досліджено, що під час контролю дефекту розшарування фанерного матеріалу на вихідний сигнал ударного давача впливають такі характеристики дефекту: площа S , глибина h та місце розташування дефекту.

Ключові слова: фанера, дефектоскопія, метод вільних коливань, розшарування, площа, глибина, місце залягання дефекту.

Вступ. Найбільш ефективних результатів для контролю внутрішніх дефектів фанери можна досягти за правильного вибору методу дефектоскопії. Методи неруйнівного контролю, які засновані на вимірюванні власних коливань, хоч і не так поширені як ультразвукова дефектоскопія, але набувають останнім часом широкого використання [1].

За основу в роботі взято метод вільних коливань, теоретичні та експериментальні основи якого викладено в роботах О.М. Поліщука, А.А. Піжуріна та ін. у галузі деревообробки, Б.А. Глаговського, І.Б. Московенко та ін. – щодо виробів машинобудівної промисловості. Переваги використання методу вільних коливань перед іншими методами – можливість контролю виробу в умовах виробництва, контроль матеріалів з високими коефіцієнтами затухання пружних коливань, а також розташування дефектів на значній глибині. Метод вільних коливань технічно досить просто реалізується, система може бути більш мо-

більною, що робить можливим її установку і після заключного етапу виробництва, і безпосередньо після пресування [2-4].

Матеріали та методи. На підприємствах, на фоні застосування сучасних засобів автоматизації на більшості дільниць фанери, контроль якості готової продукції здійснюють вручну на останній стадії виробництва. Ручний метод виявлення внутрішніх дефектів полягає у простукуванні листів і визначенні наявності дефекту матеріалу "на слух". Такий метод досить ефективний, але має низку принципових недоліків, а саме: він не дає змоги локалізувати вигляд і розмір дефекту; оцінка якості фанери суб'єктивна, залежить від кваліфікації працівника; робота контролера фізично важка і монотонна. Тому виникає потреба у створенні обладнання неруйнівного контролю для визначення розшарованих областей на ранніх стадіях виробництва, яке забезпечувало б оператора даними про тенденції змін, дозволяючи, Отже, значно знизити кількість дефектів матеріалу, своєчасно змінюючи режими технологічного процесу [5].

Результати. Одним із вихідних параметрів експериментів вибрано число пульсацій осцилограми n вихідного сигналу ударного давача. Факторами, що впливають на вихідний сигнал, обрано: глибина залягання h дефекту (розшарування), площа дефекту S і його місце розташування P у зразку фанерного матеріалу (1 – дефект всередині зразка, 2 – дефект на краю зразка) [6].

Досліди проведено на зразках фанери розміром $300 \times 200 \times 22$ мм, на яких моделювали дефекти розшарування. Моделювання дефектів здійснювали шляхом склеювання двох зразків фанерного матеріалу різної товщини з непроклеюючою різної площі на склеюваних сторонах зразків. Ділянки з непроклеюючою мали площу $S_{\min} = 0,0079 \text{ м}^2$ та $S_{\max} = 0,042 \text{ м}^2$ і були розташовані на товщинах $h_{\min} = 0,004 \text{ мм}$ та $h_{\max} = 0,018 \text{ мм}$ зразка та у різних його місцях (усередині зразка $P=1$ або на краю $P=2$). Параметри факторів, вплив яких вивчався на вихідний параметр n , наведено в табл. 1.

Табл. 1. Параметри факторів

N з/п	Фактор	Значення факторів			
		нижній рівень	верхній рівень	основний рівень	інтервал варіювання
1	$h, \text{ м}$	0,004	0,018	0,011	0,007
2	$S, \text{ м}^2$	0,0079	0,042	0,02495	0,01705
3	$P,$ 1 – дефект всередині зразка 2 – дефект на краю зразка	1	2	1,5	0,5

У табл. 2 наведено матрицю планування для повного факторного експерименту ПФЕ 2^3 та значення вихідного параметра – числа пульсацій n осцилограм сигналів ударного давача. Вимірювання проводились на зразку фанерного матеріалу на різних його ділянках – на ділянках із дефектом та без дефекту.

За результатами повного факторного експерименту, в якому вихідний параметр – число пульсацій осцилограми n вихідного сигналу ударного давача, досліджували на ділянці без дефекту (розшарування) фанерного матеріалу, отримано рівняння регресії у нормованому (1) та в натуральному виглядах (2):

$$n_{\text{норм.б.д.}} = 8,98 + 078h - 1,4P + 0,48hS - 0,45hP + 1,4SP + 0,5hSP; \quad (1)$$