

В. В. САДОВСКИЙ

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В статье представлена схема оптоэлектронной системы и рассмотрены методы изучения структуры текстильных материалов на основе распознавания визуальных изображений. Описаны четыре случая возможных состояний наблюдаемого объекта и среды. Показано, что случай, когда параметры объекта наблюдения изменяются, а объект перемещается в изменяющейся среде, наиболее подходит к задаче, рассматриваемой в данной работе, — бесконтактное исследование процессов деформации структуры текстильных материалов.

Ключевые слова: структура текстильных материалов; распознавание образов; визуальные изображения.

УДК 677.014:004.93

Свойства текстильных материалов в большой степени зависят от его структуры. Наряду с видом нитей, используемых для текстильных материалов, их структура является важнейшей характеристикой, определяющей растяжимость и формоустойчивость в процессе эксплуатации. Для изучения структуры текстильных материалов применяют в основном методы световой микроскопии, микрофотосъемки и скоростной киносъемки [1], которые являются весьма трудоемкими, кроме того, они дают лишь общее представление о динамике изменения структуры.

В данной работе предлагается принципиально новый метод изучения динамики структурных изменений текстильных материалов. Этот метод основан на теории распознавания образов, которые в данном случае являются изображениями. Сущность его заключается в получении видеофильма процесса деформации структуры текстильного материала, преобразовании реальных видеоизображений в растровый вид и последующей покадровой обработке фильма специальными алгоритмами, позволяющими описывать и опознавать выбранные характерные участки структуры, устанавливать их координаты в каждом кадре и по ним получать интересующую информацию, например, о траекториях и скоростях движения этих участков, размерах различных па-

Виктор Васильевич САДОВСКИЙ (sadovski_v@bseu.by), доктор технических наук, профессор кафедры товароведения и экспертизы товаров Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).

раметров структуры и их изменениях в процессе деформации. Данный метод позволяет изучать изменения структуры текстильного материала как в целом, так и отдельных его элементов. При многократном увеличении также возможно исследовать процессы изменения ориентации волокон при растяжении пряжи или нитей.

Для реализации предлагаемого метода необходимо иметь оптоэлектронную систему (рис. 1), включающую в себя видеокамеру (1), снабженную подвижными объективами (2), осветители с немигающим нормированным светом (3), электронную плату ввода видеоизображений (4) [2].

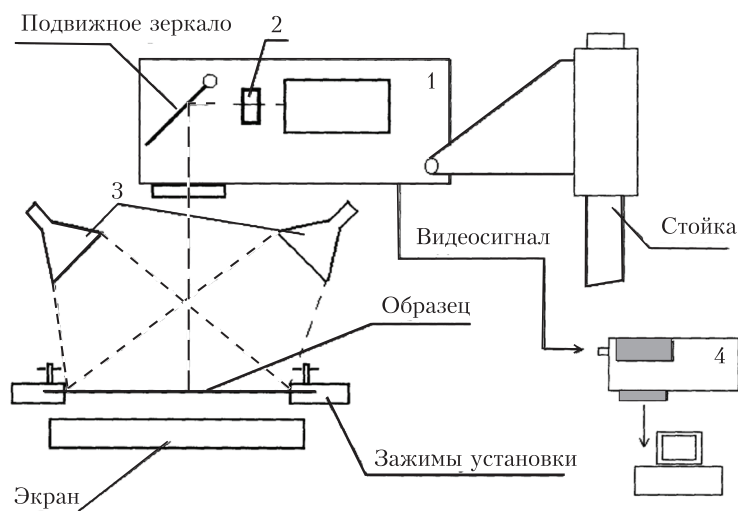


Рис. 1. Схема оптоэлектронной системы

Подвижные объективы способны изменять установленный масштаб и необходимое увеличение, тем самым получать гибкость в управлении экспериментом. Можно установить небольшое увеличение и работать с максимально возможной зоной обзора, а также существует возможность установить максимальное увеличение и проводить эксперимент на микроуровне.

Для проведения эксперимента необходимо обеспечить равнозначные условия получения изображений как в начальной его фазе, так и в течение всего эксперимента. В эту задачу входят такие вопросы, как обеспечение равномерности освещения рабочей зоны, наличие возможности настройки на резкость в начальной фазе и постоянной подстройки ее в процессе эксперимента.

Как видно, применение метода визуальных изображений предполагает достаточно сложную техническую поддержку. Его почти невозможно выполнить при отсутствии электронной вычислительной машины. Наряду с достаточной сложностью математического аппарата предполагается его реализация алгоритмической структурой и программированием. Кроме распознающего алгоритма, строго необходимы алгоритмы нормирования изображений и фильтрации. Их сложность в отдельных случаях достаточно велика.

Существующие методы распознавания визуальных изображений весьма многообразны. Вместе с тем они имеют принципиально одно условие — наличие начального изображения. В зависимости от результатов, которые ожидается получить, это изображение может отличаться в том или ином методе, например, разрешающей способностью, цветопередачей.

Метод для реализации в распознающем алгоритме выбирается в зависимости от задачи, стоящей в конкретном случае, и характеристик самого изображения, над которым будет работать распознающий алгоритм. Общей задачей является определение местоположения перемещающегося объекта на

блюдения. Результатом решения данной задачи являются координаты объекта $A(x_{ti}, y_{ti})$ на определенный момент времени t_i .

Характеристика изображения — это результат работы подсистемы восприятия визуальных изображений объектов; она напрямую зависит от способа реализации самой подсистемы. Кроме того, она содержит принципиальные моменты, связанные с состоянием самого объекта наблюдения и среды, в которой она находится.

Рассмотрим более подробно четыре случая возможных состояний наблюдаемого объекта и среды:

- 1) параметры объекта наблюдения не изменяются. Объект перемещается в не изменяющейся среде;
- 2) параметры объекта наблюдения не изменяются. Объект перемещается в изменяющейся среде;
- 3) параметры объекта наблюдения изменяются. Объект перемещается в не изменяющейся среде;
- 4) параметры объекта наблюдения изменяются. Объект перемещается в изменяющейся среде.

В первом случае мы имеем дело с не изменяющимся объектом наблюдения и не изменяющейся средой (фоном). Примером данной реализации может быть маятник в виде подвешенного темного шарика. В качестве фона рассмотрим просто белое заполнение (рис. 2).

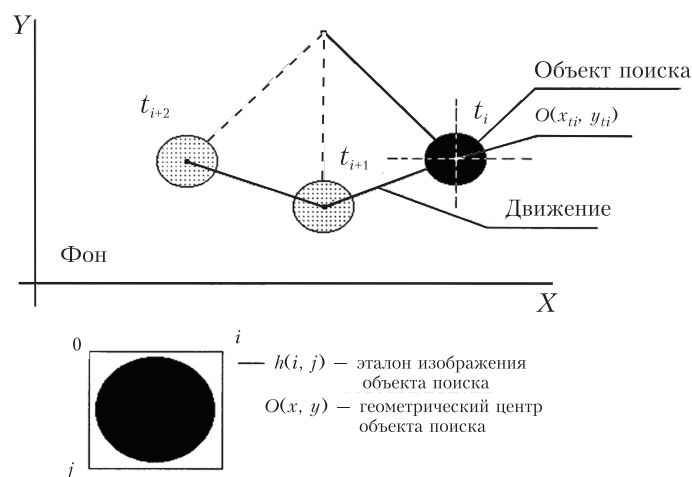


Рис. 2. Не изменяющийся объект в не изменяющейся среде

Основными классифицирующими параметрами в данном случае являются геометрическая форма объекта, полученная путем анализа его изображения, и цвет. Эти данные — исходные для определения некоторого локального оператора h , который будет являться эталоном изображения данного объекта. Способ распознавания на изображении фона изображения наблюдаемого объекта в данном случае — прямое сравнение с эталоном. Перемещая эталон по изображению f , производится непрерывное вычисление.

Если при этом окажется, что

$$\sum_{(i,j) \in NS(i,j)} f(i,j) - h(i,j) = 0,$$

где $f(i, j)$ — изображение, представленное значениями двумерного массива размером $i, j \in [1, \dots, N]$; $NS(i, j)$ — окрестность центра представленного изображения, то это будет означать, что в данной точке обнаружен искомый образ.

В силу зашумленности изображения такой метод распознавания применим только к решению простейших задач, например, в случае оптического распознавания символов [3], где обычно формируется множество различных эталонов — признаков h_1, \dots, h_n , при этом вычисленные результаты образуют вектор признаков $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Чтобы классифицировать возможные образы, необходимо обработать только данный вектор. Это является исходным пунктом статистического распознавания образов.

Недостатком такого метода также является невозможность различения двух одинаковых изображений одинаковых объектов (двойников).

Появление двойника приведет к немедленному сбою этого метода, особенно при их сближении. Хотя, применяя вероятностные оценки и учитывая историю поведения объекта до появления двойника, можно добиться более устойчивой работы данного метода. Однако при сближении объекта и двойника сбой неминуем.

Во втором случае изменяющаяся среда усложняет подход к проблеме распознавания в целом (рис. 3).

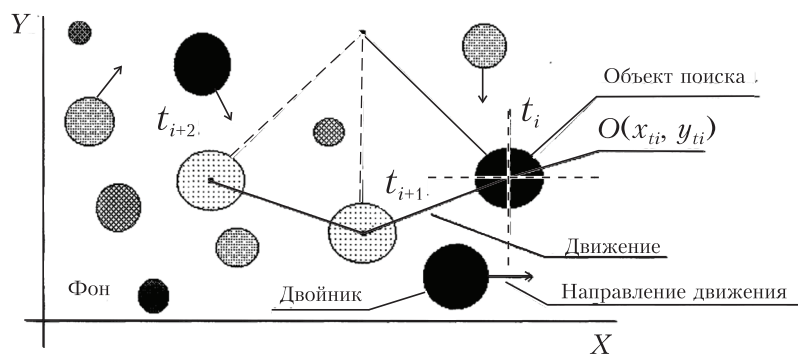


Рис. 3. Не изменяющийся объект в изменяющейся среде

Процесс сравнения эталона изображения объекта в любой момент времени рискует столкнуться с двойником, порожденным средой. В таком случае, как уже говорилось, происходит неминуемый сбой системы распознавания. Для решения этой проблемы необходимо дополнительно проводить тщательный анализ изображения среды, характеризующего ее поведения. Результатом этого анализа является выяснение тех свойств фона, которые он не смог бы приобрести на протяжении исследования. Например, среда неспособна породить объект с определенным цветом. Наделив данным свойством объект наблюдения, можно получить резкое повышение устойчивости метода в этом плане. Таким образом, применяя теперь дополнительные ограничения, повышается надежность распознавания, хотя и остается проблема, касающаяся статических двойников.

Однако наложение дополнительных ограничений является недостатком данной ситуации, так как это не всегда возможно осуществлять. Но, благодаря своей простоте и наглядности, второй случай взаимосвязи объекта со средой был успешно применен в работе [4] для исследования изменения параметров взаимосвязи элементарных звеньев трикотажа в процессе его растяжения. В качестве объектов наблюдения выступали метки, предварительно нанесенные на нить и отличающиеся от нее цветом. Данный метод прост и достаточно надежен. Вместе с тем он имеет ряд недостатков:

- 1) число объектов наблюдения в полученном фильме ограничено числом предварительно нанесенных меток;
- 2) в процессе деформации образца возможен выход участков с нанесенными метками из поля зрения камеры;

3) трудоемкость предварительной подготовки образцов (нанесение меток).

Третий случай является полностью противоположным второму. Его отдельная классификация объясняется сложным поведением объекта наблюдения в связи с его изменчивостью (рис. 4).

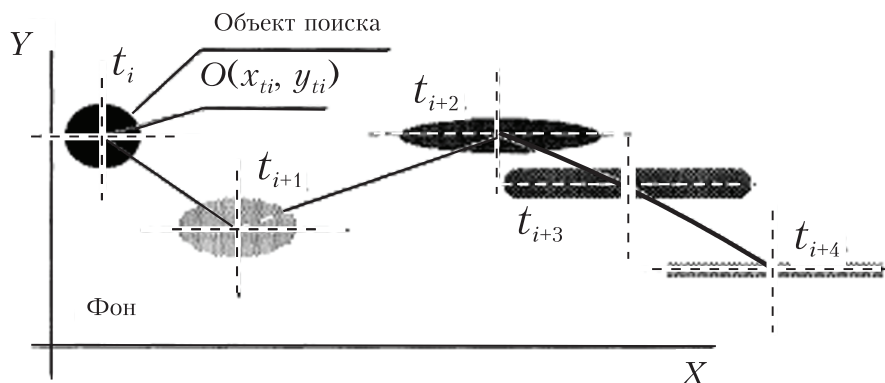


Рис. 4. Изменяющийся объект в не изменяющейся среде

Данный случай уже не относится к статическим методам общей теории распознавания. Наличие большого статического пространства признаков для всех проявлений возможных свойств объекта резко снижает надежность распознавания. Необходимость постоянной корректировки решающего правила не позволяет создавать постоянный эталон изображения, а требует его непрерывного вычисления в динамике. Причем обязательно требуется применение вероятностных оценок и определение доверительного интервала попадания в процессе распознавания. Объект может быть потерян распознающей системой, если он приобретет свойства среды. Так, видна необходимость предварительного исследования поведения объекта с целью получения максимально устойчивых признаков классифицирующего пространства и выяснения общих правил поведения объекта в не изменяющейся среде.

Четвертый случай представляется самым сложным из всех (рис. 5).

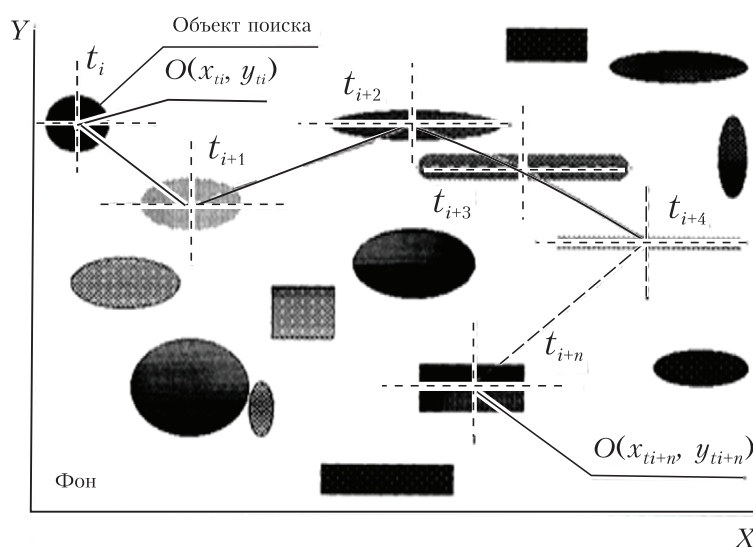


Рис. 5. Изменяющийся объект в изменяющейся среде

Исследование изображений такого типа подразумевает применение несколько усложненного математического аппарата и введения ряда дополнительных правил. Вероятность появления двойников в рассматриваемом случае наиболее высока. Особенно остро стоит проблема проведения исследования поведения среды и создание модели ее изменения. Здесь нашла свое применение теория вероятности, особенно в вероятностном прогнозе и оценке попадания. Кроме того, здесь наблюдается самое большое многообразие подходов к проблеме в целом. Нужно сказать, что данный случай вообще приближен к существующей реальности. На основе него решаются проблемы создания искусственного зрения интеллектуальных систем.

Являясь максимально сложным случаем взаимосвязи наблюдаемого объекта со средой, он наиболее подходит к задаче, рассматриваемой в данной работе, — бесконтактное исследование процессов деформации структуры текстильных материалов. Решение задачи распознавания при такой взаимосвязи объекта со средой позволит изучать поведение любых участков исследуемого материала, выбор которых производится в кадрах фильма процесса деформации структуры материала.

Выводы. 1. Разработан принципиально новый метод изучения динамики структурных изменений текстильных материалов, основанный на теории распознавания образов, которые в данном случае являются изображениями.

2. Детально проанализированы варианты возможных состояний наблюдаемого объекта и среды, в которой он находится. Предложен вариант, который наиболее подходит для бесконтактного исследования процессов деформации структуры текстильных материалов.

Литература

1. Кобляков, А. И. Структура и механические свойства трикотажа / А. И. Кобляков. — М. : Легкая индустрия, 1973. — 240 с.

Kobljakov, A. I. Struktura i mehanicheskie svojstva trikotazha [Structure and mechanical properties of knitwear] / A. I. Kobljakov. — М. : Legkaja industrija, 1973. — 240 p.

2. Садовский, В. В. Оптоэлектронная система для реализации метода изучения динамики структурных изменений трикотажа в процессе растяжения / В. В. Садовский, А. В. Козлов // Изв. вузов «Технология текстил. пром-сти». — 2001. — № 1. — С. 118—119.3.

Sadovskij, V. V. Optoelektronnaja sistema dlja realizacii metoda izuchenija dinamiki strukturnyh izmenenij trikotazha v processe rastjazhenija [Optoelectronic system for implementing a method for studying the dynamics of structural changes in knitwear during stretching] / V. V. Sadovskij, A. V. Kozlov // Izv. vuzov «Tehnologija tekstil. prom-sti». — 2001. — № 1. — P. 118—119.3.

3. Чэн, Ш. К. Принципы проектирования систем визуальной информации / Чэн Ш. К. : пер. с англ. — М. : Мир, 1994. — 408 с.

Chjen, Sh. K. Principy proektirovanija sistem vizual'noj informacii [Design principles for visual information systems] / Chjen Sh. K. : per. s angl. — М. : Mir, 1994. — 408 p.

4. Садовский, В. В. Механические свойства и структура трикотажа при растяжении. Методы оценки, изучение и прогнозирование : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.19.01 / В. В. Садовский ; С.-Петерб. гос. ун-т технологии и дизайна. — СПб., 1996. — 46 с.

Sadovskij, V. V. Mehanicheskie svojstva i struktura trikotazha pri rastjazhenii. Metody ocenki, izuchenie i prognozirovanie [Mechanical properties and structure of knitwear under tension. Estimation methods, study and forecasting] : avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk : 05.19.01 / V. V. Sadovskij ; S.-Peterb. gos. un-t tehnologii i dizajna. — SPb., 1996. — 46 p.

VICTOR SADOVSKI

***METHODS FOR STUDYING
THE STRUCTURE OF TEXTILE MATERIALS
BASED ON VISUAL IMAGE RECOGNITION***

Author affiliation. *Victor SADOVSKI (sadowski_v@bseu), Belarus State Economic University (Minsk, Belarus).*

Abstract. The article presents a diagram of an optoelectronic system and discusses methods for studying the structure of textile materials based on visual image recognition. Four cases of possible states of the observed object and environment are described. It is shown that the case when the parameters of the object under observation change and the object moves in a changing environment is most suitable for the problem considered in this paper, viz., non-contact study of the processes of deformation of the structure of textile materials.

Keywords: structure of textile materials; pattern recognition; visual images.

UDC 677.014:004.93

*Статья поступила
в редакцию 03. 04. 2024 г.*

**ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР БГЭУ
представляет**

Микулич, И. М.

Экономическое моделирование бизнес-процессов : практикум / И. М. Микулич, А. В. Кармызов, Л. С. Пацай. — Минск : БГЭУ, 2024. — 107 с.

Рассматриваются теоретико-методологические и практические аспекты экономического моделирования бизнес-процессов: концептуальные основы комплексного изучения бизнес-процессов, математические основы моделирования экономических процессов, функциональная сущность моделирования как метода экономических исследований, направления использования инструментов анализа экономических данных о развитии бизнес-процессов, способы прогнозирования бизнес-процессов, связанные с разработкой соответствующих моделей.

Для студентов экономических специальностей (в первую очередь — «Коммерция», «Товароведение», «Экономика и управление»), научных работников и специалистов-практиков, слушателей системы переподготовки и повышения квалификации кадров.