

Ф. Ф. ВЕРЯСКИН, Л. В. ВЫДРИН, В. Т. ДАВЫДОВ,
Т. Н. МАНТУШ, Е. С. НЕЖЕВЕНКО, Б. Н. ПАНКОВ,
П. Е. ТВЕРДОХЛЕБ

(Новосибирск)

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРОЦЕССОР ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В работе * рассмотрены вопросы выбора признаков и применения непараметрических решающих правил для распознавания изображений объектов на фотоснимках, контраст и разрешение которых меняется в широких пределах. Форма объектов предполагалась известной. Были рекомендованы для применения методы распознавания, требующие выполнения нелинейных преобразований как на стадии получения информативных признаков, так и на стадии принятия решения. Реализация этих методов возможна при использовании ЭВМ и устройств ввода информации сканирующего типа. Однако поэлементное сканирование фотоснимка, содержащего $10^6 \div 10^7$ и более элементов разложения, с последующим вводом и обработкой данных в ЭВМ требует сравнительно больших затрат времени.

Время обработки фотоснимка можно существенно сократить, если применять гибридные оптико-электронные устройства. В этих случаях процесс распознавания целесообразно разбить на два последовательно выполняемых этапа.

На первом из них производится быстрый, но «грубый» поиск по всему фотоснимку с целью определения параметров (координат и ориентации) участков, на которых с высокой вероятностью ложной тревоги и малой вероятностью пропуска цели находится изображение объекта заданного класса. Обнаружение объектов, удовлетворяющих указанным условиям, осуществляется путем вычисления функции корреляции изображений эталона и фотоснимка и последующего сравнения отсчетов полученной функции с заниженным порогом. На втором, медленном, но более «точном» этапе производится анализ только отдельных участков фотоснимка с учетом ранее полученной информации. При этом происходит получение признаков, инвариантных к контрасту и разрешению фотоснимка, а окончательное решение о принадлежности объекта к тому или иному классу принимается на основе более сложных некорреляционных решающих правил.

Поиск на начальном этапе распознавания эффективно выполняется с помощью когерентно-оптического коррелятора Вандера Люгта. Такой коррелятор хорошо известен и не требует дополнительного обсуждения. Что касается следующего этапа, то для его реализации необходимо применять специальные оптико-электронные процессоры. Структура, принцип действия и результаты экспериментального исследования одного из таких устройств описаны ниже. В процессоре наиболее трудоемкие операции ввода изображения и получения исходных признаков осуществляются оптическими элементами, а операции управления работой этих элементов, дальнейшей обработки признаков и принятия решения выполняются с помощью ЭВМ. Время анализа произвольного участка фотоснимка в этом случае сокращается примерно на порядок. Действующие аналоги этого устройства авторам неизвестны.

* О. М. Карпова, Е. С. Нежевенко, Г. Д. Уманцев. Распознавание изображений известной формы на фотоснимках.— «Автоматика», 1975, № 3.

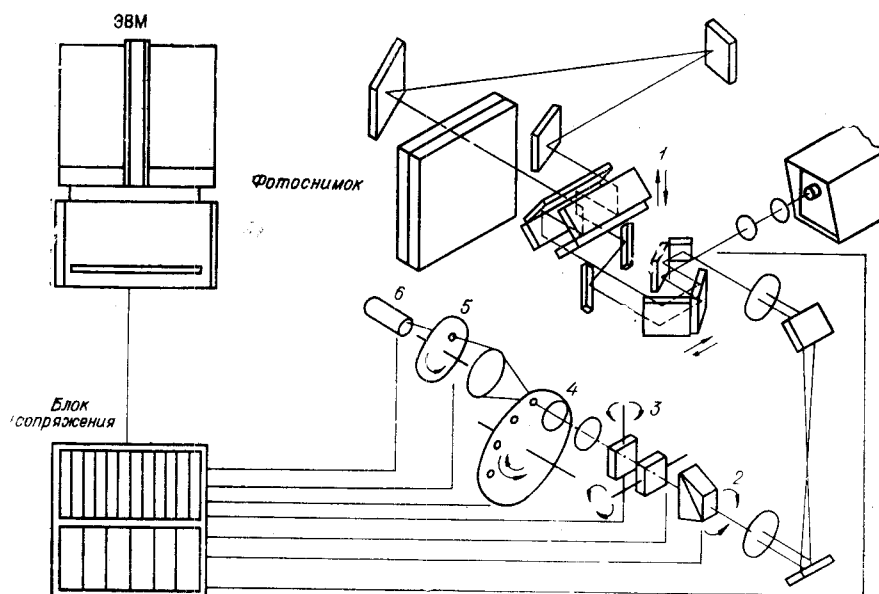


Рис. 1.

Структурная схема опико-электронного процессора приведена на рис. 1. С помощью блока больших смещений 1 устанавливается участок фотоснимка, на котором предположительно находится изображение объекта. Посредством блока ориентации 2 производится поворот этого изображения относительно фиксированного положения, после чего световой пучок проходит через блок малых смещений 3, который предназначен для исключения погрешностей, возникающих при определении координат изображения на первом этапе. Далее изображение объекта попадает на специальный голографический фильтр 4, в результате чего производится параллельное вычисление совокупности признаков, характеризующих средние пропускания областей фотоснимка, примыкающих с внешней и внутренней сторон к контуру объекта. Интенсивности света, пропорциональные значениям признаков, с помощью обтюлятора, 5, фотоумножителя 6 и последующих электронных устройств последовательно измеряются. Обработка полученных данных производится в ЭВМ.

Отметим особенности и параметры основных блоков опико-механической части процессора.

Система перемещаемых зеркал, находящихся в блоке больших смещений, позволяет вывести коллимированный луч лазера на любой из участков фотоснимка, размер которого равен 300×300 мм. После прохождения через фотоснимок модулированный пучок света снова выводится на оптическую ось. Этот метод ввода изображений обеспечивает высокую скорость сканирования, поскольку вместо кассеты с фотоснимком, имеющей большую массу, перемещается сравнительно легкая система зеркал.

Изменение угла поворота анализируемого участка фотоснимка с дискретностью в $1,5^\circ$ достигается с помощью блока ориентации, выполненного на призме Пехана. Призма обеспечивает независимость положения изображения участка от изменения направления освещающего пучка.

Блок малых смещений осуществляет сдвиг изображения объекта на $\pm 0,24$ мм по координатам X и Y через $0,03$ мм (16×16 положений). Он выполнен на основе двух плоскопараллельных пластинок, изменяющих наклон во взаимно перпендикулярных направлениях.

Смена фильтров происходит с помощью кассеты револьверного типа, в которой может быть установлено до 16 фильтров. Любой из них выводится на оптическую ось автоматически.

Фильтр представляет собой совокупность голограмм небольшого размера, расположенных по обе стороны контура эталона. Интерференционные полосы в пределах одной голограммы параллельны. Ориентация полос изменяется дискретно при переходе от одной голограммы к другой. Если на такой фильтр спроецировать изображение объекта, освещенного параллельным когерентным пучком, то в результате дальнейшего преобразования прошедшего волнового фронта получим совокупность расположенных по окружности спектров Фурье от тех областей изображения объекта, которые выделяются голограммами фильтра. Интегрируя интенсивность света в пределах одного спектра, можно вычислить среднее пропускание соответствующей области. Независимость между координатами голограмм в фильтре и координатами спектров в выходной плоскости позволяет использовать одно и то же считывающее устройство для распознавания изображений объектов различной конфигурации.

Считывание светового распределения осуществляется с помощью одного фотоприемника и вращающегося обтюратора. Диаметр отверстия обтюратора выбран так, чтобы при считывании Фурье-спектров на фотоприемник попадало около 96% световой энергии. Таким образом, за один поворот обтюратора в память ЭВМ вводятся значения всех признаков анализируемого изображения.

Электронная часть процессора схематически представлена на рис. 2. Она содержит малую ЭВМ «Э-100» со стандартными (фотосчитыватель СП-3, дисплей „Videoton—computer-340”) и специальными внешними устройствами. К последним относятся: устройство считывания, включающее в себя обтюратор (О), фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и формирователь импульсов (ФИ), которые обеспечивают преобразование, кодирование и ввод в ЭВМ световых потоков, соответствующих вычисляемым признакам; устройство управления шаговыми двигателями (УУД), применяемыми в оптико-механических блоках больших смещений (ББС), ориентации (БОр), малых смещений (БМС) и смены фильтров (БСФ); дешифратор (Дш) команд ЭВМ, управляющих перемещениями X, Y фотоснимка, поворотом φ и сдвигами $\Delta X, \Delta Y$ отдельных участков, а также выбором фильтра F ; шифратор (Ш) вводимых в ЭВМ показаний датчиков перемещения $D_{x, y}$, угла D_φ , сдвига $D_{\Delta x, \Delta y}$ и номера фильтра D_F , находящихся в блоках ББС, БОр, БМС и БСФ.

Все специальные устройства связаны с ЭВМ через блок сопряжения БС, осуществляющий программируемый обмен информацией по трем основным направлениям: АЦП (результаты измерения признаков), Дш (команды управления двигателями оптико-механических блоков и Ш (показания датчиков положений)).

Кодирование признаков изображения объекта производится 6-разрядными двоичными числами. при этом моменты отсчета информативных элементов сканируемого светового распределения опреде-

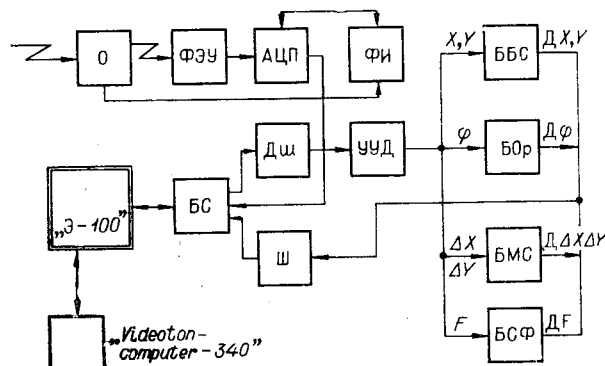


Рис. 2.

ляются импульсами, поступающими на АЦП от датчика обтюратора через формирователь импульсов. Для отсчета начала считывания светового распределения используется отдельный фотодатчик.

Исполнительным элементом всех оптико-механических блоков является шаговый двигатель (ШД), управляемый электронным распределителем импульсов тока. Распределение импульсов по обмоткам двигателя осуществляется 4-разрядным кольцевым регистром сдвига с дешифратором и усилителями мощности на выходе. Изменение направления вращения обеспечивается триггером реверса.

Поворот изображения на заданный угол производится с помощью шагового двигателя ШД_φ. При установке заданного угла вначале производится перевод призмы Пехана в положение, соответствующее нулевому повороту изображения, а затем путем подачи на коммутатор заданного числа импульсов обрабатывается требуемый угол. Контроль угла производится по импульсам счетного датчика Д_φ, расположенного на валу шагового двигателя ШД_φ.

С помощью двигателя ШД_{Δx} и ШД_{Δy} осуществляется изменение угла поворота плоскопараллельных пластинок. Постоянство шага смещения изображения объекта обеспечивается в ограниченном диапазоне изменения угла поворота. Когда пластина поворачивается на допустимый угол, происходит реверс шаговых двигателей. Граничные значения этого угла контролируются с помощью фотодатчиков Д_{Δx} и Д_{Δy}. На основании анализа их показаний ЭВМ принимает решение, какому из двигателей и в каком направлении необходимо сделать следующий шаг.

Установка требуемого фильтра на оптическую ось осуществляется с помощью двигателя ШД_r. Номера фильтров от 1 до 16 кодируются сигналами четырех фотодатчиков. Выход фильтра на рабочую позицию контролируется ЭВМ.

Оптико-электронный процессор работает следующим образом. С перфоленты или клавиатуры дисплея в ЭВМ вводятся координаты и значение угла ориентации анализируемого участка фотоснимка, а также предполагаемый тип объекта. После вывода на рабочую позицию необходимого фильтра он освещается равномерным пучком света и в память ЭВМ от АЦП вводится нормировочный массив. Далее производится установка участка фотоснимка, подлежащего анализу, и его ориентация. Запускается программа перебора, осуществляющая двухкоординатный сдвиг этого участка относительно фильтра. В каждом из 256 положений в ЭВМ вводятся значения исходных признаков изображения, производится их нелинейное преобразование и вычисляется значение решающей функции. Если при каком-либо сдвиге полученный результат превышает значение установленного порога, то ЭВМ выдает сообщение о наличии изображения объекта, а также выводит координаты, ориентацию и тип этого объекта. Если значение порога не превышает ни в одном из 256 положений сдвига, то ЭВМ выдает сообщение об отсутствии изображения объекта предполагаемого типа, после чего происходит перебор по другим эталонам либо производится анализ следующего участка фотоснимка.

Результаты экспериментов по распознаванию изображений тестовых объектов свидетельствуют о хорошей работоспособности созданного процессора. На выборке из 60 изображений, контраст и разрешение которых изменялись соответственно в пределах $0,05 \div 0,6$ и $20 \div 36$ лин/мм, не наблюдалось ни одной ошибки распознавания. Решение о близости предъявляемого и эталонного изображений принималось на основе непараметрических критериев *. Время анализа одного

* О. М. Карпова, Е. С. Нежевенко, Г. Д. Уманцев. Распознавание изображений известной формы на фотоснимках.— «Автометрия», 1975, № 3.

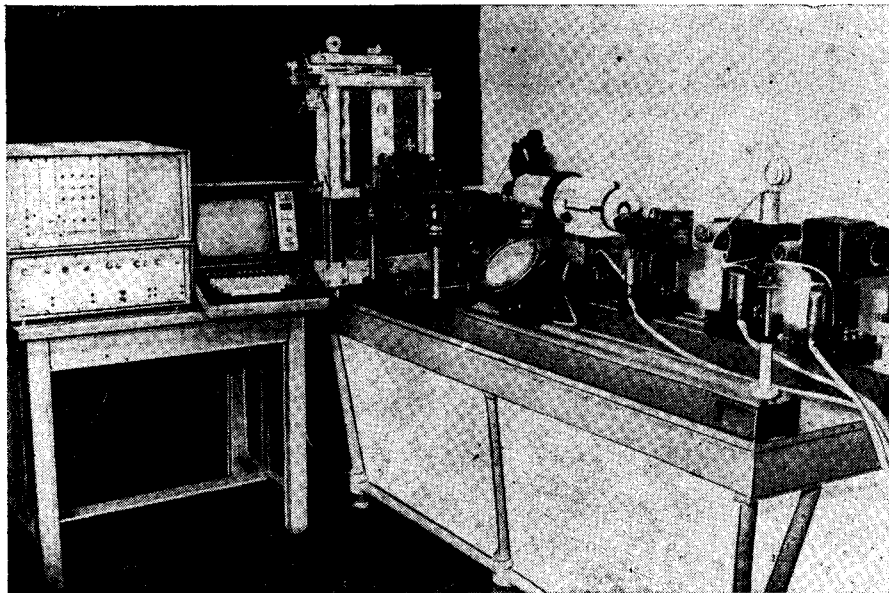


Рис. 3.

участка фотоснимка составляет 1 с. Внешний вид оптической части процессора показан на рис. 3.

В целом оптико-электронный процессор является универсальным устройством для распознавания изображений по системе признаков, каждый из которых представляет собой усредненную по заранее заданной области интенсивность анализируемого изображения или его спектра. В последнем случае фильтр должен устанавливаться в частотной плоскости. Если система признаков выбрана, то процессор позволяет за короткое время оценить эффективность применения различных решающих правил. Особенно целесообразно использование процессора в тех случаях, когда области изображения объекта, по которым необходимо проводить усреднение, достаточно сложны.

Поступила в редакцию 13 февраля 1975 г.

УДК 621.378 : 681.332.5

И. С. ГИБИН, М. А. ГОФМАН, Ю. В. ЧУГУИ
(Новосибирск)

ОБОБЩЕННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ФОРМИРОВАНИЯ КОДИРУЮЩЕЙ ПЛАСТИНЫ

Известные когерентно-оптические методы обобщенного спектрального анализа изображений основаны на использовании кодирующей пластины (матрицы голограмм), содержащей $N \times N$ изображений базисных функций разложения $\varphi_{kn}(x, y)$ [1, 2]. В общем случае количество определяемых спектральных компонент равно числу выборок анализируемого изображения и в реальных ситуациях может достигать вели-