

## ОПТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЕТЕКТОРОВ ПРИЗНАКОВ ЗРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

*Ю. П. Бугай, В. А. Бахтигозин, Ю. И. Зозуля,  
В. Г. Червов*

Элементы изображения, поступающие в зрительную систему, подвергаются многократному алгебраическому сложению с различными весами на суммирующих нейронах. Область поверхности или пространства, с которой сигналы поступают на нейрон, называется рецептивным полем данного суммирующего нейрона. Пространственная форма рецептивного поля и его временные характеристики определяют функциональные особенности поля, которое вместе с суммирующим нейроном часто именуют детектором локального признака или локальным детектором. Однородные и неоднородные нервные слои, образованные из локальных детекторов, назовем просто детекторами признаков. Детекторы способны выделять определенный признак в любом месте в пределах слоя.

Для решения задач распознавания необходимы системы, реализующие выделение различных наборов признаков входных сигналов. Однако в настоящее время используются в основном субъективные оценки полезности тех или иных признаков и их наборов, так как иных, более строгих способов оценки не существует.

Важной особенностью выделяемых признаков может быть, например, отсутствие корреляции между ядрами преобразований, обеспечивающих выделение различных признаков. В качестве полезных признаков распознаваемых объектов применяются, в частности, характерные элементы их контурных изображений (ориентация прямолинейных участков, кривизна и положение криволинейных участков контура, точки пересечения линий, изломы, концы линий и т. д.) и контурные изображения в целом. Так, применение корреляционных методов для распознавания фигур оказывается более эффективным, если предварительно уменьшена избыточность изображений путем выделения контуров [1]. Можно ожидать увеличения эффективности корреляционных методов распознавания, если в изображениях дополнительно выделять признаки уже самих контурных изображений.

Существует широкий класс анизотропных интегральных детекторов, которые могут быть исследованы с помощью простых оптических моделей в некогерентном свете. К ним относятся детекторы ориентации и кривизны контурных линий, а также детекторы фигур простых и сложных форм. В настоящей работе рассмотрены две разновидности оптических моделирующих устройств с линзами и без них.

На рис. 1 изображена оптическая моделирующая система, которая позволяет воспроизводить любую форму зоны суммирования рецептивного поля. Формально эта система осуществляет интегральное преобразование с любым положительным ядром. Некогерент-

ный свет от источника 1 через конденсатор 2 и матовое стекло 3 попадает на исследуемый объект 4, выполненный в виде диапозитива. Каждая точка объекта 4 с помощью линзы 5 и апертурной маски 6 в плоскости 7, не сопряженной с плоскостью объекта 4, образует уменьшенную проекцию апертурной маски 6. Таким образом, изображение объекта 4 в несопряженной плоскости 7 будет представлять собой некоторое распределение освещенности,

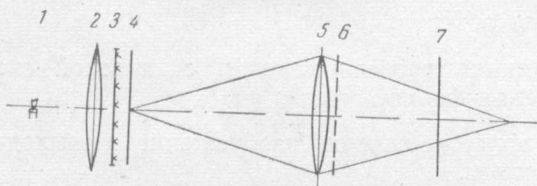


Рис. 1.

пропорциональное функции  $I(\vec{x})$ , которая определяется выражением

$$I(\vec{x}) = \iint_s I_0(\vec{x}_0) G(\vec{x}_0, \vec{x}) dx_0, \quad (1)$$

где  $\vec{x}$  — точка  $(x, y)$  двумерной области на выходе системы;

$I_0(\vec{x}_0)$  — распределение освещенности, характеризующее двумерный объект;

$G(\vec{x}_0, \vec{x})$  — функция рассеяния точки оптической системы (ядро интегрального преобразования), задаваемая формой апертурной маски.

Функциональная схема безлинзовой оптической моделирующей системы представлена на рис. 2. В этой системе каждая точка исходного пространственного объекта 1 с помощью апертурной маски 2 расфокусируется в плоскости изображения 3. При этом каждая точка исходного объекта 1 в выходной плоскости образует центральную проекцию апертурной маски. При неизменном расстоянии между маской и плоскостью изображения масштаб, форма и положение центральной проекции будут зависеть от расположения точки объекта в пространстве по отношению к апертурной маске 2. Оптическое преобразование исходного пространственного объекта в безлинзовой моделирующей системе описывается интегральным преобразованием,

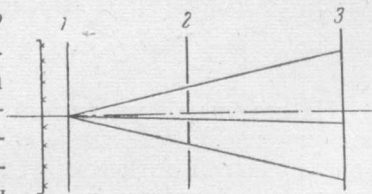


Рис. 2.

подобным выражению (1). Для трехмерного объекта это преобразование имеет вид

$$I(\vec{x}) = \iiint_V I_0(\vec{x}_0) G(\vec{x}_0, \vec{x}) d\vec{x}_0, \quad (2)$$

где  $\vec{x}_0$  — точка  $(x_0, y_0, z_0)$  пространственного объекта,

$I_0(\vec{x}_0)$  — распределение освещенности исходного пространственного объекта;

$G(\vec{x}_0, \vec{x})$  — функция рассеяния точки оптической системы, задаваемая формой маски;

$I(\vec{x})$  — расфокусированное изображение в выходной области системы.

Для параксиальной области системы оптическое преобразование можно принять практически однородным и описать его трехмерным уравнением свертки

$$I(\vec{x}) = I_0(\vec{x}) *** G(\vec{x}). \quad (2')$$

В работах [2—4] рассмотрены физические и математические модели нервных структур зрительного анализатора. Особенностью этих моделей является их принадлежность к системам непрерывного типа, в которых нейронные слоистые структуры представлены в виде непрерывных однородных сред.

Реакция нейронной среды  $U(\vec{x}, t)$  на возмущение  $E(\vec{x}, t)$  может быть записана в виде интегрального преобразования

$$U(\vec{x}, t) = \iiint_{V_{-\infty}}^t E(\vec{x}_0, t) Q(\vec{x}_0, \vec{x}, t) d\vec{x}_0 dt, \quad (3)$$

где  $Q(\vec{x}_0, \vec{x}, t)$  — точечная реакция нейронной среды.

Для безынерционных двумерных сред реакция среды описывается более простым выражением

$$U(\vec{x}) = \iint_S E(\vec{x}_0) Q(\vec{x}_0, \vec{x}) d\vec{x}_0. \quad (3')$$

Из сравнения уравнений (1)—(3) и (3') следует, что входному возмущению  $E$  нейронной среды соответствует функция объекта  $I_0$  моделирующей оптической системы, а точечной реакции нейронной среды  $Q$  — функция рассеяния точки оптической системы  $G$ , задаваемая формой апертурной маски. С другой стороны, функция рассеяния точки оптической системы  $G$ , представляющая собой изображение точки объекта в выходной плоскости системы, или масштабированную копию апертурной маски, является физической реализацией ядра интегрального преобразования, осуществляемого моделирующей системой.

На рис. 3 приведены тестовое изображение 1, предъявляемое на входе оптической системы, апертурные маски 1, 3, 5 и изображения, полученные в выходной плоскости оптической системы 2, 4, 6. При использовании в качестве апертурных масок 1, 3, 5

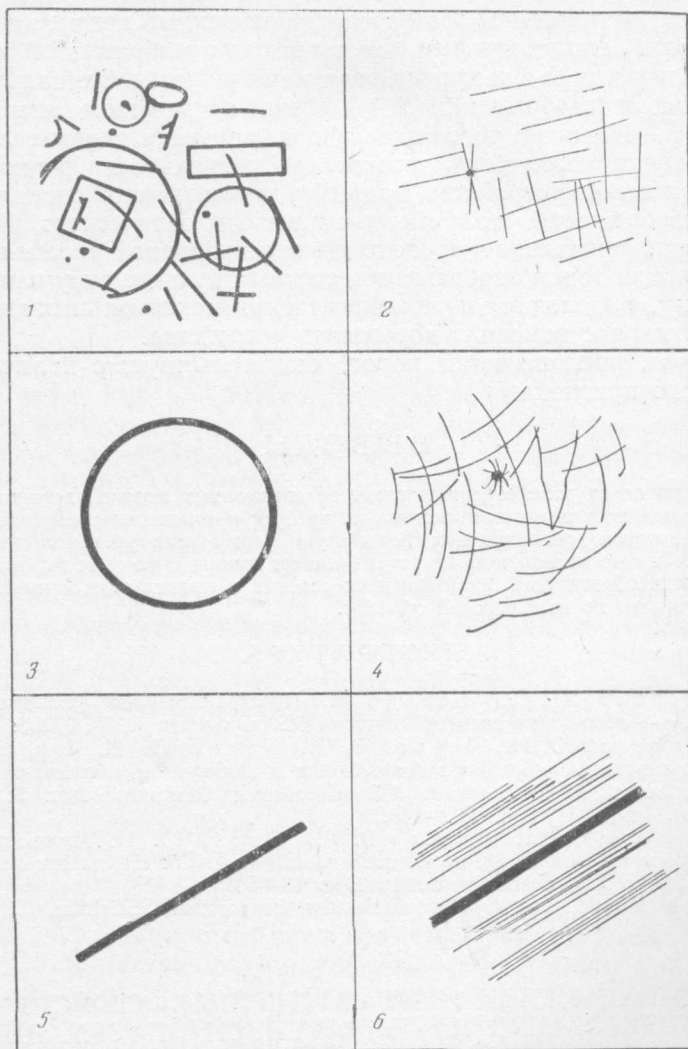


Рис. 3.

на выходе оптической системы получены соответственно изображения 2, 4, 6. На каждом из них максимумы выходных сигналов имеют вид темных точек (2, 4) и темной линии (6) на сложном фоне. Фоновые компоненты выходных сигналов (позиции 2, 4, 6)

могут быть сильно уменьшены либо исключены совсем — например при предъявлении этих изображений телевизионной системе, которой использовано пороговое устройство. Максимум на изображениях 2, 4, 6 соответствует тому или иному выделяемому признаку в тестовом изображении 1. Так, максимум (позиция 2) отвечает предъявлению тестового изображения в целом; максимум (позиция 4) определяет наличие в тестовом изображении 1 окружности или части ее с заданным радиусом кривизны. Темная линия на тестовом изображении 1 выделена посредством апертурной маски 5. Наличие того или иного признака предъявляемого изображения может быть установлено визуально либо с помощью автоматического устройства, например, телевизионной системы. Для этого изображение, полученное на выходе оптического фильтра детектора, предъявляется на входе телевизионной системы. Наиболее яркие точки изображения, соответствующие тому или иному признаку, выделяются путем определения максимальных значений видеосигнала с помощью порогового устройства.

Сигнал, превышающий порог, свидетельствует о наличии выделяемого признака.

## ВЫВОДЫ

В отличие от рассмотренных ранее телевизионных моделей детекторов [2] предлагаемая моделирующая система не требует применения специализированных генераторов, реализующих различную форму апертур в телевизионных системах. Оптическая система не устанавливает границ выбора формы апертуры, исключает необходимость сканирования объекта и практически мгновенно выделяет признак по всей рабочей области.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ловенталь С., Бельво И. Пространственная фильтрация и голография — новое в когерентной оптике. М., «Энергия», 1970. 72 с.
2. Нефедов Ю. И., Червов В. Г., Бугай Ю. П. Моделирование процессов первичной обработки информации в зрительном анализаторе с помощью телевизионной системы. Сб. «Проблемы бионики», вып. 3. Изд-во Харьковск. ун-та, 1970, с. 142—148.
3. Зозуля Ю. И., Червов В. Г., Бугай Ю. П. Математические модели простых рецептивных полей зрительной коры. Сб. «Проблемы бионики», вып. 7. Изд-во Харьковск. ун-та, 1971, с. 48—53.
4. Марко Н. Die Systemtheorie des homogenen Schichten, I. Mathematische Grundlagen. «Kybernetik», 5, 6, s. 221—240.

## О ВОЗМОЖНОЙ РОЛИ «МАГНИТНЫХ» СВОЙСТВ В КОДИРОВАНИИ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

*В. В. Морозов*

Материальным носителем наследственной информации является молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). При этом определенной последовательности из трех нуклеотидов, входящих в молекулу ДНК (генону), строго соответствует тройка нуклео-