

УДК 004.932



СТРУКТУРНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ВИДЕ ГРАФА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ

А. В. Агарков

Институт проблем искусственного интеллекта, г. Донецк, Украина
aav@iai.donetsk.ua

Предложен способ построения структурного описания изображения для распознавания и выделения объектов. Данное описание строится на основе анализа мультимасштабного представления, построенного на основе свертки с функцией Гаусса. Предложен новый критерий для выделения структурных элементов, на основе которых производится построение описания изображения. Данное описание отражает структуру значимых деталей изображения, соответствующих областям с однородной яркостью, и позволяет восстанавливать исходное изображение и отдельные его области.

МУЛЬТИМАСШТАБНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ, ОПИСАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ, РАСПОЗНАВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ОБНАРУЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ, ГРАФЫ

Введение

В последние годы появилось значительное количество работ, посвящённых распознаванию изображений и обнаружению объектов, проводимых инвариантно относительно их масштаба и поворотов. Данные методы основаны на использовании структурного описания изображений и объектов их составляющих. Можно выделить три направления в этой области – (1) использование контурных представлений, (2) использование скелетных представлений для описания бинарных и силуэтных изображений, (3) использования локальных черт, инвариантных к масштабу и поворотом.

Методы, использующие контуры объектов [1] для описания их структуры, посвящены способам описания и сравнения кривых, образующих контуры. Сложность применения данного метода связана с проблемами, возникающими при выделении контуров объектов.

Подход, использующий скелетное представление [2,3], основан на выделении скелета бинарного объекта или силуэта и последующим описанием его в виде графа, каждой вершине которого соответствует участок скелета, имеющий определённые свойства. Данные участки выступают в качестве структурных элементов описания объекта. Выделение структурных элементов и описание их свойств производится таким образом, что описание объектов, получаемое в результате, оказывается инвариантным относительно масштаба и поворотов. Распознавание изображений сводится к сравнению графа, который описывает исследуемый объект, с графом-шаблоном, который представляет объекты одного класса.

Данный подход используется также при распознавании полутоновых и цветных изображений. Для этого вначале выделяются границы, затем на основе использования шоковых линий (shock graphs) проводится устранение дефектов и выделение скелета. После чего применяется методика, используемая для бинар-

ных и силуэтных изображений. Для бинарных изображений этот подход показывает хорошие результаты. Однако для полутоновых и цветных изображений его использование затруднено сложностями, связанными с выделением границ объектов, в результате которых объект может быть разбит на несколько сегментов, что затрудняет процедуру сравнения с шаблоном.

Для распознавания цветных и полутоновых изображений в настоящее время все шире используется подход, основанный на применении локальных черт, инвариантных относительно масштабу и поворотам [4–8]. Наиболее простым и эффективным методом для выделения таких черт в настоящий момент является использование мультимасштабного представления, построенного на основе свёртки с функцией Гаусса и её производными.

Использование мультимасштабного представления для анализа иерархической структуры изображений было начато в 90-х годах прошлого столетия в работах [9–13]. В этих же работах указывается, что применение функции Гаусса для построения мультимасштабного представления позволяет достичь инвариантности относительно масштаба и поворотов при анализе структуры изображений.

В настоящий момент достаточно сильно развит метод выделения локальных черт изображения, использующий мультимасштабное представление. Выделенные локальные черты используются для описания объектов. Обнаружение и распознавание объектов основано на сравнении описаний изображения и объекта, построенных на основе использования локальных черт. Основными направлениями развития данного подхода являются увеличение устойчивости выделения локальных черт и усовершенствование дескрипторов, которые описывают их яркостные свойства. При этом практически не затрагиваются вопросы, связанные с анализом и использованием иерархической структуры изображений, хотя именно с этого и начиналось. Оста-

лись в тени также вопросы, связанные с использованием других типов структурных элементов, которые можно выделить при помощи мультимасштабного представления. В частности, в ранних работах были предложены способы выделения хребтов изображений, которые соответствуют протяженным областям с однородной яркостью и которые по сути являются скелетами данных областей. Хотя следует заметить, что для выделения структурных элементов разной природы использовались мультимасштабные представления, построенные на основе различных ядер свёртки.

В настоящей работе вводятся критерии для выделения дополнительных структурных элементов, которые позволяют описывать структуру значимых деталей изображения, соответствующих однородным по яркости областям. На основе использования данных структурных элементов производится выделение и описание областей изображения с однородной яркостью. Показано, что на основе использования данных структурных элементов возможно построение скелетного представления однородных по яркости областей. Данные структурные элементы используются для построения описания изображений и объектов, их составляющих, которое предназначено для проведения распознавания. Данное описание позволяет также восстанавливать как исходное изображение, так и отдельные его части, в том числе соответствующие отдельным объектам.

1. Выделение локальных черт изображений с помощью мультимасштабного представления

Мультимасштабное представление изображения на основе применения функции Гаусса представляет собой упорядоченное множество изображений, полученных из исходного путём свёртки с ней:

$$L(x, y, \sigma_i) = G(x, y, \sigma_i) * I(x, y),$$

где $G(x, y, \sigma_i)$ – функция Гаусса с масштабом σ_i ; $\sigma_i = k\sigma_{i-1}$, $(*)$ – операция свертки; $I(x, y)$ – исходное изображение. Данное множество изображений образует в объединённом трехмерном пространстве плоскость изображения – масштаб сглаживания дискретную функцию $L(x, y, \sigma)$. Для увеличения скорости построения мультимасштабного представления используются октавы исходного изображения – при увеличении масштаба сглаживания в два раза во столько же раз уменьшается исходное. Соответственно, множитель k выбирается так, чтобы $k^{N_o} = 2$, где N_o – количество масштабов в одной октаве.

Однако для выделения локальных черт изображения используется мультимасштабное представление, построенное на основе свёртки с ядром, которое представляет собой разность функций Гаусса с различным масштабом сглаживания, известное как оператор DoG:

$$\begin{aligned} D(x, y, \sigma_i) &= (G(x, y, \sigma_i) - G(x, y, \sigma_{i-1})) * I(x, y) \\ &= L(x, y, \sigma_i) - L(x, y, \sigma_{i-1}). \end{aligned} \quad (1)$$

Данное представление также образует дискретную функцию $D(x, y, \sigma)$.

Как видно из формулы (1), функция $D(x, y, \sigma)$ получается из $L(x, y, \sigma)$ путём вычитания соседних слов мультимасштабного представления. Это обстоятельство будет использовано в дальнейшем при построении описания изображения.

Локальные черты изображения выделяются из условия достижения экстремума функции $D(x, y, \sigma)$. При этом координаты (x, y) определяют центр области, соответствующей локальной черте, а значение σ – её характерный масштаб. Локальные черты, выделяемые с помощью данного оператора DoG, соответствуют пятнообразным областям (blobs) однородной яркости.

Множество выделенных локальных черт $E = \{E_j(x_j, y_j, \sigma_j)\}$ составляет основу для описания изображения и объекта, который необходимо распознать.

2. Выделение структурных элементов изображения

Описание изображения, построенное на основе множества $E = \{E_j(x_j, y_j, \sigma_j)\}$, позволяет распознавать объекты инвариантно их масштаба и поворота. Однако данное описание не в полной мере отражает структуру изображения – не используется иерархия локальных черт, определяющая уровни детализации изображения. Также не в полной мере отражена сегментная структура изображения – разбиение изображения на области однородной яркости. Отдельные локальные черты могут соответствовать частям одной области. Для отражения структуры изображения и объектов их составляющих, которые в основном состоят из соседних областей однородной яркости, это представляется достаточно важным. К тому же, использование более подробной информации о структуре изображения и его отдельных областей позволит отказаться от использования достаточно громоздких дескрипторов для описания отдельных локальных черт.

Для того чтобы более подробно отразить структуру изображения, необходимо в описание добавить новые структурные элементы, которые бы с одной стороны, были связаны с уже имеющимся множеством $\{E_j(x_j, y_j, \sigma_j)\}$, а с другой – имели бы самостоятельную ценность для отражения структурных свойств.

В развитие подхода, предложенного автором в работах [14, 15], в качестве дополнительных структурных элементов предлагается использовать области изображения, которые соответствуют экстремумам по направлению в плоскостях мультимасштабного представления $D(x, y, \sigma_i)$. То есть использовать экстремум по направлению функций $D(x, y, \sigma = const)$. Данные экстремумы образуют хребты и тальвеги данных функций (далее характерные линии), которые, в свою очередь, соответствуют протяженным деталям изображения. Как следует из свойств оператора DoG такими

детальями могут быть либо границы, либо протяженные области однородной яркости. Причём характер детали можно определить из поведения характерной линии с изменением масштаба σ . Если положение линии изменяется, то она соответствует границе, если положение линии остаётся стабильным – протяжённой области с однородной яркостью.

На рис. 2–4 представлены результаты выделения характерных линий при использовании масштабов сглаживания $\sigma=3,8$ (рис. 2), $\sigma=11,2$ (рис. 3) и $\sigma=33,98$ (рис. 4). Характерные линии выделены белым цветом, их толщина соответствует половине масштаба сглаживания.

Предлагается следующая процедура для выделения дополнительных структурных элементов. В каждой плоскости мультимасштабного представления $D(x, y, \sigma_i)$ производится поиск множества экстремумов по направлению $T = \{p_j = p(x_j, y_j, \sigma_{i,j})\}$ функции $D(x, y, \sigma = const)$. Данное множество разбивается на непересекающиеся подмножества:

$$\bar{T} = \{t_j : \bigcup_j t_j = T; \forall j, k, j \neq k, t_j \cap t_k = \emptyset\},$$

каждое из которых состоит из экстремумов, имеющих одинаковые координаты в плоскости изображения и расположенные в последовательности из соседних плоскостей:

$$t = \{p(x_j, y_j, \sigma_{i,j}) : \forall j, k, j \neq k, (x_j, y_j) = (x_k, y_k); \{\sigma_{i,j} : i = i_1, \dots, i_{N_i}, i_{m+1} = i_m + 1\}\},$$

где N_i – количество экстремумов p в множестве t .

Множество \bar{T} разделяется на два непересекающихся подмножества \bar{T}_{\max} и \bar{T}_{\min} , которые образованы локальными максимумами и минимумами соответственно.

Каждое множество $t_i \subset T$ образует дополнительный структурный элемент. Данный структурный элемент характеризуется координатами в плоскости изображения (x, y) масштабом $\sigma_{extr} = \arg \min_{p(x, y, \sigma)} \max_{p(x, y, \sigma) \in t_i} (D(x, y, \sigma))$

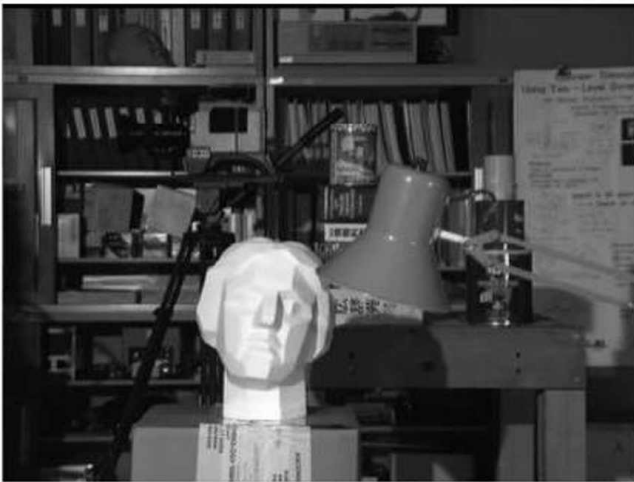


Рис.1. Исходное изображение

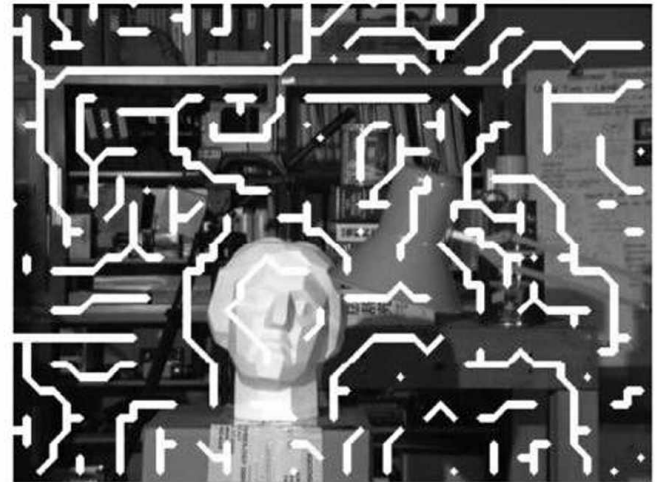


Рис. 3. Характерные линии, выделенные при использовании масштаба сглаживания $\sigma=11,2$

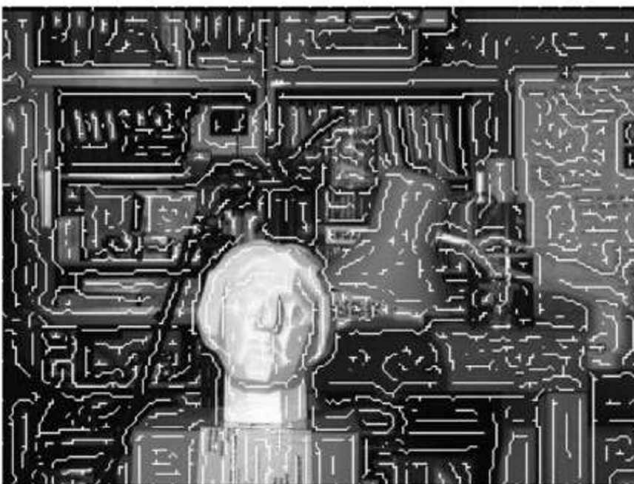


Рис.2. Характерные линии, выделенные при использовании масштаба сглаживания $\sigma=3,8$

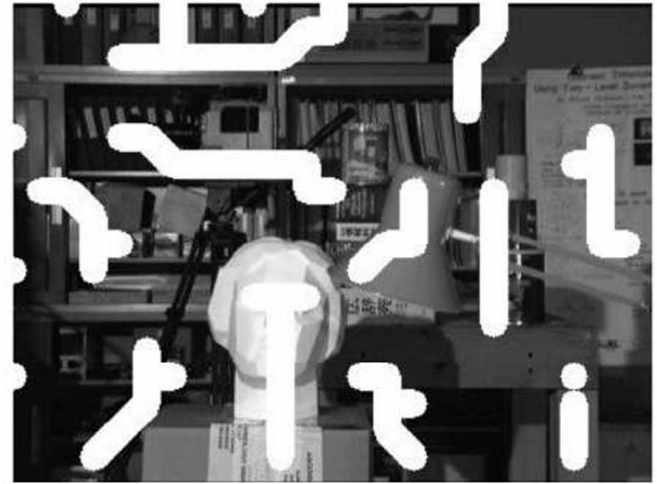


Рис. 4. Характерные линии, выделенные при использовании масштаба сглаживания $\sigma=33,98$

(далее – характерный масштаб). Причём следует учитывать, какого типа экстремумы составляют множество t_i – максимумы или минимумы. Если минимумы, то значение масштаба должно соответствовать минимальному значению $D(x, y, \sigma)$, если максимумы – максимальному. Также данный структурный элемент характеризуется значением $L(x, y, \sigma_{extr})$ – характерной яркостью.

Следует заметить, что $E \subset T$, поскольку экстремум функции $D(x, y, \sigma)$ также является экстремумом по направлению для $D(x, y, \sigma = const)$. Это позволяет описывать локальные черты при помощи дополнительных структурных элементов, расположенных в окрестности их центров.

Поскольку в каждой плоскости мультимасштабно-го представления выделенные экстремумы по направлению образуют характерные линии, то логично структурные элементы объединять так, чтобы они образовывали линии в плоскости изображения.

В соответствии с тем, к какому из подмножеств \bar{T}_{max} и \bar{T}_{min} относятся структурные элементы, разделяются на два типа детали изображения, которым соответствуют структурные элементы.

3. Построение описания изображения

Описание изображения строится на основе применения графа. Пусть граф $G_I^T(V^T, E^T)$ является описанием изображения $I(x, y)$. Каждой вершине данного графа ставится в соответствие структурный элемент, соответствующий множеству t_i . Причём каждой вершине соответствует только один структурный элемент. Ребрами соединяем вершины, если соответствующие им структурные элементы являются соседями.

Соседство разделяется на четыре типа: (1) соседние структурные элементы, относящиеся к одной детали изображения, у которых центры являются соседними пикселями; (2) ближайшие структурные элементы, относящиеся к соседним деталям изображения одного типа; (3) ближайшие структурные элементы, относящиеся к соседним деталям изображения разного типа; (4) структурные элементы, центры которых расположены рядом, и которые преобразуются друг в друга при изменении масштаба сглаживания.

Ребра, отражающие соседство разных типов, маркируются по-разному. Атрибуты вершин отражают свойства структурных элементов – координаты в плоскости изображения, характерные масштаб и яркость. Однако атрибут вершины также может содержать более подробную информацию о множестве t_i , которое соответствует данной вершине. Здесь отражены только те свойства, которые используются в данной работе.

Для того чтобы установить отношения соседства между структурными элементами, используется модифицированное дистанционное преобразование. Данная модификация позволяет определять для каждого пикселя изображения не только расстояние до ближайше-

го объекта, но и индексы этого объекта и его ближайшего структурного элемента (в частности – пикселя).

Как известно [16], дистанционное преобразование позволяет приближённо определять расстояние до объектов на изображении для любых пикселей. Расстояние определяется как длина минимального пути, построенного из элементарных перемещений (по горизонтали, вертикали и диагонали) до объекта.

Строится вспомогательное $F(x, y)$ изображение с такими же размерами, что и у исходного. Каждому пикселю, принадлежащему объекту, присваиваем значение ноль, остальным – бесконечность (на практике – просто очень большое значение).

$$F(x, y) = \begin{cases} 0, & (x, y) \in O \\ \infty, & (x, y) \notin O \end{cases}$$

Для проведения дистанционного преобразования используются различные маски. Рассмотрим наиболее простой случай маски 3×3 , которая соответствует элементарным перемещениям на один пиксель по горизонтали, вертикали и диагонали. Длина перемещения по диагонали приближённо принимается 1,4. Поскольку операции с целыми числами совершаются быстрее, чем с дробными, то длина вертикального и горизонтального перемещений принимается 5, а диагонального – соответственно 7. Таким образом, для дистанционного преобразования используется маска

$$\begin{bmatrix} 7 & 5 & 7 \\ 5 & 0 & 5 \\ 7 & 5 & 7 \end{bmatrix}$$

Затем, начиная от левого края изображения, последовательно для всех колонок выполняется следующая процедура. К значению изображения $D(x, y)$ в пикселе, принадлежащем текущей колонке, прибавляется длина элементарного перемещения, и полученный результат сравнивается со значением в соседнем пикселе, соответствующем перемещению. Если результат суммы меньше, чем значение в соседнем пикселе, то данное значение меняется на полученную сумму. Данная процедура выполняется для всех пикселей колонки.

Поскольку данная процедура выполняется для всех колонок последовательно от левого края к правому, то достаточно рассматривать только перемещения в направлении движения, то есть используется только третий столбец маски.

Затем аналогичные процедуры выполняются от правой стороны изображения к левой, сверху вниз и снизу вверх. В результате каждое значение $F(x, y)$ соответствует примерному расстоянию до ближайшей точки объекта.

Если на изображении несколько объектов, и необходимо помимо расстояния знать и какой из объектов находится ближе всех к данной точке и (или) какая точка объекта, то в вышеописанный алгоритм вносится небольшое дополнение.

Вводится ещё одно дополнительное поле $M(x, y)$. Каждое значение $M(x, y)$ — это индекс (или набор индексов), соответствующий определённому объекту и (или) пикселю объекта.

При начальном заполнении полей каждому значению M в точках (x, y) , принадлежащих объекту (объектам), присваивается значение, соответствующее индексам, идентифицирующим объект и (или) пиксель.

Если при проведении дистанционного преобразования значение $F(x, y)$ меняется, то меняется и $M(x, y)$ на значение, соответствующее текущему пикселю.

Для каждого слоя мультимасштабного представления производится дистанционное преобразование. В качестве выделенных объектов выступают отдельные пиксели, соответствующие экстремумам. Данные пиксели индексируются в соответствии с тем, какому структурному элементу они соответствуют. Таким образом, после проведения дистанционного преобразования каждому пикселю изображения соответствует индекс структурного элемента, к центру которого он находится ближе всего, и значение, соответствующее расстоянию до данного центра.

Чтобы определить, изменилось ли положение экстремума при изменении масштаба, достаточно проверить значение индекса детали пикселя с теми же координатами, что и у рассматриваемого экстремума, но в соседней плоскости мультимасштабного представления. Если индекс изменился — значит экстремум сместился и данный индекс соответствует ближайшей детали. Между данными структурными элементами устанавливается отношение соседства типа (4). Данное отношение отражает иерархию между структурными элементами — та, которая имеет больший характерный масштаб, имеет больший уровень иерархии.

Взаимное расположение структурных элементов определяется также на основе анализа результатов дистанционного преобразования. Для этого необходимо найти пиксели, в которых значения, соответствующие расстоянию до ближайшего экстремума, достигают максимума по направлению. То есть необходимо выделить «хребты» функции дистанционного преобразования $F(x, y)$. Индексы пикселей по разные стороны от данных «хребтов» соответствуют паре структурных элементов, расположенных наиболее близко друг от друга и имеющих тип соседства (2) или (3).

4. Описание отдельных областей

Как показано выше, областям изображения, обладающим однородной яркостью, соответствуют характерные линии, не меняющие своего расположения в плоскости изображения в достаточно большом диапазоне масштабов сглаживания. Таким образом, такой области соответствует связный подграф графа G_I^T , состоящий из вершин, соединённых с друг другом рёбрами типа (1). Поскольку данному подграфу фактиче-

ски соответствует характерная линия (вообще говоря, разветвляющаяся), то для её описания уместно применить аппарат скелетного представления, достаточно хорошо разработанный к настоящему времени.

Отношения соседства между областями изображения определяются из того, какие вершины соединены рёбрами типов (2) и (3). Иерархические отношения, отражающие детализацию областей, определяются рёбрами типа (4).

Таким образом, граф G_I^T позволяет для описания отдельных областей изображения использовать два подхода: первый — на основе скелетного представления, второй — на основе структуры, образуемой структурными элементами более низких уровней иерархии.

5. Восстановление изображения и его отдельных областей

Граф G_I^T позволяет довольно точно восстанавливать исходное изображение. Действительно, поскольку каждый структурный элемент, соответствующий вершинам данного графа, представляет собой область с однородной яркостью и центром в определённой точке плоскости изображения, то представляется возможным восстановить исходное изображение. Однако такое изображение будет лишено мелких деталей, размер которых меньше, чем начальный масштаб сглаживания.

Процедура восстановления проводится по следующему принципу — чем меньше характерный масштаб структурного элемента, тем больший приоритет он имеет при определении яркости конкретного пикселя.

Поскольку целью является исследование возможности восстановления исходного изображения по его описанию в виде графа G_I^T , то используется наиболее простой способ — в центре каждого структурного элемента рисуется окружность с радиусом, равным характерному масштабу и характерной яркостью. Если окружности перекрываются, то яркость общих пикселей определяется характерной яркостью структурного элемента меньшего масштаба. Если масштабы равны — значение яркости в пикселе усредняется.

На рис. 5–7 показаны результаты восстановления изображения (рис. 1), описанного графом G_I^T , построенном на основе мультимасштабного представления, содержащего семь октав по семь масштабов в каждой октаве. Размер исходного изображения 384×288 . Начальное значение масштаба сглаживания — $\sigma_0 = 1,4$. Отражены этапы восстановления, соответствующие минимальному значению характерных масштабов структурных элементов $\sigma = 22,4$ (рис. 5), $\sigma = 6,18$ (рис. 6) и конечный результат при $\sigma = 1,4$ (рис. 7).

Как видно из рис. 5–7, чем меньше минимальный характерный масштаб структурных элементов, используемых для восстановления изображения, тем выше уровень детализации. Как и ожидалось, восстановленное изображение лишено мелких деталей, размер ко-



Рис. 5. Восстановленное изображение, соответствующее минимальному характерному масштабу структурных элементов $\sigma = 22,4$

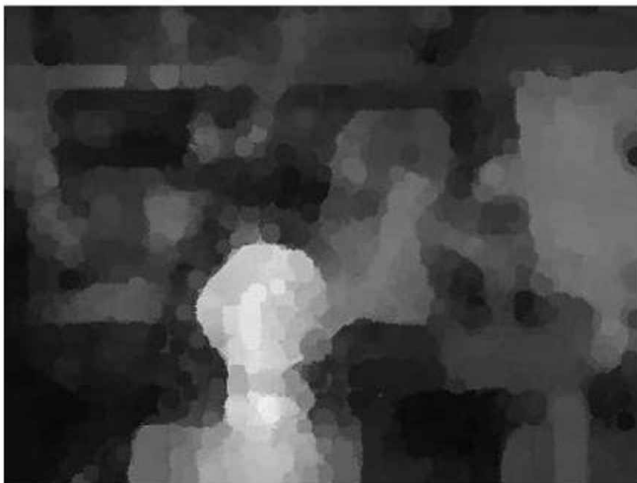


Рис. 6. Восстановленное изображение, соответствующее минимальному характерному масштабу структурных элементов $\sigma = 6,18$

торых меньше минимального масштаба сглаживания. Из-за этого оно выглядит несколько сглаженным по сравнению с исходным (рис. 1). Однако визуальная оценка показывает, что результат восстановления не сильно отличается от оригинала.

Таким же образом возможно и восстановление отдельных областей изображений, которым соответствуют подграфы графа G_I^T . При этом, как и в случае со всем изображением, возможно восстановление с различной степенью детализации, которая отражена в иерархических связях между отдельными структурными элементами и областями.

Это свойство позволяет выделять распознанный объект от фона без дополнительной обработки исходного выражения. Качество восстановленного изображения также отражает адекватность предложенного описания.

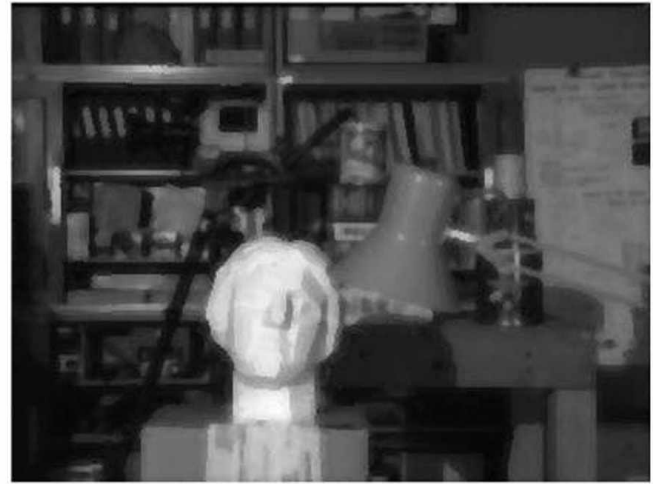


Рис. 7. Восстановленное изображение

Выводы

В работе предложен новый критерий для выделения структурных элементов на основе использования мультимасштабного представления. Данные структурные элементы соответствуют областям изображения, имеющим однородную яркость. Также предложен способ построения описания изображения, предназначенного для распознавания и выделения объектов. Данное описание основано на использовании структурных элементов, выделенных с помощью предложенного критерия. Данное описание представляет собой граф, вершины которого соответствуют отдельным структурным элементам, а рёбра отражают иерархические, пространственные и структурные отношения между ними.

Рассмотрены основные свойства данного графа, которые позволяют использовать для описания характерных областей изображения аппарат скелетного представления и структуру, определяемую структурными элементами нижних уровней иерархии и их отношениями. Также данный граф позволяет восстанавливать как всё изображение, так и его отдельные области. Данное свойство даёт возможность выделять объекты на фоне без использования дополнительной обработки исходного изображения.

Направление дальнейших исследований связано с более глубоким изучением свойств предложенного описания, которые позволяют эффективно проводить распознавание изображений.

Список литературы: 1. *Ozcanli, O.C. and Kimia, B.B.* Generic Object Recognition via Shock Patch Fragments // *BMVC.* – Warwick Print, 2007. – P.1030–1039. 2. *Kaleem Siddiqi.* Shock Graphs and Shape Matching // *International Journal of Computer Vision.* – 1999. – Vol. 35. – № 1. – P. 13–32. 3. *Tagare, H., Vos, F., Jaffe, C., Duncan, J.* Arrangement – a spatial relation between parts for evaluating similarity of tomographic section // *IEEE Trans. PAMI.* – 1995. – Vol. 17. – P.880–893. 4. *David G. Lowe.* Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints // *International Journal of Computer Vision.* – 2004. – Vol. 2, №60. –

P91-110. **5.** David G. Lowe. Local Feature View Clustering for 3D Object Recognition // In Proc. CVPR. – Springer. – 2001. – P.682–688. **6.** David G. Lowe. Local Feature View Clustering for 3D Object Recognition // In Proc. CVPR. – Springer. – 2001. – P.682–688. **7.** Hongli Deng, Wei Zhang, Eric Mortensen, Thomas Dietterich, Linda Shapiro. Principal Curvature-Based Region Detector for Object Recognition // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition – CVPR '07. – 2007 – P.1–8. **8.** Wei Zhang, Hongli Deng, Thomas G. Dietterich and Eric N. Mortensen. A Hierarchical Object Recognition System Based on Multi-scale Principal Curvature Regions // 18th International Conference on Pattern Recognition. – 2006. – Vol. 1 – P.778–782. **9.** Arjan Kuijper, Luc Florack. Logical Filtering in Scale Space // 12th Danish conference on pattern recognition and image analysis. – Copenhagen. – 2003. – P.4–11. **10.** Joes Staal, Stiliyan Kalitzin, Bart ter Haar Romeny, and Max Viergever. Detection of Critical Structures in Scale Space // Proceedings of the Second International Conference on Scale-Space Theories in Computer Vision. – 1999. – P.105 – 116. **11.** Kuijper A., Florack L.M.J., Viergever M.A. Scale Space Hierarchy // Journal of Mathematical Imaging and Vision. – 2003. – Vol. 18, № 2. – P.169–189. **12.** Salden A., Florack L. and Haar B., Koenderink R., Viergever M. Multi-Scale Analysis and Description of Image Structure // Nieuw Archief voor Wiskunde. – 1992. – Vol. 10, № 3. – P.309–326. **13.** Tony Lindeberg, Scale-space: A framework for handling image structures at multiple scales // Proc. CERN School of Computing, Egmond aan Zee. – +The Netherlands. – 1996. **14.** Агарков А. В. Иерархичне представлення зображень для застосування при вирішенні широкого кола проблем // Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів: Восьма всеукр. міжнар. конф. – Київ, 2006. – С. 119–122. **15.** Агарков А. В. Иерархическое представление изображений с помощью графа // Искусственный интеллект. – 2007. – №.1. – С.101–109. **16.** Старовойтов В. В. Локальные геометрические методы цифровой обработки и анализа изображений. – Минск: Институт технической кибернетики НАН Беларуси, 1997. – 284 с. **17.** Р. Дуда, П. Харт. Распознавание образов и анализ сцен. – М.: Мир, 1976. – 511 с.

Поступила в редколлегию 06.03.2009

УДК 004.932

Структурний опис зображень у вигляді графа для рішення задач розпізнавання / А. В. Агарков // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2009. – №1(70). – С. 95–101.

Запропоновано спосіб побудови структурного опису зображення для розпізнавання і виділення об'єктів. Даний опис будується на основі аналізу мультимасштабного представлення, побудованого на основі згортки з функцією Гауса. Запропоновано новий критерій для виділення структурних елементів, на основі яких здійснюється побудова опису зображення. Даний опис відбиває структуру значущих деталей зображення, що відповідають областям з однорідною яскравістю, і дозволяє відновлювати вхідне зображення й окремі його області.

Л.: 7. Бібліогр.: 17 найм.

UDK 004.932

Structural Image Description For Solving Of Recognition Tasks / A.V. Agarkov // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2009. – №1(70). – P. 95–101.

It is proposed new way to construct structural image description, which is based on Gauss multi-scale representation. It is proposed new criterion for extraction of unit extraction that use for image description construction. This image description reflects characteristic image features, which is brightness homogeneous regions.

Fig.: 7. Ref.: 17 items.