

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЛЕВАНТНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕДИАННОЙ ОБРАБОТКИ СТРУКТУРНЫХ ОПИСАНИЙ

Актуальность. Интенсивное развитие и расширение прикладных возможностей современных систем компьютерного зрения требует углубленного исследования и создания более эффективных и универсальных методов обработки визуальной информации. Основные задачи связаны с исследованием и усовершенствованием информационных технологий распознавания в интегрированном пространстве признаков применительно к описаниям в виде множеств дескрипторов ключевых точек (SURF-признаков) изображений, а также необходимостью оценивания результативности распознавания на прикладных образцах.

Цель. Статья сосредоточена на изучении возможности построения и оценивании эффективности применения моделей медианной обработки для осуществления структурного распознавания объектов на изображении в плане получения компрессионного представления данных в пространстве признаков прикладной базы изображений.

Метод. Осуществлена трансформация пространства структурных признаков путем приведения его к векторному пространству в целях повышения быстродействия процесса распознавания. В качестве аппарата преобразования применена медианная обработка описаний с формированием конечного упорядоченного списка дескрипторов. Результатом исследования есть создание метода для формирования и вычисления релевантности описаний изображений в трансформированном пространстве признаков.

Результаты. За счет внедрения медианных характеристик обеспечивается векторное представление, значительно сокращается объем вычислительных затрат и улучшается быстродействие распознавания. Время распознавания в сравнении с традиционным подходом сокращается в сотни раз при сохранении необходимой эффективности.

Проведено моделирование и экспериментальные исследования предложенного метода распознавания на тестовом множестве изображений, представленных описаниями SURF. Подтверждена результативность метода в плане быстродействия, получены сравнительные оценки качества распознавания для разнообразия вариантов обработки.

Выводы. В проведенном исследовании систематизированы и получены перспективные свойства систем распознавания в пространстве структурных признаков изображений. Медианный анализ позволяет вскрыть новые закономерности в эталонной информации в целях эффективного по быстродействию распознавания без снижения показателя результативности.

Научная новизна исследования состоит в синтезе метода структурного распознавания изображений путем применения медианного анализа для формирования сжатого векторного представления для множества дескрипторов в структурном описании изображения. Переход к векторно-списочному виду существенно повышает быстродействие распознавания за счет упрощения обработки.

Практическая ценность работы – получение прикладных программных моделей для модификаций метода структурного распознавания и подтверждение результативности предложенной обработки в конкретных примерах баз изображений.

Ключевые слова: компьютерное зрение, структурное распознавание изображений, множество характерных признаков, дескрипторы, метод SURF, медианная обработка, релевантность описаний, быстродействие распознавания.

НОМЕНКЛАТУРА

SURF – Speeded up robust features (ускоренное выделение устойчивых особенностей);

ХП – характерный признак;

$Z \subset R^n$ – описание объекта;

$\{Z^j\}_{j=1}^J$ – множество (база) эталонных описаний;

$s_j = \text{card}(Z^j)$ – число элементов эталона Z^j ;

m – медиана множества;

$\rho[x(i), v]$ – расстояние между элементами множества;

D – критерий для вычисления медианы;

$R = \{r_{ud}\}$ – симметрическая матрица расстояний раз-

мером $s_i \times s_i$ между всеми элементами Z^i ;

$(x(i), v)$ – скалярное произведение векторов;

$z^* = z_1^*, z_2^*, \dots, z_{s_j}^*$ – список дескрипторов в результате медианной обработки;

μ – значение меры релевантности;

Ψ – мера подобия (расстояние) между векторами, каждая компонента которых является числовым вектором SURF;

H – правило формирования подписков векторов на основе медианной обработки;

Ψ – расстояние между векторами $z_h^*(i, v), z_h^*(k, v)$;

ε_z – значение порога точности для установления равнозначности элементов.

ВВЕДЕНИЕ

В структурных методах распознавания изображений в качестве описания визуального объекта выступают конечные множества числовых векторов – дескрипторов характерных признаков (ХП). Распознавание реализуется путем сопоставления (вычисления релевантности) двух множеств векторов для структурных описаний объекта и эталона. Основной практический способ вычисления подобия множеств – голосование, в результате посчитывается число или доля элементов описания эталонного множества, содержащихся в распознаваемом объекте [1]. Иной способ – применение метрик на множествах, включая аппарат анализа мультимножеств [1–3]. В любом случае невозможно избежать принципа сравнения для элементов «каждый с каждым», что при значительном числе эталонов (сотни) и объемных множествах описаний (каждый эталон состоит из 200–300 ХП) требует ощутимых вычислительных затрат.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Как известно, евклидова норма каждого из элементов множества ХП, сформированного известным методом SURF [6], близка к 1, а среднее значение близко к нулевому вектору, поэтому различение ХП по норме или распознавание эталонов по среднему значению элементов описания не осуществимо [1]. В то же время достаточно информативными есть значения расстояний в пространстве дескрипторов между дескрипторами, составляющими отдельное описание, поэтому в качестве информативной интегральной характеристики могут представлять интерес произвольные функции на множестве расстояний. С этой точки зрения обратим внимание на такую стержневую характеристику, как медиана множества [4]. Применение медианной обработки описания, как показывают наши исследования, позволяет сжать исходное описание одновременно с представлением его в виде списка – вектора дескрипторов, что значительно сокращает требуемый объем вычислений для определения релевантности описаний и распознавания. Если кластеризация осуществляет стратификацию множества ХП по степени близости между собой внутри кластеров, то введенная медианная обработка упорядочивает множество ХП в соответствии с близостью к его медиане.

Целью статьи есть изучение возможности и оценивание эффективности применения методов медианной обработки для осуществления структурного распознавания изображений в плане построения компрессионного представления данных в пространстве признаков прикладной базы изображений. За счет анализа и применения медианных характеристик на множестве структурных элементов обеспечивается переход к векторному представлению, что значительно сокращает объем вычислительных затрат и способствует улучшению быстродействия распознавания.

Задачи исследования – изучение особенностей и усовершенствование информационных технологий распознавания в построенном интегрированном пространстве структурных признаков применительно к описаниям в виде множеств дескрипторов характерных точек изображений, а также оценивание результативности распознавания на прикладных образцах.

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Реальный путь значительного урезания объема вычислений – трансформирование пространства эталонных признаков в пространство векторов [3, 5, 10]. Построенный единственный вектор описания эталона уже представляет некоторую обобщенную информацию о множестве ХП. Каждая компонента такого вектора отображает свойства множества в установленном введенным преобразованием аспекте. Определение релевантности двух векторов или отнесение ХП распознаваемого объекта к одному из векторов эталонов значительно проще в вычислительном плане.

Другой практичный путь снижения объема вычислений связан с редукцией элементов множества ХП – выбор наиболее информативного для распознавания подмножества из множества дескрипторов описания [1, 5].

Построение прикладных систем и технологий распознавания требует применения новых более совершенных методов формирования векторных описаний, наряду с такими подходами, как кластеризация [1, 8], разложение по ортогональным составляющим [2, 3, 9], и редукция множества [5, 10].

3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пусть имеем конечное множество $Z = \{Z^i\}_{i=1}^J$ как базу из J структурных описаний изображений эталонов. Обозначим мощности $s = \text{card } Z$, $s_i = \text{card } Z^i$. При этом

$s = \sum_{i=1}^J s_i$. Описание Z^i – это конечное множество мощностью s_i из векторов-дескрипторов SURF размерностью 64 [3].

Обобщенная медиана m конечного множества $X = \{x(i)\}_{i=1}^s$ определяется путем минимизации функционала D [4]:

$$D(v) = \sum_{x(i) \in X} \rho[x(i), v], \quad (1)$$

$$m = \arg \min_{v \in X} D(v). \quad (2)$$

В общем случае m может не принадлежать X . Значение D тем меньше, чем меньше отличается число элементов справа и слева от значения m по расстоянию до m .

Определим медиану m^i для эталона $Z^i = \{z_1, z_2, \dots, z_{s_i}\}$ с числом элементов s_i как результат процедуры:

1) вычислим симметрическую матрицу $R = \{r_{ud}\}$ расстояний размером $s_i \times s_i$ между всеми элементами Z^i ; на диагонали матрицы R стоят нули;

2) определим суммы D_1, D_2, \dots, D_{s_i} элементов в строках/столбцах матрицы R : $D_u = \sum_{d=1}^{s_i} r_{ud}$;

3) вычислим $m^i = \arg \min_u D_u$.

В результате обработки получаем медиану m^i как один из элементов $m^i \in Z^i$. В целях удобства дальнейшего применения отсортируем элементы структурного описания z_1, z_2, \dots, z_{s_i} по возрастанию значений сумм $D_1 \leq D_2 \leq \dots \leq D_{s_i}$. Определим термин «медианная обработка описания» как преобразование списка дескрипторов структурного описания в соответствии с ранжированным значением критерия D . В отсортированном списке $z^* = z_1^*, z_2^*, \dots, z_{s_i}^*$ медиана m^i множества Z^i будет расположена на первой позиции. Если вместо метрики $\rho[x(i), v]$ при вычислении медианы использовать меру подобия, например, нормированный коэффициент корреляции векторов

$$\gamma[x(i), v] = \frac{(x(i), v)}{\|x(i)\| \cdot \|v\|}, \quad (3)$$

где в числителе стоит скалярное произведение, а в знаменателе – произведение норм векторов, то медиана (2)

будет соответствовать максимуму критерия D , а медианная обработка приведет к ранжированному по убыванию D списку дескрипторов в соответствии с правилом $D_1 > D_2 > \dots > D_{s_i}$. Итак, в результате медианной обработки получаем список $z^* = z_1^*, z_2^*, \dots, z_{s_i}^*$ дескрипторов, упорядоченный по величине критерия (1).

Теперь необходимо ответить на вопрос, насколько информативна медиана структурного описания в плане вычисления уровня релевантности объекта и эталона, а также различения эталонов Z^i между собой? Также нужно показать, какие выгоды можно получить в результате осуществления медианной обработки структурного описания.

На наш взгляд, в общем случае на первый вопрос однозначного ответа или оценок не существует. Например, если эталоны состоят из заранее отличающихся, но одинаковых внутри эталона дескрипторов, то уже по одному представителю (это точно будет медиана) их можно уверенно различать между собой. Но, как показывают наши исследования [1, 3, 5], эталоны как описания произвольных объектов чаще всего состоят из групп достаточно близких между собой элементов. Поэтому в одних ситуациях медианы эталонов могут значительно отличаться, в то время как для других обстоятельств они окажутся достаточно близкими. Согласимся, что в общем случае надежно различить два множества по одному их представителю достаточно сложно, хотя медиана уже является результатом интегрального анализа всего множества. Более универсальным и эффективным способом нам представляется построение по результатам медианной обработки нового списка элементов (подмножества в виде списка), более точно отражающего индивидуальные отличительные свойства исходного множества.

Учитывая, что принцип медианной обработки приводит к строгой фиксации последовательности элементов в преобразованном множестве дескрипторов, появляется уникальная возможность трансформировать исходное описание путем редукции к сжатоному списку признаков, где каждый элемент-дескриптор может быть представлен как компонента вектора фиксированных размеров. В результате определение степени релевантности двух описаний объектов можно будет свести к вычислению подобия двух одинаковых по размеру массивов векторов, что, несомненно, более эффективно в прикладном и вычислительном аспекте, чем сопоставление редуцированных подмножеств элементов описаний.

Проанализируем полученный в результате медианной обработки список дескрипторов $z^* = z_1^*, z_2^*, \dots, z_{s_i}^*$ и обсудим возможные пути построения меры подобия описаний на его основе. Для этого рассмотрим два полных списка $z^*(i), z^*(k)$ дескрипторов для описаний разных объектов, имеющих в общем случае различающиеся объемы.

Предложим варианты построения уровня релевантности для двух списков:

1) вычислим подобие как расстояние или коэффициент корреляции (3) между их медианами, т.е. между первыми элементами списков;

2) по установленному правилу $H : z^* \rightarrow z_h^*$ выберем из каждого списка $z^*(i), z^*(k)$ фиксированное число q элементов и составим редуцированные списки $z_h^*(i), z_h^*(k)$ как массивы из одинакового числа q элементов.

Например, в подсписок z_h^* из $q = 3$ элементов правилом H можно включить первый, средний и последний элементы из списка z^* ; в подсписок из $q = 10$ элементов можно включить первые и последние 3 элемента из каждого списка, а также центральные 4 элемента, и т.п.

В общем случае меру μ релевантности между описаниями $z^*(i), z^*(k)$ определим как подобие или расстояние Ψ между преобразованными списками векторов дескрипторов

$$\mu[z^*(i), z^*(k)] = \Psi[z_h^*(i), z_h^*(k)], \quad (4)$$

каждая компонента которых является числовым вектором SURF. Выражение для Ψ в (4) можно, например, определить как евклидово расстояние

$$\Psi[z_h^*(i), z_h^*(k)] = \sqrt{\sum_{v=1}^q \psi^2(z_h^*(i, v) - z_h^*(k, v))}, \quad (5)$$

где Ψ – в свою очередь, расстояние между векторами $z_h^*(i, v), z_h^*(k, v)$.

В частном случае релевантность μ списков можно также вычислить как

$$\mu[z^*(i), z^*(k)] = \sum_{v=1}^q \psi(z_h^*(i, v), z_h^*(k, v)), \quad (6)$$

т.е. как сумму соответствующих элементов сформированных правилом H подсписков. Как известно, линейная комбинация метрик вида (6) является метрикой [7]. В качестве примера Ψ в (6) можно использовать непосредственно коэффициент (3) или евклидово расстояние. В целях сопоставления для различных q меру (6) нормируют коэффициентом q^{-1} , получив некоторое среднее значение релевантности.

Таким образом, свойство упорядоченности по критерию (1) позволяет перейти от подобия описаний как множеств к более простому виду подобия (4) на основе сформированного списка векторов. В таком случае степень релевантности определяется как функция подобия между «векторами из векторов».

Традиционная мера релевантности, в основе которой лежит голосование элементов эталона путем их сопоставления с элементами описания распознаваемого объекта, отражает значение числа голосов их эквивалентных элементов относительно максимального числа голосов эталона, т.е.

$$\mu[Z^i, Z^*] = \frac{n^*}{s_i}, \quad (7)$$

где n^* – число элементов объекта Z^* , эквивалентных элементам эталона в плане выполнения условия

$$\psi(z(i), z^*) \leq \varepsilon_z, \quad z(i) \in Z^i, z^* \in Z, \quad (8)$$

а значение порога точности ε_z для подобия $\psi(\dots)$ устанавливает равнозначность элементов. При вычислении

коэффициента (3) неравенство в условии (8) изменяет вид: $\gamma(z(i), z^*) > \varepsilon_z$. Значение ε_z является ключевым параметром для всех процедур голосования, т.к. определяет равноценность двух элементов описаний [1].

4 ЭКСПЕРИМЕНТЫ

С прикладной точки зрения представляет интерес изучение результативности распознавания и оценивание быстродействия обработки с применением предложенных модификаций вычисления релевантности на базе применения медианного анализа описаний. В качестве базы изображений использован комплект 6 изображений человек из заставки Google, пример изображения и координат точек характерных признаков его структурного описания показан на рис. 1. На рис. 2 размещен вычисленный вектор медианы для описания изображения рис. 1.

В ходе проведенных экспериментов в сравнительном плане исследовался ряд методов для определения релевантности структурных описаний эталона и изображения:

- 1) голосование множества ХП и вычисление показателя (7);
- 2) модификации (4), (6) на основе медианной обработки при различных значениях параметра q : $q=1$ – на осно-

ве одной медианы; $q=3$ – первый, средний и последний дескриптор отсортированного описания по значению критерия (1); $q=10$, $q=30$ – фиксированное количество дескрипторов описания, отобранных в соответствии с выбранной процедурой сжатия после медианной обработки.

Для вычисления подобия дескрипторов в эксперименте использовался коэффициент корреляции (3). Число ХП в описаниях 6-ти эталонов-человечков, один из которых показан на рис. 1, составило: 198, 206, 183, 184, 174, 173.

Вычислены матрицы релевантности размером 6×6 в базе эталонов для рассмотренных вариантов обработки. Очевидно, что конкретные числовые оценки релевантности напрямую зависят от содержания базы, т.е. результативность распознавания определяется набором различаемых объектов. Максимальное значение среди недиагональных элементов вычисленной матрицы релевантности (оценка уровня ложного совпадения) составило: для голосования – 0,67 (эталон 1,2), для модификаций $q=1$ –0,93 (эталон 4,5), $q=3$ –0,69 (эталон 3,4), $q=10$ –0,7 (эталон 2,3), $q=30$ –0,73 (эталон 2,3). Отсюда видим, что значение характеристики ложного подобия естественно зависит от применяемой меры, показатель для модификации метода при $q=3$ практически совпадает с показателем для традиционного голосования, а



Рисунок 1 – Используемый пример изображения и его множества ХП

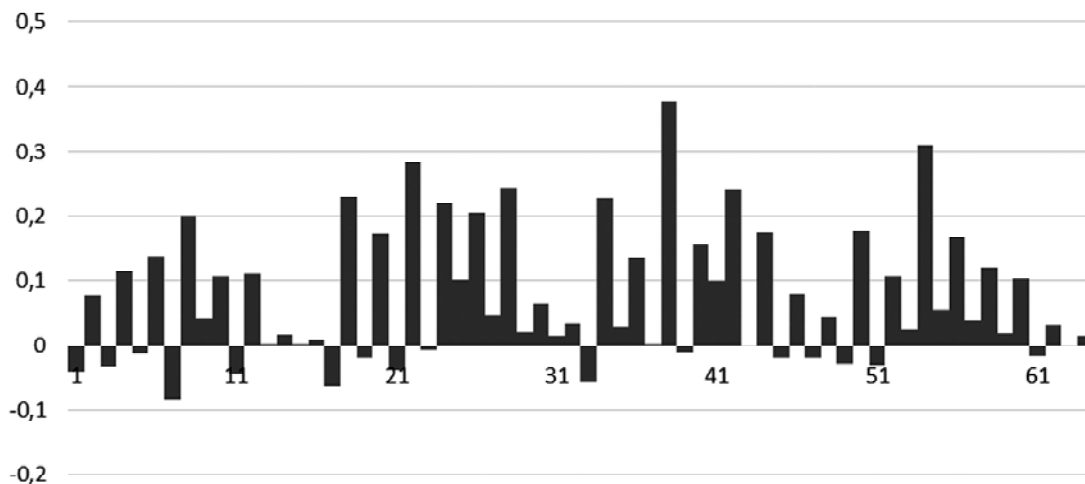


Рисунок 2 – Вектор медианы для описания рис. 1

модификации при $q=10$, $q=30$ практически не улучшают величину показателя ложного совпадения. Даже при представлении описания только одной медианой ($q=1$) объекты изучаемого комплекта изображений различаются между собой, хотя и в меньшей степени. Для некоторых вариантов отбора списка дескрипторов, например, при равномерном выборе из отсортированного списка, максимум среди недиагональных элементов матрицы достигает значения 0,85, обеспечивая уверенное распознавание.

Изучим теперь вопрос быстродействия распознавания с использованием предложенных модификаций медианной обработки структурного описания. Табл. 1 содержит экспериментальные оценки времени вычисления матрицы релевантности для разных вариантов формирования списка.

Таблица 1 – Оценка времени вычисления для вариантов обработки (мс)

Метод обработки	Голосование (7)	Медианная обработка			
		$q=1$	$q=3$	$q=10$	$q=30$
Время (мс)	12029	10	12	13	41

5 РЕЗУЛЬТАТЫ

Как видим из табл. 1, применение медианного анализа за счет перехода в пространство векторов и сопоставление векторов вместо множеств впечатляюще сокращают время обработки (до 1200 раз!) в сравнении с традиционным методом голосования, в то время как показатели результативности распознавания, оцениваемые значениями матрицы релевантности, в рассмотренной прикладной базе изображений практически равнозначны традиционному методу. Такой значительный выигрыш во времени обработки можно объяснить реализацией перехода от модели множеств в описании эталонов к пространству упорядоченных списков дескрипторов с сохранением нужной информативности.

6 ОБСУЖДЕНИЕ

Выигрыш в быстродействии возрастает при увеличении числа эталонов и, естественно, уменьшается с ростом q . Судя по исследуемым вариантам вычислений при разных q , лучшей в плане показателя времени и эффективности есть модификация медианной обработки при $q=3$.

Результативность медианной обработки также подтвердилась в ходе отдельного эксперимента, где входное изображение подвергалось геометрическим преобразованиям поворота и масштабирования, а затем вычислялось значение его релевантности с эталоном для разных модификаций обработки. Если для традиционного метода голосования релевантность снизилась с 1 до 0,7, то для рассмотренных модификаций вычисленные значения составляют: при $q=1-0,9$, $q=3-0,53$. Как видим из результатов этого моделирования на конкретных образцах изображений, даже использование лишь одной медианы ($q=1$, один вектор в списке) обеспечивает необходимую инвариантность к геометрическим преобразованиям и превышает показатели традиционного подхода.

ВЫВОДЫ

Медианный анализ позволяет вскрыть новые закономерности в имеющейся эталонной информации в целях эффективного по быстродействию распознавания без снижения показателя результативности.

Важным прикладным свойством применения медианной обработки есть возможность преобразования структурного описания из множественного представления в список ХП, где зафиксирована последовательность дескрипторов по определенному критерию. Это позволяет свести сравнение описания распознаваемого изображения с эталонными описаниями в виде множеств к векторному виду, отражающему релевантность интегрированных характеристик конечного списка дескрипторов.

Предложенная медианная обработка представляет собой вариант редукции структурного описания с формированием вектора-списка дескрипторов, что значительно образом упрощает и ускоряет процесс сопоставления описаний в ходе распознавания.

Медианная обработка непосредственно подходит для вычисления степени релевантности двух структурных описаний, где исключены ложные включения помеховых элементов. Однако описанную процедуру установления релевантности можно усилить традиционной специальной обработкой, учитывающей такого рода помехи.

Научная новизна исследования состоит в синтезе метода структурного распознавания изображений путем применения медианного анализа для формирования стиснутого векторного представления для множества дескрипторов в структурном описании изображения. Переход к векторно-списочному виду существенно увеличивает быстродействие распознавания за счет упрощения обработки.

Практическая ценность работы – получение прикладных программных моделей для модификаций метода структурного распознавания и подтверждение результативности предложенной обработки в конкретных примерах баз изображений.

Перспективой применения медианного анализа на множестве описаний характерных признаков изображений может быть выбор оптимального способа трансформации списка признаков и построение разнообразия моделей релевантности для обеспечения требуемой результативности распознавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гороховатский В. А. Структурный анализ и интеллектуальная обработка данных в компьютерном зрении : монография / В. А. Гороховатский. – Х. : Компания СМІТ, 2014. – 316 с.
2. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications / R. Szeliski. – London : Springer, 2010. – 979 p.
3. Quality Criteria for Multidimensional Object Recognition Based Upon Distance Matrices / [A. V. Gorokhovatsky, V. A. Gorokhovatsky, A. N. Vlasenko, N. V. Vlasenko] // Telecommunications and Radio Engineering. – 2014. – Vol. 73, No. 18. – P. 1661–1670.
4. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты / Т. Кохонен ; пер. 3-го англ. изд. – М. : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2013. – 655 с.
5. Гороховатский В. А. Систематизация пространства структурных признаков на основе методов самообучения в целях результативного распознавания изображений / В. А. Гороховатский, А. Е. Берестовский, Е. О. Передрий // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2016. – № 2 (37). – С. 87–94.

6. Bay H. Surf: Speeded up robust features / H. Bay, T. Tuytelaars, L. Van Gool // Computer Vision: Ninth European Conference on Computer Vision, Graz, 7–13 May, 2006: proceedings. – Berlin : Springer, 2006. – P. 404–417.
7. Прикладна статистика: Класифікація і зниження розмірності : справ. изд. / [С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин] ; под ред. С. А. Айвазяна. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
8. Proceedings of the 2016 IEEE First International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Lviv, Ukraine, August 23–27, 2016. – Lviv : Publishing House of Lviv Polytechnic National University, 2016. – 418 p.
9. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский [пер. с польского]. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
10. Гороховатский В. А. Применение лингвистических представлений структурных описаний в распознавании изображений / В. А. Гороховатский, М. М. Гридин // Интеллектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2016): матер. міжн. наук. конф., с. Залізний Порт, 24–28 травня 2016. – Херсон : ПП Вишемирський В. С. – С. 271–273.

Статья поступила в редакцию 04.09.2016.
После доработки 19.10.2016.

Гороховатський В. О.

Д-р техн. наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій, Харківський навчально-науковий інститут ДВНЗ «Університет банківської справи», Харків, Україна

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ РЕЛЕВАНТНОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ МЕДІАННОГО ОБРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНИХ ОПИСІВ

Актуальність. Інтенсивний розвиток і розширення прикладних можливостей сучасних систем комп'ютерного зору вимагає поглибленого дослідження і створення більш ефективних і універсальних методів обробки візуальної інформації. Основні завдання пов'язані з дослідженням та удосконаленням інформаційних технологій розпізнавання в інтегрованому просторі ознак стосовно до описів у вигляді множин дескрипторів ключових точок (SURF-ознак) зображень, а також необхідністю оцінювання результативності розпізнавання на прикладних зразках.

Мета. Стаття зосереджена на вивченні можливості побудови і оцінюванні ефективності застосування моделей медіанної обробки для здійснення структурного розпізнавання об'єктів на зображенні в плані отримання компресійного представлення даних у просторі ознак прикладної бази зображень.

Метод. Здійснено трансформацію простору структурних ознак шляхом приведення його до векторного простору з метою підвищення швидкодії процесу розпізнавання. Як апарат перетворення застосована медіанна обробка описів з формуванням кінцевого впорядкованого списку дескрипторів. Результатом дослідження є створення методу для формування і обчислення релевантності описів зображень у трансформованому просторі ознак.

Результати. За рахунок впровадження медіанних характеристик забезпечується векторне подання, значно скорочується обсяг обчислювальних витрат і поліпшується швидкість розпізнавання. Час розпізнавання в порівнянні з традиційним підходом скорочується в сотні разів при збереженні необхідної ефективності.

Проведено моделювання та експериментальні дослідження запропонованого методу розпізнавання на тестовій множині зображень, представлених описами SURF. Підтверджено результативність методу в плані швидкодії, отримані порівняльні оцінки якості розпізнавання для різноманіття варіантів обробки.

Висновки. У проведеному дослідженні систематизовані і отримані перспективні властивості систем розпізнавання в просторі структурних ознак зображень. Медіанний аналіз дозволяє розкрити нові закономірності в еталонній інформації в цілях ефективного за швидкістю розпізнавання без зниження показника результативності.

Наукова новизна дослідження полягає в синтезі методу структурного розпізнавання зображень шляхом застосування медіанного аналізу для формування стислого векторного представлення для множини дескрипторів у структурному описі зображення. Перехід до векторно-спискового виду істотно підвищує швидкість розпізнавання за рахунок спрощення обробки.

Практична значущість роботи – отримання прикладних програмних моделей для модифікацій методу структурного розпізнавання і підтвердження результативності запропонованої обробки в конкретних прикладах баз зображень.

Ключові слова: комп'ютерний зір, структурне розпізнавання зображень, множина характерних ознак, дескриптори, метод SURF, медіанне оброблення, релевантність описів, швидкість розпізнавання.

Gorokhovatsky V. A.

Dr.Sc., Professor, Professor of the Information Technologies Department, Kharkiv Educational and Scientific Institute SHEI «The University of Banking», Kharkiv, Ukraine

METHODS OF RELEVANT IMAGES SEARCH BASED ON THE MEDIAN PROCESSING OF STRUCTURAL DESCRIPTIONS

Context. Intensive development and expansion of the application possibilities of modern computer vision systems requires in-depth research and creation of more efficient and versatile visual information processing methods. The main problems are related with the research and improvement of information recognition technology in an integrated feature space with regard to the descriptions in the form of image point set descriptors (SURF-features), as well as the necessity of recognition performance estimation in a practical applications.

Objective. Article is focused on the research of possibility of constructing and evaluating the effectiveness of median processing models to perform structural recognition of objects in the image in terms of obtaining a compression data in feature space of image database.

Method. Transformation of space structural features into vector space in order to increase the speed of the recognition process was proposed. Median processing of descriptions to form ordered finite list of descriptors was proposed as transform method. The result is the creation of method to form and calculate the relevance of image descriptions in the transformed feature space.

Results. Implementation of median characteristics analysis to form vector representation allowed to reduce the amount of computing costs significantly and improve recognition performance. Recognition time in comparison with the traditional approach is reduced hundreds of times preserving required efficiency.

Simulation and experimental research of the proposed recognition method on the test dataset was performed on the basis of SURF descriptions. Effectiveness in terms of performance is confirmed, comparative evaluation of the quality of recognition for a variety of treatment options is obtained.

Conclusions. Perspective properties recognition systems in the space of the structural features of images are systematized. The median analysis allows to reveal new patterns in initial information to provide effective fast recognition.

Scientific novelty of research is the method of structural image recognition by applying the median analysis to form compressed vector representation of set of descriptors in the structural description of an image. Move to the vector-listed view considerably improves performance by simplifying recognition processing.

Application value of the work is to provide practical programming models for the modification of structural method for detection and confirmation of the effectiveness of the proposed approach in the specific datasets.

Keywords: computer vision, structural image recognition, set of characteristic features, descriptors, SURF, median processing, relevant definitions, recognition performance.

REFERENCES

1. Gorokhovatsky V. Strukturny'j analiz i intelektual'naya obrabotka danny'x v komp'yuternom zrenii: monografiya. Kharkiv, Kompaniya SMIT, 2014, 316 p.
2. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. London, Springer, 2010, 979 p.
3. Gorokhovatsky A. V., Gorokhovatsky V. A., Vlasenko A. N., Vlasenko N. V. Quality Criteria for Multidimensional Object Recognition Based Upon Distance Matrices, *Telecommunications and Radio Engineering*, 2014, Vol. 73, No 18, pp. 1661–1670.
4. Koxonen T. Samoorganizuyushiesya karty' ; per. 3-go angl. izd. Moscow, BINOM. Laboratoriya znaniy, 2013, 655 p.
5. Gorokhovatsky V. A., Berestovsky A. E., Peredriy E. O. Systematyzatsiya prostoru strukturnykh oznak na osnovi metodiv samonavchannya z metoyu rezul'tatyvnoho rozpiznavannya zobrazen', *Radioelektronika, informatyka, upravlinnya*, 2016, No. 2 (37), pp. 87–94 .
6. Bay H., Tuytelaars T., Van Gool L. Surf: Speeded up robust features, *Computer Vision: Ninth European Conference on Computer Vision, Graz, 7–13 May, 2006: proceedings*. Berlin, Springer, 2006, pp. 404–417.
7. Ayvazyan S. A., Bukhshtaber V. M., Enyukov I. S., Meshalkyn L. D. ; pid red. S. A. Ayvazyana Prykladna statystyka: Klasyfikatsiya ta znyzhennya rozmirnosti: dovid. yzd. Moscow, Finansy i statystyka, 1989, 607 p.
8. Proceedings of the 2016 IEEE First International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Lviv, Ukraine, August 23–27, 2016. Lviv, Publishing House of Lviv Polytechnic National University, 2016, 418 p.
9. Osovskyy S. per. z pol's'koho Neyronni merezhi dlya obrobky informatsiyi. Moscow, Finansy i statystyka, 2002, 344 p.
10. Gorokhovatsky V. A., Hridin M. M. Zastosuvannya lnhvistychnykh uyavlen' strukturnykh opysiv v rozpiznavanni zobrazen', *Intelektual'ni systemy Prynyattya Rishen' ta problemy Obchyslyval'nogo intelektu (ISDMCI'2016): mater. mizhn. nauk. konf., s. Zaliznyy Port, 24–28 travnya 2016*. Kherson, PP Vishemirs'kiy V. S., pp. 271–273.