

НОВАЯ РУБРИКА: «ПЕРВЫЕ ШАГИ В НАУКЕ»

УДК 004.932

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФАКТОРА НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ПРИЗНАКОВ НА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИХ АНАЛИЗА

Зуев В.В., аспирант кафедры САПР ВС, Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета, zuev_v.lan@mit.ru, Zuev-V-V@yandex.ru

Жизнякав А.Л., научный руководитель, зав. кафедрой САПР ЭС, Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета, д.т.н.

Ключевые слова: контуры, изображения, размерность, наследственность признаков, эквализация,

Актуальность темы

Зрительные образы являются для человека основой восприятия окружающего мира. Поэтому во многих отраслях науки и техники изображения являются основным источником информации об исследуемом объекте или явлении. На сегодняшний день, в связи с постоянно растущим потоком этой информации и повышением требований к точности и оперативности извлечения необходимых данных, обработка разного рода изображений немыслима без использования средств вычислительной техники.

При анализе изображений одной из основных проблем является значительный объем входных данных. Решением этой проблемы является обработка не всех пикселей изображения, а наиболее информативной части. Такой частью являются, например, контуры. Контурный анализ представляет собой совокупность методов выделения, преобразования и описания контуров изображений. Контуры изображений рассматриваются как k -мерные векторы, т.е. вектор-контуры. Для того, чтобы обработать контур на ЭВМ, его необходимо закодировать. В [1] рассматриваются некоторые виды кодирования контуров, а именно: а) код Фримена, б) двумерный код, в) полигональное представление, г) комплексно-значный код. Наиболее универсальным для сравнения контуров считается пространство комплексных векторов C^k . Это пространство инвариантно к сдвигу, повороту и изменению масштаба контура. Для сравнения контуров в пространстве предлагается использовать свойство нормированного скалярного произведения (НСП), единичное значение которого обозначает идентичность сравниваемых контуров, а нулевое их полное несоответствие.

Для этого вычисляют взаимнокорреляционную функцию (ВКФ) двух анализируемых контуров, и максимальное значение полученной функции принимают за меру близости. Операция вычисления ВКФ является трудоемкой, и для пространства C^k количество обращений к элементам вектора составляет k^2 .

В данной статье предлагается подход, позволяющий значительно сократить количество обращений к элементам контура, а значит и трудоемкость алгоритма вычисления ВКФ.

На основании экспериментальных исследований процессов, протекающих при эквализации контура к новой размерности, предлагается подход к обработке изображений, основанный на использовании фактора наследственности контура при его эквализации к различным размерностям.

Выявление фактора наследственности

Эквализацией называется процедура выравнивания размерности двух вектор-контуров [1]. Причем дополнительных условий на способ выравнивания эквализация не накладывает. Основным моментом является одинаковая размерность получаемых вектор-контуров. Обычно, после операции выделения, вектор-контур состоит из элементарных векторов. Элементарные векторы соединяют центры соседних пикселей, принадлежащих линии контура. Часто такое представление контура является избыточным, и контур можно описать ВК меньшей размерности без потери информации или с незначительной потерей.

Пусть требуется найти меру близости для двух контуров размерностей k_1 и k_2 для различных размерностей. Проведем эквализацию контуров в пространства размерностями $L = \{3, \dots, \max(k_1, k_2)\}$. Вычислим для каждой размерности пространства ВКФ. На рис.1 представлен график значения меры близости пары контуров тестовых изображений в зависимости от размерности пространства L и смещения начального элементарного вектора. Явно видно, что общий вид ВКФ при различных размерностях пространства имеет большую степень подобию.

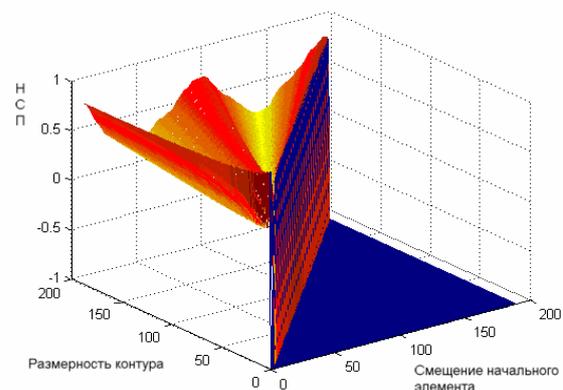
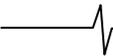


Рис. 1. График «Размерность контура, смещение индекса, значение НСП» для двух контуров. Значение «-1» присваивалось для значения НСП при смещении начального элемента контура, превышающем мерность пространства.



В [2] описана теория, позволяющая обосновать полученное подобие. Эквализация подразумевает преобразование размерности контура в один этап, т.е. из контура размерности k получается контур размерности m . Обозначим это преобразование как некоторый оператор $T_{k,m}$.

Сам процесс можно проводить и поэтапно, то есть проводить преобразование вектора не к размерности m , а к некоторой промежуточной размерности m' такой, что:

$$m' \in \begin{cases} \{m+1, \dots, k-1\}, k > m \\ \{k+1, \dots, m-1\}, k < m \end{cases}$$

где m' , m , k - размерности векторов.

При таком подходе преобразование $T_{k,m}$ изображения контура V^k в контур V^m можно представить в виде некоторой последовательности:

$$V^m = \text{last} \left(\left\{ T_{k,m_1} V^k, T_{m_1,m_2} V^{m_1}, \dots, T_{m_{i-1},m_i} V^{m_{i-1}}, T_{m_i,m} V^{m_i} \right\} \right).$$

Здесь: T - оператор преобразования, $k, m_1, m_2, m(i-1), m_i, m$ - размерности векторов, i - некоторый индекс, last - функция выбора последнего элемента последовательности.

В [2] указывается, что в таком случае можно говорить о наличии фактора наследственности. Наследственность признака выражается в том, что на подпоследовательности изображений содержится один и тот же признак с различной степенью отчетливости. На рис. 1 фактор наследственности выражен в гомотетии ВКФ для различных пространств.

Исследование изменения значения меры близости при эквализации ВК

Поскольку сравнение контуров основано на вычислении их меры близости, то необходимо проанализировать её изменение при эквализации контуров в пространства различной размерности.

В результате экспериментальной проверки было получено:

1) Мера близости контура с самим собой равна 1 при любой размерности пространства. Это очевидный результат, поскольку результат эквализации контура один и тот же.

2) Мера близости двух различных контуров при уменьшении их размерности имеет тенденцию к увеличению с незначительными осцилляциями, что отображено на рис. 2. Но такая зависимость может нарушаться локальными уменьшениями различной степени (рис. 3а) или значительными осцилляциями, как показано на рис. 3б.

3) Для определения наличия влияния начального элемента контура было вычислено значение автокорреляционной функции $AK\Phi(25)$ для вектор-контура изображения. Результат показан на рис. 4. Это единственный случай, когда наблюдается общее уменьшение меры сходства.

Во всех случаях при уменьшении размерности пространства в 2 раза значительного изменения меры близости не происходит. Как показали расчеты, максимальное абсолютное отклонение составляет 0,0153, а относительное 0,0196.

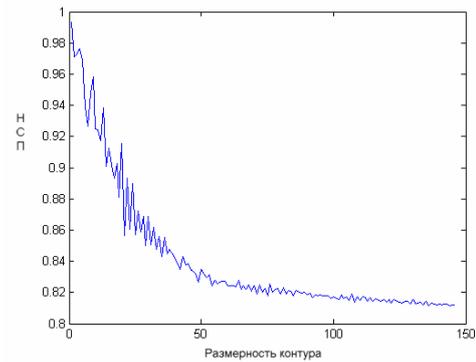
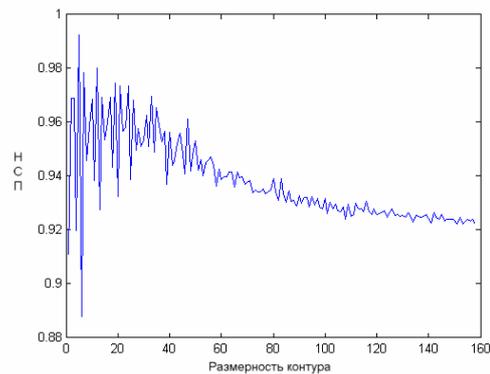
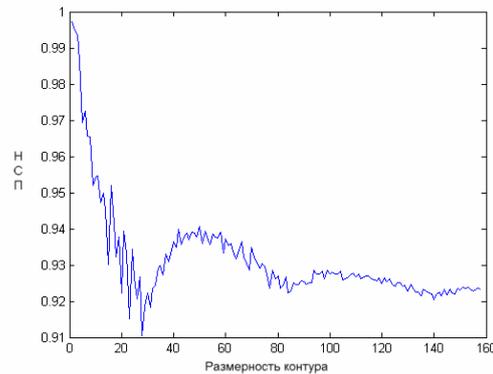


Рис. 2. Зависимость меры близости двух контуров от размерности пространства.



а) значительные осцилляции значения меры близости



б) локальные уменьшения значения меры близости

Рис. 3. Зависимость меры близости двух контуров от размерности пространства. По оси X отложена размерность контуров, по Y мера близости.

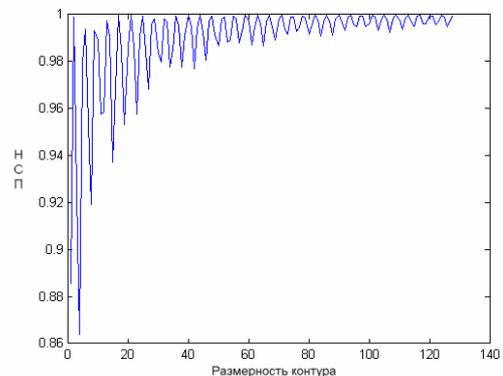


Рис. 4. Значение меры близости двух одинаковых контуров с различным начальным элементарным вектором. По оси X отложена размерность контуров, по Y мера близости вектор-контуров.

Стоит отметить, что при эквализации контура происходят незначительные искажения, которые, постепенно накапливаясь, могут изменять значение меры близости контуров, поэтому необходимо уметь оценивать её изменение.

Исследование влияния количества последовательных эквализаций вектор-контуров на значение их меры близости

Как было сказано выше, эквализацию ВК можно проводить не в один, а в несколько этапов. В литературе нет исследований по этому вопросу. Необходимость исследования этого вопроса можно проиллюстрировать на следующем примере. Пусть на изображении дано n ВК различной размерности. Необходимо сравнить попарно все представленные контуры. Первый способ заключается в том, что все пары контуров сравниваются независимо, то есть для некоторого фиксированного вектора V (для определённости с максимальной размерностью m) необходимо провести $n-1$ эквализаций. Соответственно количество обращений к элементам контура будет равно $(n-1)*m$. Другой способ работы заключается в том, что для каждой пары векторов эквализировать можно не исходный вектор V , а вектор V_i , полученный эквализацией вектора V к меньшей размерности. Тогда количество обращений к элементам вектора сократится и будет меньше $(n-1)*m$. При этом, однако, неизвестно, как будут соотноситься значения меры близости контуров, полученные первым и вторым способом. Возникает необходимость выбора, какой вариант работы предпочесть? Данное исследование призвано ответить на этот вопрос. Исследование проводилось по следующей схеме. Для двух контуров вычислялась мера близости из размерности n к размерности m , получаемая последовательной эквализацией с шагом в 1,2,3,... $n-m$ размерности. Результаты исследований представлены на рис. 5.

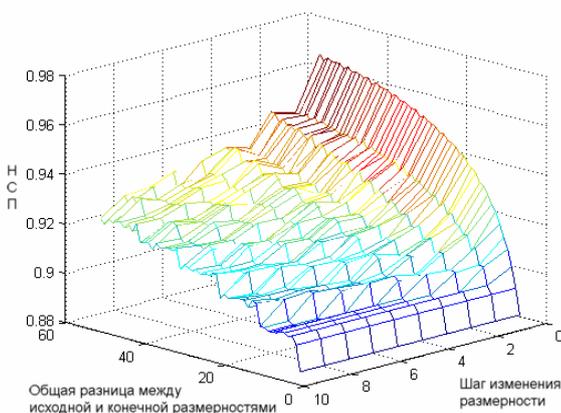


Рис. 5. График влияния количества последовательных эквализаций контуров на значение их меры близости.

Из рис. 5 видна общая зависимость, которую можно сформулировать следующим образом: чем больше промежуточных эквализаций контуров, тем меньше точность значения меры близости контуров.

Поэтому, если аппаратных ресурсов достаточно, то рекомендуется первый способ сравнения множества контуров, иначе при втором способе работы необходимо учитывать, что полученная мера близости будет иметь завышенное значение.

Исследование изменения энергии контура при изменении размерности пространства

Важной характеристикой вектор-контура является его энергия. На рис. 6 показано изменение значения энергии вектор-контура при эквализации к различным размерностям, с учетом разного начального элементарного вектора.

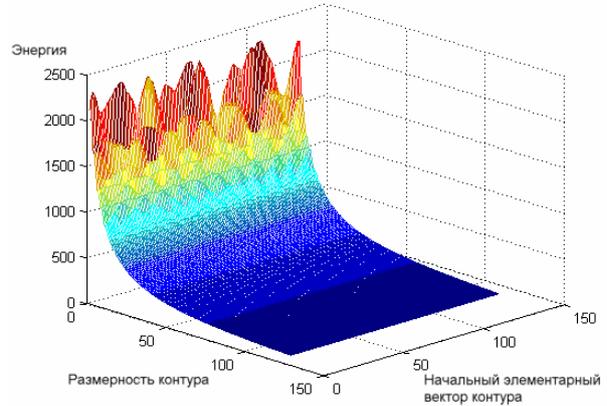


Рис. 6. Изменение значения энергии вектор-контура, при его эквализации к различным размерностям, с учетом разного начального элементарного вектора.

Из рис.6 видно, что при уменьшении размерности пространства модуль вектора контура увеличивается, но в значительной мере зависит от начального элементарного вектора при малых значениях размерности.

Пусть имеются вектор-контур V_1 размерности m , у которого длины всех элементарных векторов равны приблизительно b , и вектор-контур V_2 , полученный эквализацией вектора V_1 к размерности n . Предположим, что длины элементарных векторов V_2 приблизительно равны, а также равны длины контуров V_1 и V_2 . Пусть $m/n = a$. Вычислим отношение энергии вектор-контура V_2 к энергии вектор-контура V_1

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{b^2 \cdot m}{b^2 \cdot m^2 / n} = \frac{n}{m} = \frac{1}{a}.$$

Таким образом, изменение энергии контура при эквализации обратно пропорционально изменению размерности вектор-контура. Результат экспериментальной проверки представлен на рис.7.

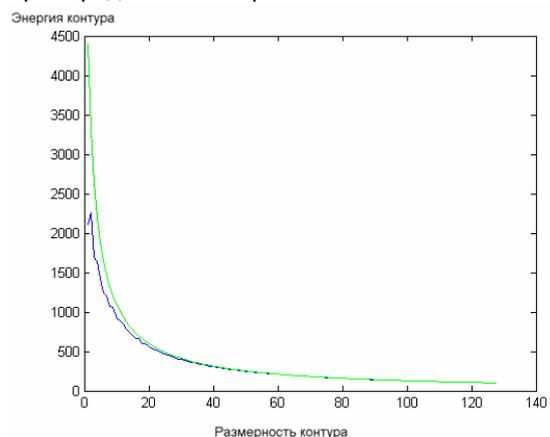


Рис.7. Графики изменения значения энергии вектор-контура в зависимости от размерности вектор-контура.

Как видно из рис.7, расхождение наблюдается только при малых размерностях пространства. Данное свойство можно использовать при расчете меры близости контуров.

Оценка выигрыша в производительности

Наличие фактора наследственности при эквализации контура позволяет обрабатывать контур в пространствах меньших размерностей, тем самым, экономя вычислительные ресурсы.

Предположим, что размерность контуров сокращается в a раз, т.е. $m = n/a$. Также учтем, что для эквализации предложенной в [1] необходимо $2n$ обращений к элементам контура. В связи с этим рассчитаем выигрыш W в трудоемкости алгоритма по обращению к элементам контура

$$W = n^2 - 2n - \left(\frac{n}{a}\right)^2.$$

Отсюда

$$W = \frac{(a^2 - 1)n^2}{a^2} - 2n.$$

Для выигрыша в производительности необходимо $W > 0$.

Полученное неравенство с параметром a и неизвестным n , которое определяет эффективность вычислений, будет выглядеть следующим образом

$$\kappa(a)n - 2 > 0,$$

где $\kappa(a) = (a^2 - 1)/a^2$ - некоторый постоянный коэффициент, при заданном a .

Как видно, для определения эффективности эквализации контура к размерности $m = n/a$, необходимо решить линейное неравенство относительно n . С другой стороны, для заданного контура размерности n можно найти предельное значение A , которое является граничным, т.е. при $a > A$ эффективность преобразования теряется, а при $a < A$ вычисления являются эффективными.

Заключение

В данной статье исследуется фактор наследственности признака изображения «контур» при эквализации признака к различным размерностям. Выявляются зависимости значения меры близости контуров изображения, изменение энергии контура, влияние количества последовательных эквализаций контура при изменении размерности исходного эталонного контура. На основе полученных результатов исследования предлагается подход к обработке изображений и оценка эффективности применения предложенного подхода.

Литература

1. Фурман Я.А. Основы теории обработки контуров изображений: Учебное пособие. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 1997. - 255с.

2. Жизняков А.Л. Теоретические основы обработки много-масштабных последовательностей цифровых изображений : монография / А.Л. Жизняков, С.С.Садыков; Владим. гос. ун-т.– Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008.- 121с.
3. Зуев В.В. Обработка изображений на основе базисов операторов. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. А.Н. Пылькина – М.:Горячая линия – Телеком, 2009. 148с.

THE POSSIBILITIES OF THE FACTOR OF THE INHERITANCE OF ATTRIBUTES USING ON IMAGES SEQUENCES FOR THEIR ANALYSIS

V.V. Zuev, Murom Institute of the Vladimir State University

While images analyzing one of fundamental problem is high capacity of the input. Solving of this problem is processing the most informative part instead all image pixels. Such part is edges. For edges processing on the computer we must encode it. In the [1] paper some edges encoding types are reviewed including: a) Freeman code; b) two-dimensional code; 3) polygonal representation; 4) complex-valued code. The complex vector C^k space is considered the most universal for the edges comparing. The space is invariant to shift, scaling and rotation of edges. For edges comparing it is proposed to use the property of normed scalar multiplication (NSM); unit value for which means identity of comparing edges and zero one means full incongruence of them.

For that it is computed the cross-correlation function (CCF) of two analyzed edges and the maximum function value is taken as the closeness measure. The CCF computing operation is too much laborious and for space C^k amount of addressing to vector elements is k^2 . In this article the approach is proposed then allows reducing of addresses amount to edges elements as well as laboriousness of CCF-algorithm computing. Usually after the CC allocation it consists of elementary vectors (EV). Often that edge representation is redundant and we can describe the edge by smaller dimension CC without information losing or with insignificant losing. Equalization is the procedure of dimension alignment of two edges [1]. It can be used for reduction of the information.

In given article the opportunity of use of a heredity of a contour is analyzed at it equalization in spaces of various dimension on sequence of images.

In the [2] the theory that allows to prove the given similarity is described.

The inheritance presence at the edge equalization allows to process the edge in the spaces with fewer dimensions thereby economized computing resources.