

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»
«Институт информационных технологий»
Кафедра физико-математических дисциплин

А. И. Митюхин

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И ОПИСАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к лабораторной работе

Минск БГУИР 2020

УДК [621.39+004.932](076)
ББК 32.811я73+32.973.26-018.2я73
М67

Митюхин, А. И.

М67 Представление и описание изображений: метод. пособие к
лаб. работе / А. И. Митюхин. – Минск : БГУИР, 2020. –
18 с. : ил.
ISBN 978-585-543-190-0.

Рассмотрен вычислительный алгоритм сжатия изображений с использованием дискретного преобразования Хартли. Представлено одно из направлений теории информации – спектральный анализ с целью сжатия изображений. Вычислительный алгоритм изложен на основе практического использования математического аппарата.

УДК [621.391+004.932](076)
ББК32.811я73+32.973.26-018.2я73

ISBN 978-985-543-190-0

©Митюхин А. И., 2020
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2020

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение алгоритма описания формы объекта на изображении посредством спектральных дескрипторов. Решение задачи эффективного описания границы объекта с использованием дискретных преобразований Хартли (ДПХ) и Фурье (ДПФ).

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Введение

Задача описания формы объекта на изображении возникает при необходимости распознавания или идентификации отдельных областей или объектов на изображениях, когда важны очертания объектов присутствующих на изображении, а детали, содержащиеся внутри объектов или внутри фона, не представляют интереса. В определенных приложениях (топография, экологический мониторинг, анализ медицинских изображений и др.) для снижения объема массива данных, описывающих объект, желательно заменить множество пикселей, изображающих объект, описанием его границы. Например, возможный подход к решению проблемы стандартизации цитологической диагностики основывается на применении методов и техники распознавания образов объектов – контуров границ, областей, текстурных признаков ядра, клетки и пр. Представление границами подходит для тех случаев, когда в центре внимания находятся такие геометрические характеристики объекта как длина границы, изгибы, очертания, число вогнутостей границы. Граница является полным и компактным представлением геометрии объекта. По границе можно выделить дополнительные параметры формы. Представление областями более уместно, если акцент делается на внутренних характерных признаках, например, ядра клетки. Описание формы объекта не имеет широкого применения на практике, если непосредственное вычисление параметров формы представляется чрезмерно сложным и громоздким.

1.2. Спектральный метод кодирования сигналов

Важным для практики эффективного описания сигналов (коррелированных данных) является подход, в котором представление формы строится путем сведения ее к спектральным признакам (дескрипторам).

В общем случае, этот подход соответствует спектральному методу кодирования одномерных сигналов, например, аудио процессов, двумерных сигналов (изображений). Спектральные методы кодирования сигналов основаны на том, что цифровой эквивалент аналогового сигнала путем соответствующего линейного ортогонального преобразования может быть приведен к виду, который позволяет устранить избыточность многих реальных сигналов. Повышение эффективности описания связано со следующими факторами:

– после линейного ортогонального преобразования исходных коррелированных данных значения ряда коэффициентов преобразования (трансформант)

становятся настолько малыми по величине, что их можно отбросить (отфильтровать) без практически заметного ухудшения качества восстанавливаемых данных или сигналов 1D, 2D;

- в процессе линейного ортогонального преобразования коррелированных данных осуществляется их декорреляция, обеспечивающая повышение эффективности кодирования и тем самым эффективности описания исходных данных;

- различные методы квантования коэффициентов преобразования позволяют существенно сократить объем передаваемой (хранимой) информации без заметного ухудшения качества сигналов при их восстановлении посредством применения к передаваемым (хранимым) трансформантам обратного линейного ортогонального преобразования.

Сущность спектральных методов кодирования 1D, 2D сигналов заключается в том, что кодируется и передается (хранится) не сам сигнал, а значения трансформант. В процессе ортогонального преобразования сигнала, имеющего сильные корреляционные связи между смежными или близкими его составляющими (отсчетами), происходит декорреляция. Значения трансформант оказываются практически некоррелированными. В отличие от исходных данных, для которых характерно в среднем равномерное распределение энергии между составляющими сигнала, распределение энергии между трансформантами резко неравномерно. Основная энергия сигнала в области преобразований приходится на коэффициенты с малыми номерами (индексами), т.е. в области низких частот для 1D сигналов или в области низких пространственных частот для 2D сигналов. В дальнейшем коэффициенты, имеющие малую амплитуду опускаются либо квантуются на малое число уровней, что позволяет использовать меньшую длину кода для их передачи (хранения).

В качестве признаков, участвующих в описании, в сопоставлении с конкретным образом и при разделении классифицируемых изображений могут выступать коэффициенты известного преобразования Фурье (Фурье-дескрипторы). Однако ДПФ обладает таким недостатком как необходимость работы с комплексными числами, что приводит к удвоению комплексных вычислений. Вычислительная сложность еще более возрастает, когда ДПФ выполняется по каждой независимой переменной.

Описание объекта (границы области – после сегментации изображений) выполняется на основе точечных, линейных (одномерных) и двумерных представлений. Линейные и двумерные объекты могут представляться в виде замкнутых внешних и внутренних контуров. Пространственные данные, описывающие границу, могут иметь высокую размерность. Тогда на этапе получения признаков распознавания, вычислительная и временная сложность обработки еще более возрастает. С целью упрощения обработки, процесса классификации образа объекта следует понижать размерность входа классификатора. Одним из приемов снижения вычислительной сложности является устранение пространственной избыточности, уменьшение количества анализируемых признаков. Понижать размерность следует таким образом, чтобы сопутствующее этому увеличение ошибки распознавания было относительно невелико.

Как известно, среди всех линейных преобразований данных оптимальным по отношению к критерию наименьшего значения среднеквадратической ошибки при неполной размерности (неточном задании координат) является декоррелирующее преобразование Хотеллинга. Однако это преобразование не обладает быстрыми алгоритмами вычисления, что затрудняет его практическое использование в определенных приложениях.

В отличие от ДПФ, ядро ДПХ выражается действительными числами. Кроме того, в отличие от ДПФ прямое и обратное преобразования совпадают. Применительно к вещественным данным изображения обеспечивается значительная экономия вычислительных и временных ресурсов, упрощается обработка сигналов. Если форма границы не имеет резких изломов, Хартли-дескрипторы подходят для эффективного описания объекта изображения.

1.3. Хартли-дескрипторы

В отличие от ДПФ, ортогональный базис Хартли, заданный на интервале из N точек $0, 1, \dots, N - 1$, выражается действительными числами

$$h_n = \text{cas}\left(\frac{2\pi v n}{N}\right) = \cos\left(\frac{2\pi v n}{N}\right) + \sin\left(\frac{2\pi v n}{N}\right), \quad (1)$$

для $n, v \in \{0, 1, \dots, N - 1\}$.

Параметр N соответствует периоду обрабатываемого дискретного сигнала $g_n = \{g_0, g_1, \dots, g_{N-1}\}$, где g_i – дискретное действительное i -е значение сигнала g_n .

Параметр n соответствует аргументу (в качестве которого, например, выступает временной параметр) дискретного 1D сигнала

Параметр v соответствует аргументу (в качестве которого, например, выступает частотный параметр) дискретного 1D сигнала в области преобразований.

Например, матрица H_n дискретного множества ортогональных функций ДПХ размером 8×8 имеет следующий вид:

$$H_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & \sqrt{2} & 1 & 0 & -1 & -\sqrt{2} & -1 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & \sqrt{2} & -1 & 0 & 1 & -\sqrt{2} \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -\sqrt{2} & 1 & 0 & -1 & \sqrt{2} & -1 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & -\sqrt{2} & -1 & 0 & 1 & \sqrt{2} \end{bmatrix}.$$

Параметр n определяет номер столбца матрицы H_n – ядра ДПХ. Параметр v определяет номер строки матрицы ядра ДПХ. Например, элемент ядра для значений: $N = 8, v = 1, n = 1$ равен

$$h_{1,1} = \text{cas}\left(\frac{2\pi \cdot 1 \cdot 1}{8}\right) = \cos\left(\frac{2\pi \cdot 1 \cdot 1}{8}\right) + \sin\left(\frac{2\pi \cdot 1 \cdot 1}{8}\right) = \\ = \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}.$$

Пара 1D ДПХ последовательности $g_n = \{g_0, g_1, \dots, g_{N-1}\}$ определяется следующими равенствами:

$$\hat{g}_v = \sum_{n=0}^{N-1} g_n \text{cas}\left(\frac{2\pi v n}{N}\right), v = 0, 1, \dots, N-1; \quad (2)$$

$$g_n = \frac{1}{N} \sum_{v=0}^{N-1} \hat{g}_v \text{cas}\left(\frac{2\pi v n}{N}\right), n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3)$$

где $\hat{g}_v = \{\hat{g}_0, \hat{g}_1, \dots, \hat{g}_{N-1}\}$ – Хартли образ последовательности отсчетов g_n .

Математическое выражение (2) задает коэффициенты разложения (коэффициенты Хартли) некоторой действительной дискретной функции g_n по дискретным функциям $\text{cas}\left(\frac{2\pi v n}{N}\right)$. При этом g_n задается на дискретном множестве (например, дискретном времени) $n \in \{0, 1, \dots, N-1\}$.

В матричном представлении операции 1D ДПХ векторов \mathbf{g} и $\hat{\mathbf{g}}$ выражаются как

$$\hat{\mathbf{g}} = \mathbf{H}_h \mathbf{g} \text{ и } \mathbf{g} = \frac{1}{N} \mathbf{H}_h \hat{\mathbf{g}}, \quad (4)$$

где \mathbf{g} – вектор столбец дискретных значений сигнала размером $N \times 1$; $\hat{\mathbf{g}}$ – вектор столбец спектральных коэффициентов ДПХ размером $N \times 1$, \mathbf{H}_h – матрица дискретного множества ортогональных функций ДПХ размером $N \times N$. Как видно, прямое и обратное преобразования Хартли не имеют различий, они взаимно симметричны.

Двумерное прямое ДПХ массивов данных и обратное ДПХ коэффициентов Хартли размером $N \times N$ определяются соотношениями:

$$\hat{g}_{uv} = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} g_{mn} \text{cas}\left[\frac{2\pi v n + 2\pi u m}{N}\right] \text{ для } u, v \in \{0, 1, \dots, N-1\}. \quad (5)$$

$$g_{mn} = \frac{1}{N^2} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} \hat{g}_{uv} \text{cas}\left[\frac{2\pi v n + 2\pi u m}{N}\right] \text{ для } m, n \in \{0, 1, \dots, N-1\}. \quad (6)$$

В матричном представлении выражения (5) и (6) записываются в виде

$$\hat{\mathbf{G}} = \mathbf{H}_h \mathbf{G} \mathbf{H}_h, \quad \mathbf{G} = \frac{1}{N^2} \mathbf{H}_h \hat{\mathbf{G}} \mathbf{H}_h. \quad (7)$$

1.4. Описание границы

Будем считать, что произведена замена исходного полутонового изображения бинарным. Пусть дискретная граница g области содержит N отсчетов (точек). Ее можно представить в виде двумерной функции

$$g_{x_n, y_n}, n \in \{0, 1, \dots, i, \dots, j, \dots, N-1\},$$

где (x_i, y_j) – это целочисленные пары декартова произведения Z^2 . Каждой точке контура границы однозначно соответствует функция g_{x_i, y_j} . Весь контур представляется -точечной последовательностью

$$g_{x_i, y_j} = \{(x_0, y_0), \dots, (x_i, y_j) \dots, (x_{N-1}, y_{N-1})\}. \quad (8)$$

Образуем из координат последовательности g_{x_n, y_n} две одномерные последовательности (векторы):

$$x_n = \{x_0, x_1, \dots, x_{N-1}\} \text{ и } y_n = \{y_0, y_1, \dots, y_{N-1}\}.$$

С учетом представления (4), векторам g_x и g_y со значениями координат из (7) однозначно соответствуют признаки в разложении Хартли: \hat{g}_x и \hat{g}_y . Эти векторы отображают образы границы объекта. Такая запись двумерной границы g области позволяет уменьшить вычислительные затраты на ее описание.

Понижение размерности входа классификатора реализуется посредством эффективного представления последовательностей x_n и y_n в спектральном базисе ДПХ. Решение этой задачи возможно на основе дисперсионного или порогового способов фильтрации коэффициентов преобразования Хартли. Для этого осуществляется выделение из векторов образов \hat{g}_x и \hat{g}_y трансформант с наибольшими дисперсиями. В методах распознавания бинарных изображений, основанных на сопоставлении, незнакомый образ приписывается к тому классу, прототип которого оказывается ближайшим в смысле заранее выбранной метрики. Выбранное после снижения размерности подмножество признаков, должно соответствовать вектору признаков образа границы исходя, например, из критерия минимального расстояния между ними. Предполагается, что чем меньше расстояние между сравниваемыми объектами, тем больше их степень сходства.

1.5. Пример применения ДПХ

В качестве иллюстрации применения Хартли-дескрипторов рассмотрим замкнутый контур (границу) с числом точек $N = 16$ бинарного изображения. Пример дискретной границы показан на рис. 1.

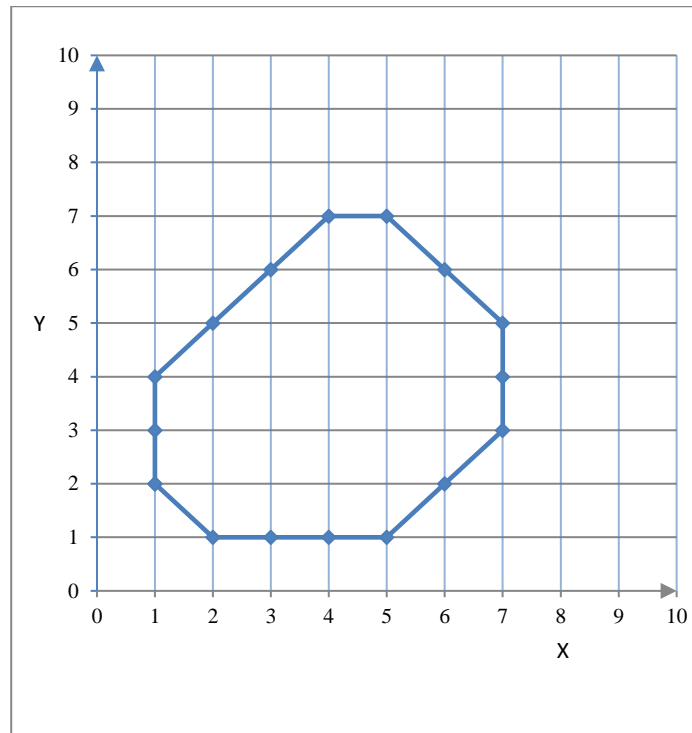


Рис. 1. 16-точечная граница объекта

Точкам границы соответствует двумерная последовательность

$$g = \{(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_{15}, y_{15})\} = \\ = \{(1, 2)(1, 3)(1, 4)(2, 5)(3, 6)(4, 7)(5, 7)(6, 6) \\ (7, 5)(7, 4)(7, 3)(6, 2)(5, 1)(4, 1)(3, 1)(2, 1)\}.$$

Исходные одномерные последовательности

$$x_n = \{1, 1, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 7, 7, 6, 5, 4, 3, 2\} \text{ и}$$

$$y_n = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1, 1, 1\}.$$

По формуле (2) выполняется ДПХ последовательностей x_n и y_n . В результате получаем следующие последовательности признаков, представляющие исходные координаты границы объекта наблюдения:

$$\hat{g}_{v_x} = \{64; -31,72; 0; -1,64; 0; 0,3; 0; -0,5; \\ 0; -1,2; 0; -0,72; 0; 0,62; 0; -13,14\}.$$

$$\hat{g}_{v_y} = \{58; 6,57; -2,41; 1,16; 0; 0,36; 1; 0,11; \\ 0; 0,25; 0,41; -0,24; -2; 0,82; 1; -33,03\}.$$

Для осуществления понижения размерности поля признаков рассчитывается функция (вектор) распределения дисперсии коэффициентов \hat{g}_{v_x} и \hat{g}_{v_y} .

Коэффициенты вектора с минимальными значениями определяют зону фильтрации трансформант или зону сохранения M признаков. Для последовательностей \hat{g}_{v_x} и \hat{g}_{v_y} соответственно получаем значения

$$M_x = 3 \text{ и } M_y = 3.$$

В зону фильтрации входят коэффициенты \hat{g}_{v_x} и \hat{g}_{v_y} , координаты которых соответствуют множеству

$$L = \{(x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_{14}, y_{14})\}.$$

Адресная информация о зоне фильтрации трансформант определяется только двумя крайними координатами множества $\{L\}$.

Усеченные входные последовательности классификатора равны

$$\hat{g}'_{v_x} = \{64; -31,72; -13,14\},$$

$$\hat{g}'_{v_y} = \{58; 6,57; -33,03\}.$$

Восстановление изображения границ области произведем по M сохраненным коэффициентам. Применяя формулу (3) для усеченных последовательностей, получаем следующие оценки \tilde{x}_n и \tilde{y}_n :

$$\tilde{x}_n = \{1,96; 0,96; 1,2; 1,85; 2,84; 4; 5,16; 6,15; 6,8; 7,04; 6,8; 6,15; 5,16; 4; 2,84; 1,85\}.$$

$$\tilde{y}_n = \{1,97; 3,04; 4,2; 5,28; 6,1; 6,55; 6,53; 6,1; 5,28; 4,2; 3,05; 1,97; 1,15; 0,7; 1,14\}.$$

После операции округления получаем значения координат границы объекта, т.е.

$$\{\tilde{g}\} = g_{x_i, y_j} = \text{round} \{g_{\tilde{x}_n \tilde{y}_n}\} = \{(1, 2)(1, 3)(1, 4)(2, 5)(3, 6)(4, 7)(5, 7)(6, 6)(7, 5)(7, 4)(7, 3)(6, 2)(5, 1)(4, 1)(3, 1)(2, 1)\}.$$

Если \tilde{g} представляет собой оценку g , то ошибка восстановления точек границы

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} (\tilde{g}(x, y) - g(x, y))^2}.$$

Очевидно, в рассматриваемом примере величина искажений $\sigma = 0$.

Как видно, сравнительно небольшое пространство сохраняемых признаков ДПХ точно описывают объект (6 признаков точно определяют кривую неправильной формы). При сохранении 4 признаков среднеквадратичная ошибка восстановления точек границы не превышает величины $\sigma = 0,2$.

1.6. Моделирование эффективного описания изображения границ объектов

В качестве исходных данных для проведения процесса моделирования обработки были выбраны бинарные изображения цифр, рис. 2а. На рис. 2(б) показано бинарное изображение 456-точечной границы цифры 3.

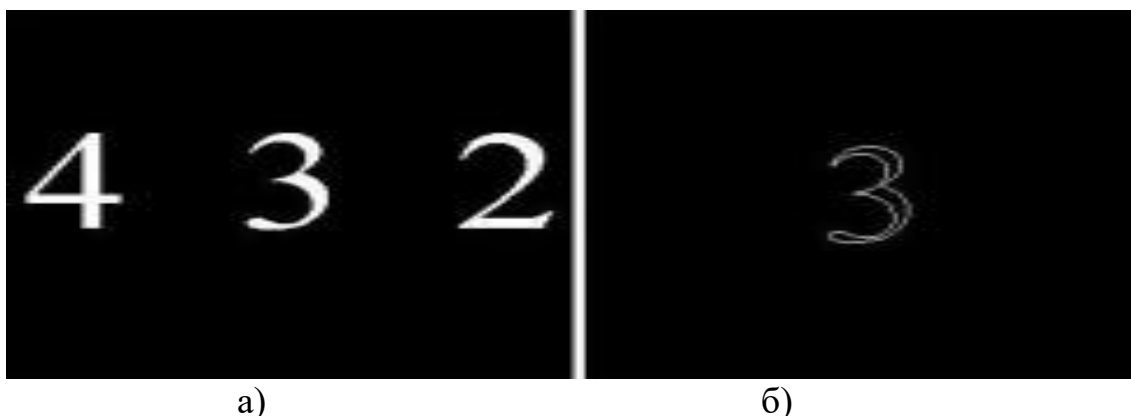


Рис. 2(а). Изображение цифр

Рис. 2(б). Изображение цифры 3

На рис. 3 показаны восстановленные изображения границы цифры 3. При описании цифры использовалось, соответственно 30, 25, 20, 15, 10 и 8 Хартли-дескрипторов. Это составляет 6,6%, 5,5%, 4,4%, 3,3%, 2,2% и 1,8% от всех 456 дескрипторов.

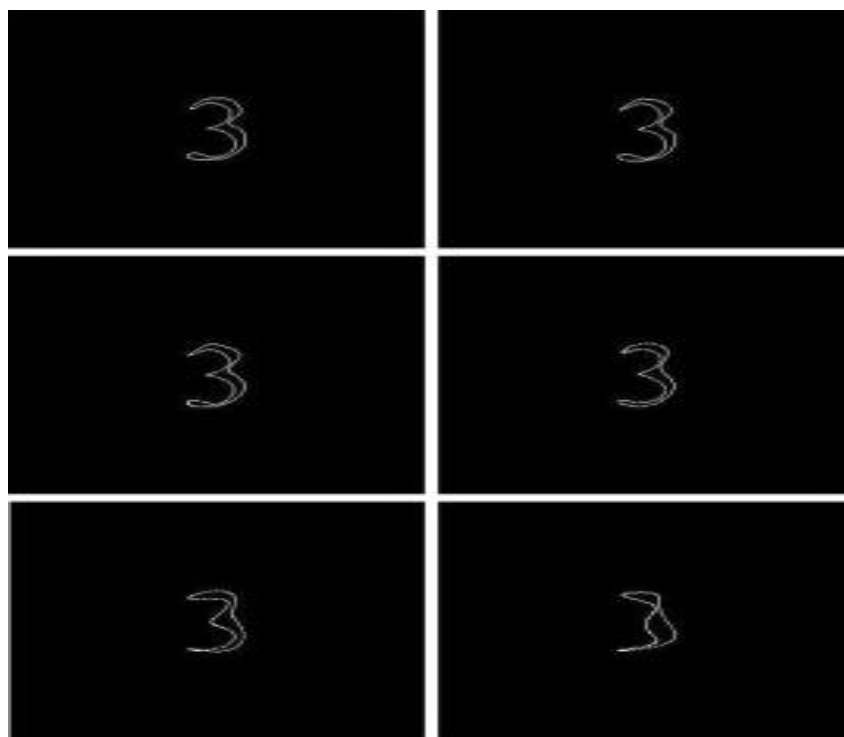


Рис. 3(а)-(е). Изображения восстановленных границ цифры 3 с применением Хартли-дескрипторов

На рис. 4 представлена зависимость среднеквадратической ошибки восстановления точек границы от числа сохраняемых Хартли-дескрипторов цифры 3.

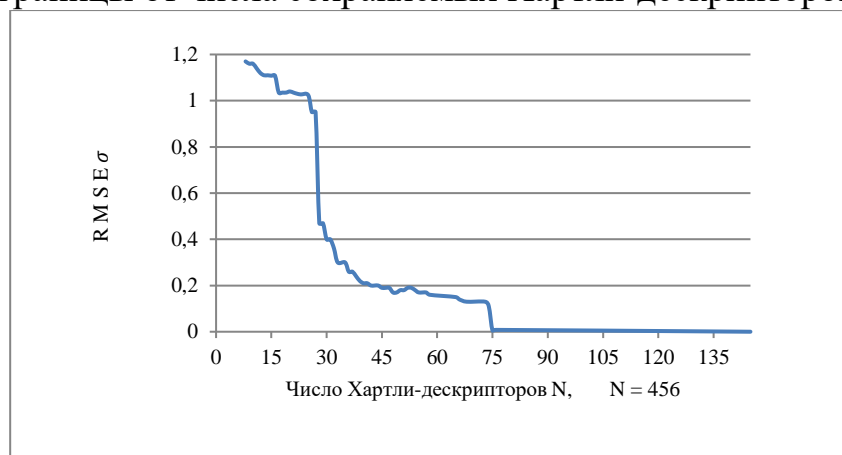


Рис. 4. Зависимость СКО от числа признаков Хартли

Для сравнения эффективности описания границ с помощью ДПХ и ДПФ на рис. 5 приведены изображения восстановленных границ цифры 3 посредством обработки Фурье-дескрипторов. При описании цифры использовалось, соответственно 30, 25, 20, 15, 10 и 8 Фурье-дескрипторов. Это составляет 6,6%, 5,5%, 4,4%, 3,3%, 2,2% и 1,8% от всех 456 дескрипторов.

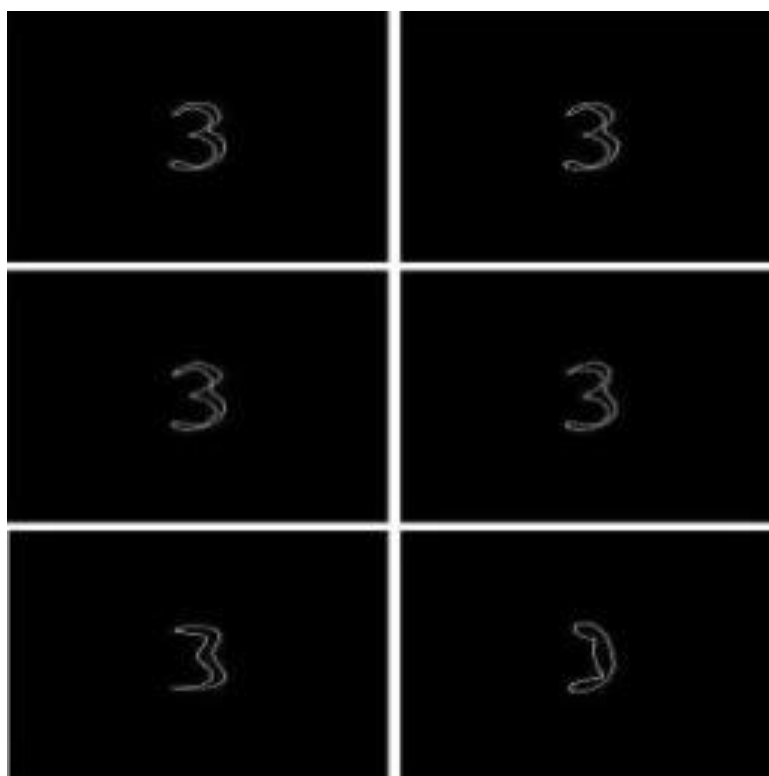


Рис. 5(а)-(е). Изображения восстановленных границ цифры 3 с применением Фурье-дескрипторов

На рис. 6 представлена зависимость среднеквадратической ошибки восстановления точек границы от числа Фурье-дескрипторов.

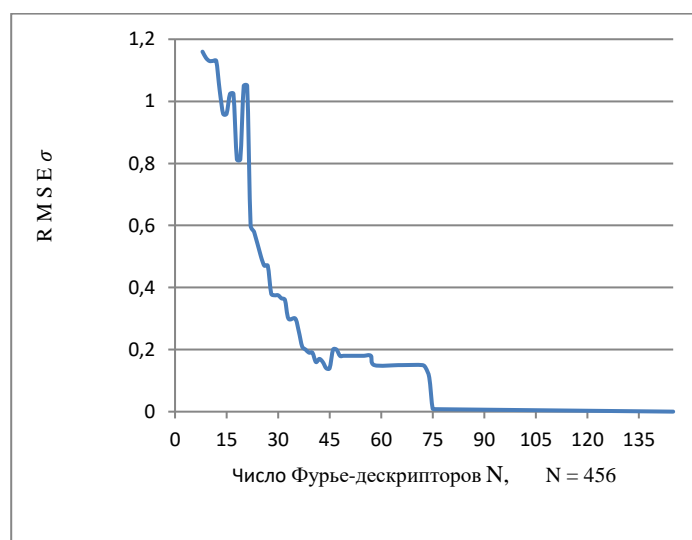


Рис 6. Зависимость СКО от числа признаков Фурье

Из приведенных сравнений следует, что СКО восстановления границ методом ДПХ и ДПФ практически имеют одинаковую величину. При учете более

74 дескрипторов величина $\sigma = 0$, т. е. искажения отсутствуют, форма объекта идентична исходному образу.

С увеличением размера входа N (точек границы) эффективность обработки возрастает. Кроме того, сложность описания уменьшается за счет использования быстрого алгоритма его выполнения.

Выводы

Применительно к вещественным данным реализуются следующие возможности ДПХ:

1. Хартли-дескрипторы позволяют эффективно представлять границы объекта изображения в компактной форме.
2. Восстанавливать изображение границы с контролируемой погрешностью.
3. Упрощать решение задач классификации, идентификации и распознавания образов.

2. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ

2.1. Предварительное задание

2.1.1. Вычислить значения дискретных отсчетов функции Хартли с периодом $N = 8$ для произведения пространственных параметров $nv = 3$; $nv = 4$; $nv = 20$.

2.1.2. Записать ортогональный базис Хартли в виде матрицы H размерностью 4×4 .

2.1.3. Вычислить спектр дискретизированного сигнала, показанного на рис. 7, с помощью ДПХ. Построить график спектра в базисе Хартли.

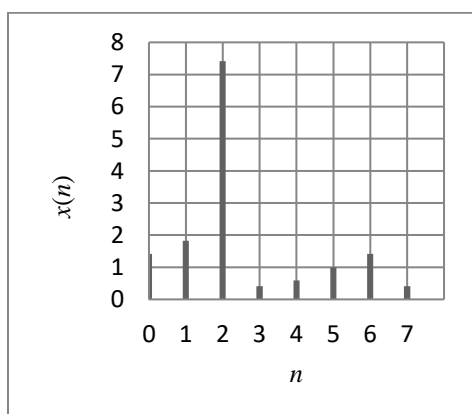


Рис. 7. Дискретный сигнал

2.1.4. По полученным значениям ДПХ с помощью ОДПХ восстановить исходные значения отсчетов сигнала.

2.2. Выполнение лабораторного задания

Лабораторная работа выполняется на ПК в среде системы MATLAB (или с использованием других математических приложений). Это позволяет сравнительно легко моделировать прямое и обратное ДПХ, ДПФ. При выполнении пунктов лабораторного задания следует производить записи данных, имеющих принципиальное значение, формулы, расчеты, таблицы, графики и пр.

Лабораторная работа предусматривает выполнение трех экспериментальных исследований.

2.2.1. Для выполнения исследований необходимо создать (нарисовать) дискретный фрагмент произвольного изображения (контура, границы, области и пр.) размером $N = 16$, $N = 32$, или $N = 64$. Выбор значения N остается за студентом.

2.2.2. Первый эксперимент реализует процедуру максимально возможного сжатия изображения, при котором ошибка восстановления практически равна нулю.

2.2.3. Второй эксперимент реализует процедуру максимально возможного сжатия изображения, при котором образ объекта распознается с среднеквадратичная ошибкой (СКО) восстановления σ .

2.2.4. Третий эксперимент реализует процедуру максимально возможного сжатия изображения, при котором образ объекта начинает рассыпаться при восстановлении сжатого фрагмента изображений.

2.2.5. Полученные результаты сравниваются с данными моделирования эффективности описания изображений посредством ДПФ.

2.2.6. Построить графики зависимости СКО от коэффициентов сжатия фрагментов для преобразований Хартли и Фурье.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Результаты выполнения предварительного задания.

3.2. Результаты выполнения лабораторного задания. Расчеты и графики лабораторного задания.

3.3. Анализ результатов и выводы.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

4.1. При каких условиях возможно выполнение сжатие изображений?

4.2. В чем состоит смысл применения унитарных дискретных преобразований при осуществлении эффективного кодирования двумерных сигналов?

4.3. Какие системы базисных функций используются для сжатия изображений?

4.4. Перечислите и поясните основные свойства ДПХ.

- 4.5. Поясните, из каких соображений выбирается размерность матрицы преобразования при эффективном кодировании изображений.
- 4.6. Чем отличаются спектры изображений на основе ДПХ и ДПФ.
- 4.7. Позволяет ли использование в качестве ядра ДПХ и ДПФ реализацию быстрых алгоритмов сжатия данных?
- 4.8. Поясните сущность пороговой фильтрации коэффициентов преобразования.
- 4.9. Что означает ошибка воспроизведения исходного изображения?
- 4.10. В чем заключаются преимущества и недостатки использования пороговой фильтрации коэффициентов преобразования в сравнении с зональной фильтрацией.
- 4.11. Можно ли вычислить обратное ДПХ по матрице прямого ДПХ.
- 4.12. Поясните процесс вычисления ошибки восстановленного изображения.
- 4.13. Охарактеризуйте преимущества и недостатки использования ДПФ, ДКП, ДПХ, ДПА в алгоритмах сжатия двумерных сигналов.
- 4.14. Какое из преобразований ДПФ, ДКП, ДПХ, ДПА является наилучшим по соотношению коэффициент сжатия-СКО? Какое из упомянутых алгоритмов преобразований имеет наименьшую вычислительную сложность?
- 4.15. Почему в процедуре сжатия по стандартам JPEG, MPEG–2, H.264, MPEG–4 используется ДКП?

ЛИТЕРАТУРА

1. Яне, Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне. – М.: Техносфера 2007.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005.
3. Шапиро, Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: Бинном, 2006.
4. Сэломон, Д. Сжатие данных, изображений и звука : учеб. пособие для вузов/Д. Сэломон. – М. : Техносфера, 2004.
5. Прэтт, У. Цифровая обработка изображений. В 2 т. / У. Прэтт. – М.: Мир, 1982.
6. Mitsiukhin, A. Extraction of the motion indications in the sequence of images. Proceedings 58. International Scientific Colloquium, DE, Ilmenau, 08–12 September 2014, Technische Universität Ilmenau. – TU Ilmenau, 2014. – URN (Paper): urn:nbn:de:gbv:ilm1-2014iwk-0,75:0, id 2066.
7. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер. – М.: Техносфера, 2006.
8. Теория прикладного кодирования: учеб. пособие. В 2 т. / В. К. Конопелько [и др.]. – Минск: БГУИР, 2004.
9. Jähne, M Digital Image Processing. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....	4
1.1. Введение.....	4
1.2. Спектральный метод кодирования сигналов.....	4
1.3. Хартли-дескрипторы.....	6
1.4. Описание границы.	8
1.5. Пример применения ДПХ.....	8
1.6. Моделирование эффективного описания изображения границ объек- тов.....	11
2. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ.....	14
2.1. Предварительное задание.....	15
2.2. Выполнение лабораторного задания.....	15
3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.....	15
4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	15
ЛИТЕРАТУРА.....	16

Учебное издание

Митюхин Анатолий Иванович

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И ОПИСАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор
Корректор
Компьютерная верстка

Подписано в печать
Гарнитура «Таймс»
Уч.-изд. л.

Формат 60×84 1/16
Отпечатано на ризографе
Тираж экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л.
Заказ 150

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ЛИ №

от

ЛП №

от

220013, Минск, П. Бровки, 6