

С. С. АГАЯН, С. Б. АЛАВЕРДЯН, В. Л. ДАЛЛАКЯН,
С. М. ИСПИРЯН, А. К. МАТЕВОСЯН, З. А. МЕЛКУМЯН

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ МНОГОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ (ИЗОБРАЖЕНИЙ) (ПП ОМС)

Рассматриваются вопросы, связанные с построением пакета прикладных программ оптимизации различных этапов цифровой обработки многомерных сигналов (сокращение избыточности и восстановление изображений как при хранении, так и при передаче, оптимальное кодирование и декодирование изображений, восстановление неискаженного изображения, выявление объектов на изображении).

Описываются состав и структура пакета, назначение его основных модулей.

Пакет рассчитан для эксплуатации на ЭВМ серии ЕС с операционной системой ОС ЕС и стандартным математическим обеспечением. Базовым языком пакета является ПЛ/1 ОС ЕС.

Пакет рассчитан на широкий круг специалистов, использующих методы спектрального анализа.

1. Постановки задач обработки многомерных сигналов

С обработкой многомерных сигналов сталкиваются при решении почти каждой научной или технической задачи. В качестве примера можно привести рентгеновские снимки в медицине и промышленности, электронно-микроскопические снимки, радиолокационные и звуколокационные карты, сейсмические данные, телевизионные изображения, съемки со спутников.

Построение системы полной автоматической обработки сигналов (распознавание образов, улучшение изображения, эффективное кодирование изображения, машинная графика) является одной из важнейших задач кибернетики (САОС). Существует много различных отечественных и зарубежных систем (например, PISCAR-1, PISCAR-2), однако задача еще очень далека до окончательного решения.

В общем виде основная задача построения (САОС) заключается в оптимизации системы, т. е. при заданных характеристиках источника пользователя и канала оптимизировать процессы, обеспечивающие наилучшее качество изображения на принимающем конце системы.

При проектировании таких систем особое место занимает решение задач (фактически являющихся основными этапами о. с.):

- 1) сокращение избыточности (как при передаче, так и при хранении изображения);
- 2) выделение на изображении присутствия объектов, описываемых изображением;
- 3) оптимальное кодирование изображения.

В пакете мерой избыточности рассматривается энтропия, а избыточность определяется ковариационной матрицей изображений.

Приведем математические постановки приведенных задач. С этой целью введем следующие обозначения.

Пусть $f(n, m)$, $n, m = 0, 1, \dots, N-1$ матрица, описывающая дискретизированное и квантованное изображение $s = \{s(n)\}$, $n = 0, 1, \dots, N^2-1$ развертки матрицы $f(n, m)$ в строку, Q —множество возможных изображений, априорные сведения о вероятностных характеристиках которых ограничиваются матрицей ковариации

$$G_s = E[(s - E(s))(s - E(s))^T]$$

случайных векторов $s(n)$. H_n —множество всех дискретных ортогональных преобразований порядка N^2 , $s'(n)$ —вектор, совпадающий с s в N^2-N позициях (a_{11}, \dots, a_{1N_0}).

Задача 1. Минимизация энтропии случайных векторов.

Пусть задано распределение вероятностей $p(s)$ появления случайного n -мерного вектора s с математическим ожиданием E и матрицей ковариации G_s .

Задача заключается в минимизации энтропии, а именно;

$$H^* = - \sum p(s) \ln p(s).$$

Задача 2. Для данного G_s найти дискретное ортогональное преобразование, удовлетворяющее условию

$$G_s \Phi = \lambda \Phi, \quad (1)$$

где $\lambda = \lambda(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{N^2})$ собственные значения (1).

Отметим, что при

$$F = s\Phi$$

статистические зависимые элементы изображений переводятся в набор более „независимых“ элементов изображения.

Задача эффективного оптимального кодирования при помощи преобразования с сужением ширины полосы в k раз состоит в выборе и доопределении $N_0 = N^2/k$ компонент (a_{11}, \dots, a_{1N_0}) и преобразования $H_0 \in H_n$, чтобы

$$\rho(s, ((H_0 s^0) H_0)^T) = \min_{H \in H_n} \min_{(a_{11}, \dots, a_{1N_0})} \rho(s, (H s') H),$$

где ρ —среднеквадратичная мера близости.

Задача 3. Пусть искаженное изображение $q(n, m)$ представляет собой сумму „шумового“ изображения $r(n, m)$ и размытого изображения $p(n, m)$, полученного из неискаженного изображения $f(n, m)$

$$q(n, m) = p(n, m) + r(n, m), \quad n, m = 0, 1, \dots, N-1,$$

где

$$p(n, m) = \sum_i \sum_j f(i, j) h(n-i, m-j), \quad (2)$$

$h(n, m)$ —обозначает импульсную характеристику искажающей системы. Выражение типа (2) носит название свертки. Восстановление неискаженного изображения сводится к вычислению операции свертки над искаженным изображением.

Задача 4. Задача выявления на изображении $p(n, m)$ присутствия

объектов, описываемых изображением $f(n, m)$, решается методом оценки нормализованной функции взаимной корреляции изображений $p(n, m)$ и $f(n, m)$:

$$c(n, m) = \frac{\sum_i \sum_j p(i, j) f(n+i, m+j)}{\sum_i \sum_j p^2(i, j) \sum_i \sum_j f^2(i, j)}$$

Если $c(n, m)$ принимает в точке (n_0, m_0) значение 1, то в этой точке находится изображение $f(n, m)$, т. е.

$$p(n, m) = a \cdot f(n-n_0, m-m_0).$$

Функция взаимной корреляции также имеет вид свертки.

Задача 5. Вычислить

$$F = H_0 s,$$

где $H_0 \in H_n$.

Отметим, что имеется множество задач, которые также приводят к использованию аппарата быстрых ортогональных преобразований и свертки.

2. Состав и структура пакета

Пакет прикладных программ цифровой обработки сигналов (ПП ОМС) является пакетом сложной структуры с произвольной (задаваемой пользователем) последовательностью обращения к модулям. Работа ПП ОМС выполняется в пакетном режиме. Задача пользователя решается в несколько этапов.

На первом этапе транслируются введенные пользователем утверждения, написанные на входном языке пакета (ВЯП).

На втором этапе производится компоновка программ и получение загрузочного модуля для решения поставленной задачи.

На третьем этапе непосредственно решается задача пользователя.

В конкретном случае число этапов может меняться.

В состав ПП ОМС входят:

- а) транслятор с входного языка пакета;
- б) управляющая программа;
- в) тело пакета, включающее N ($N \approx 20$) модулей процедур, обращение к которым осуществляет пользователь в ВЯП, а также M ($M \approx 70$) модулей подпрограмм, к которым возможно только внутреннее обращение из процедур;
- г) специальная программа работы с файлами, автоматически обеспечивающая организацию необходимых файлов;
- д) документация пакета.

Компоненты ПП ОМС разбиты на две основные части: функциональная (вычислительная) и системная. К функциональной части относятся процедуры тела пакета, непосредственно реализующие алгоритмы решения задач из данного класса. К системным компонентам ПП ОМС относятся управляющая программа, специальная программа работы с файлами и др., т. е. средства, обеспечивающие управление вычислительным процессом.

Процедуры тела пакета по выполняемым функциям объединяются в ряд групп: входные, оптимизационные, выходные, управляющие процедуры, процедуры подготовки массивов.

В тело пакета входит свыше 70 модулей процедур. Из них отметим осуществляющие одно- и двумерные прямые и обратные ортогональные преобразования над векторами и массивами чисел (вещественных или комплексных) типа: преобразования Адамара порядка N ($N=2^k$, $N=p_0 \cdot p_1^2 \cdot \dots \cdot p_m^{2^m}$), Уолша, Уолша-Адамара, Уолша-Пэли, Фурье, преобразования семейства Хаара, Слэнт-преобразования и т. д. А также процедуры преобразования действительных матриц к верхней треугольной форме и нахождения их собственных значений, умножения матриц по алгоритму Штрассена, обращения матриц, быстрого вычисления положительно и отрицательно обернутых сверток разных типов и др.

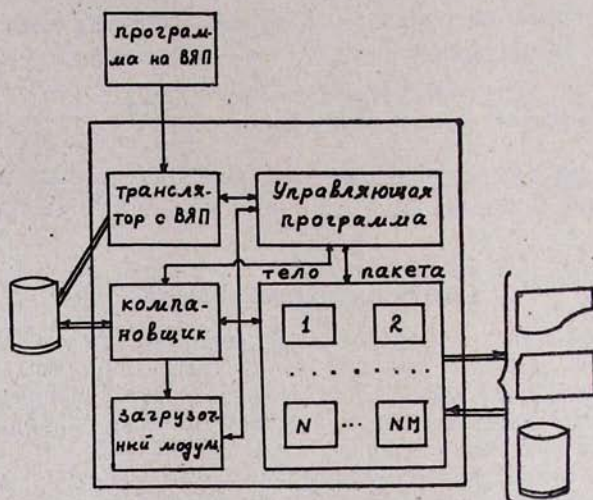


Рис. 1. Структура ПП ОМС

Кроме того, пакет позволяет сконструировать ортогональное преобразование, синтезируемое по заранее заданным свойствам, обладающее быстрым алгоритмом вычисления.

Управляющая программа пакета дает возможность пользователю задавать ход решения задачи в зависимости от таких параметров, как порядок массивов информации, скорость работы модулей, название модуля.

Пакет позволяет пользователю при необходимости добавлять новые модули и делать соответствующие изменения в ВЯП.

Ս. Ս. ԱՂԱՅԱՆ, Ս. Բ. ԱՍԿԵՐԴՅԱՆ, Վ. Լ. ԴԱՍԱՔՅԱՆ,
Ս. Մ. ԻՍՊԻՐՅԱՆ, Ա. Կ. ՄԱԹԵՎՈՍՅԱՆ, Ջ. Ա. ՄԵԼՔՈՒՄՅԱՆ

ԲԱԶՄԱԶԱՔ ԱԶԳԱՆՇԱՆՆԵՐԻ (ՊԱՏԿԵՐՆԵՐԻ) ԹՎԱՅԻՆ
ՄՇԱՎՄԱՆ ՊՐՈԲԼԵՄԱՅԻՆ ՕՐԵՆՏԱՑՎԱԾ ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ
ԾՐԱԳՐԵՐԻ ՓԱԹԵԹ

Ա մ փ ո փ ո մ

Դիտարկվում են բազմաշափ ազդանշանների տարրեր փոփոխող օպտիմիզացնող կիրառական ծրագրերի փաթեթի հետ կապված հետևյալ հարցերը՝

սխալների կրճատումը և պատկերի վերականգնումը ինչպես պահելու,
այնպես էլ հաղորդելու ժամանակ,
պատկերի օպտիմալ կողավորումը և վերծանումը,
շաղավաղված պատկերի վերականգնումը, օբյեկտների հայտնաբերումը
պատկերի վրա:

Նկարագրվում է փաթեթի կազմը, կառուցվածքը և հիմնական ծրագրա-
յին միավորների նշանակությունը:

Ծրագրային փաթեթը նախատեսված է շահագործելու ՄՀ—էՀՄ-ի վրա:
Փաթեթը նախատեսված է սպեկտրալ անալիզի մեթոդներից օգտվող
մասնագետների լայն շրջանակի համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Л. И. Гурова. С. С. Сахаров. Прикладные программы. М., «Статистика», 1980.
2. Пакеты прикладных программ. Методы и разработки. Новосибирск, «Наука», 1981.