

но-временной дискретизации параметрических полей. Материалы Всесоюзной научно-технической конференции "ИИС-75", Кишинев, 1975.

4. Виттих В.А., Сергеев В.В., Ямович А.А. Сжатие данных при экспериментальных исследованиях параметрических полей. Материалы Всесоюзного научно-технического совещания по принципам построения систем автоматизации научных исследований, М., 1975.

5. Виттих В.А., Сабилло В.П., Сергеев В.В., Ямович А.А. Сокращение избыточности измерительной информации при экспериментальных исследованиях параметрических полей. Материалы У1 Всесоюзной конференции по теории кодирования и передачи информации, Томск, 1975.

УДК 621.397

В.В.Сергеев

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АДАПТИВНОЙ ДИСКРЕТИЗАЦИИ ПРИ СЖАТИИ ДВУМЕРНЫХ СИГНАЛОВ

Методы адаптивной дискретизации являются удобным инструментом сокращения избыточности (сжатия) измерительной информации. Они применимы и при обработке двумерных сигналов - изображений. Однако эти методы обладают одним существенным недостатком: устраняя избыточность по какому-либо одному направлению в плоскости изображения (например, при телевизионной развертке - по строке), они не дают возможности использовать для сжатия статистические зависимости данных в других направлениях (между строками), хотя можно предположить, что учет двумерного характера корреляционной функции изображения способен повысить эффективность устройства сжатия.

В этой связи представляется полезным до адаптивной дискретизации подвергнуть двумерный сигнал некоторым преобразованиям для того, чтобы, используя имеющиеся статистические зависимости, сделать его более "удобным" для последующего использования "одномерных" методов адаптивной дискретизации. Рассмотрим один из вариантов решения этой задачи.

Пусть изображение представлено в виде прямоугольной сетки своих отсчетов $S(m, n)$, где $m=1, \overline{M}$ - номер (позиция) эле-

мента в строке изображения; M - число элементов в строке;
 $n = \overline{1, \infty}$ - номер строки.

При осуществлении построчной развертки эти отсчеты выстраиваются в одномерную последовательность $S(t)$, где, положив, что отсчеты берутся с единичным по времени шагом,

$$t = (n-1)M + m; \quad t = \overline{1, \infty}. \quad (1)$$

Пусть для каждого момента t производится предсказание $S(t)$ по некоторому набору из I отсчетов, соответствующих моментам $t_i < t$, $i = \overline{1, I}$. Очевидно, что при t_i , сгруппированных вблизи точек $t - \kappa M$ ($\kappa = 0, 1, 2, \dots$) в процедуре предсказания можно учесть двумерный характер корреляционной функции изображения.

Далее по предсказанному и истинному значениям сигнала вычисляется ошибка предсказания, которая подвергается адаптивной дискретизации.

Заметим, что процедура предсказания должна производиться как при сжатии, так и в дальнейшем при восстановлении сигнала. Так как по сжатым данным возможно восстановление не самих отсчетов, а лишь их оценок (с некоторой допустимой погрешностью), то в обоих случаях предсказание должно основываться не на истинных значениях, а на оценках отсчетов.

Для иллюстрации к сказанному рассмотрим случай, когда

а) процедура предсказания линейна

$$\bar{S}(t) = \sum_{i=1}^I a_i \bar{S}(t_i); \quad t_i < t, \quad (2)$$

где $\bar{S}(t)$ - оценка отсчета $S(t)$

$\{a_i\}_1^I$ - постоянные коэффициенты;

б) в качестве алгоритма адаптивной дискретизации используется экстраполятор нулевого порядка [1]. В данном случае его действие заключается в том, что для каждого момента t вычисляется разность

$$\mathcal{E}(t) = S(t) - \bar{S}(t) \quad (3)$$

и, если выполняется условие

$$|\mathcal{E}(t)| > \mathcal{E}_0, \quad (4)$$

где \mathcal{E}_0 - допустимая погрешность, отсчет $\mathcal{S}(t)$ считается существенным и вместе с необходимой служебной информацией передается в канал связи.

При синтезе алгоритма скатия двумерных данных необходимо определить коэффициенты $\{a_i\}_i^t$ в выражении (2), оптимальные с точки зрения максимума коэффициента скатия

$$K_{сж} = \frac{N_0}{N}, \quad (5)$$

где N_0 - общее число обработанных отсчетов,
 N - число существенных отсчетов.

Эта задача почти во всех практически интересных случаях не имеет точного решения.

В первом приближении определим коэффициенты в (2) при следующих допущениях:

- 1) $\mathcal{S}(t) \approx \bar{\mathcal{S}}(t)$, что справедливо при малых \mathcal{E}_0 ;
- 2) поле \mathcal{S} имеет нормальное распределение амплитуд, при этом, в силу линейности предсказания, ошибка (3) также распределена нормально;
- 3) процедура предсказания (2) и вычисления его ошибки (3) близка к известным процедурам декорреляции изображения /см. например, [2] /, при этом последовательность $\mathcal{E}(t)$ является слабокоррелированной.

При таких допущениях и правиле выбора существенных отсчетов (4) поток событий, заключающихся в появлении существенных отсчетов, можно приближенно считать простейшим, и оптимальными будут являться коэффициенты $\{a_i\}_i^t$, минимизирующие дисперсию ошибки предсказания. Методы расчета таких коэффициентов известны [3] .

Вычислим оптимальные коэффициенты в формуле (2) для простейшего случая, когда предсказание значения $\mathcal{S}(m, n)$ производится по оценкам двух соседних отсчетов $\mathcal{S}(m-1, n)$ и $\mathcal{S}(m, n-1)$. С учетом (1) процедура предсказания в данном случае запишется в виде:

$$\bar{\mathcal{S}}(t) = a_1 \bar{\mathcal{S}}(t-1) + a_2 \bar{\mathcal{S}}(t-M).$$

Определяя коэффициенты a_1 и a_2 из условия минимума дисперсии ошибки предсказания, получаем

$$a_1 = \frac{\rho_1 - \rho_2 \rho_3}{1 - \rho_3^2}; \quad a_2 = \frac{\rho_2 - \rho_1 \rho_3}{1 - \rho_3^2}$$

где ρ_1 , ρ_2 и ρ_3 - коэффициенты корреляции между отсчетами $S(m, n)$ и $S(m+1, n)$, $S(m, n)$ и $S(m, n-1)$, $S(m-1, n)$ и соответственно.

Если принять, что статистические свойства изображения одинаковы во взаимоперпендикулярных направлениях, то есть $\rho_1 = \rho_2$ то выражения для коэффициентов упрощаются $a_1 = a_2 = \frac{\rho_1}{1 - \rho_3^2}$

или, учитывая сильную коррелированность соседних точек изображения ($\rho_1 \approx 1$, $\rho_3 \approx 1$).

$$a_1 = a_2 \approx 0,5$$

В таком виде рассматриваемый метод сжатия двумерных данных был исследован моделированием на ЦВМ. Для сравнительного анализа моделировался также обычный метод адаптивной дискретизации - экстраполятор нулевого порядка. На рис. I для обоих методов приведены зависимости коэффициента сжатия (5) от величины допустимой погрешности ϵ_0 , заданной в процентах от шкалы изменения сигнала. Результаты моделирования показывают, что использование "двумерного" предсказания позволило значительно повысить эффективность сжатия (кривая 2) по сравнению с применением "одномерной" адаптивной дискретизации (кривая 1).

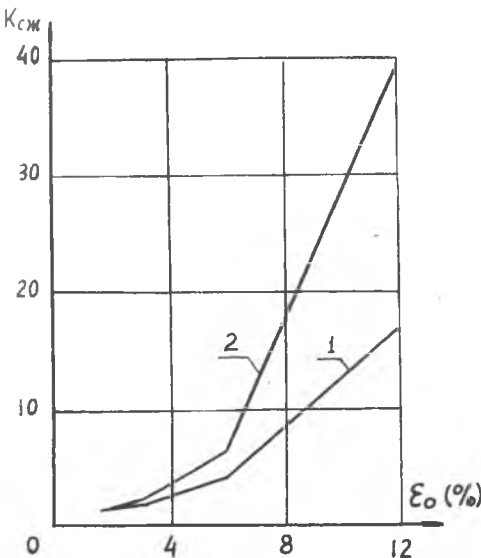


Рис. I

Принимая во внимание нестационарный характер реальных изображений, еще больший выигрыш можно предположить при использовании адаптивного предсказывающего фильтра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воздушно-космическая телеметрия. Сб. материалов под ред. Трофимова К.Н., Воениздат, 1968.
2. Лебедев Д.С. Линейные двумерные преобразования изображений увеличивающие помехоустойчивость передачи. В сб. "Иконика", М., "Наука", 1968.

З. Ивахненко А.Г., Лапа В.Г. Кибернетические предсказывающие устройства. Киев, "Наукова думка", 1965.

УДК 62-503

В.А.Виттих, В.Р.Панин, В.П.Якимаха

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТИВНЫХ ВРЕМЕННЫХ ДИСКРЕТИЗАТОРОВ СИГНАЛОВ

При построении систем автоматизации экспериментальных исследований для устранения избыточности сообщений находят применение аналоговые адаптивные временные дискретизаторы /АВД/. Одной из важнейших характеристик аналоговых АВД, определяющей целесообразность применения данного устройства для адаптивной дискретизации исследуемого класса сигналов, является величина аппаратурной эффективности АВД. Эта величина определяется как отношение длины максимального интервала адаптивной дискретизации T_{max} к длине минимального интервала T_{min} при определенных сигналах, действующих на входе АВД и при заданных значениях допустимой погрешности аппроксимации и ошибки вычисления этой погрешности

$$K_A = \frac{T_{max}}{T_{min}} \quad (1)$$

В известных аналоговых АВД эта величина является существенно ограниченной из-за наличия свободного потока избыточных отсчетов сигнала и по приводимым в литературе данным меняется в пределах 20+400. Появление свободного потока избыточных отсчетов в аналоговых АВД обусловлено ограниченными возможностями блоков этих устройств, например, переходом блока вычисления погрешности аппроксимации в режим насыщения при действии на входе АВД медленноменяющегося сигнала. Это снижает эффективность работы АВД и может привести к появлению дополнительной ошибки вычисления погрешности аппроксимации.

Для повышения аппаратурной эффективности и устранения или уменьшения свободного потока отсчетов в аналоговых АВД может быть предложено несколько методов. Одним из таких методов является па-