А.А. Ямович

СИНТЕЗ ПРОЦЕДУР ПРЕДСКАЗАНИЯ ДЛЯ АЛГОРИТМОВ АДАПТИВНОЙ ДИСКРЕТИЗАЦИИ ДВУМЕРНЫХ ПОЛЕЙ

I. Актуальность задачи

При автоматизации исследований природных ресурсов Земли (ИПРЗ) сжатие данных измерений - двумерных спектрозональных параметрических полей - особенно актуально. Известно несколько эффективных апертурных методов [I], [2] сжатия двумерных полей, синтезированных в рамках равномерного критерия верности сжатых данных и реализуемости в темпе измерений. Однако при сжатии "мелкодетальных" фрагментов полей ИПРЗ, имеющих малую вероятность прямолинейности контурных переходов вдоль трех и более отсчетов поля, эффективность метода [I] в лучшем случае совпадает с эффективностью одномерных алгоритмов АВД [I], [2]. Метод [2] более предпочтителен при произвольном значении этого параметра поля, так как обеспечивает достаточно высокую гарантированную эффективность сжатия при любой пространственной конфигурации контурных переходов. Тем не менее, синтезированные на его основе алгоритмы [2] обладают в области малых апертур сжатия невысокой относительной эффективностью по сравнению с одномерной АВД вследствие низкой помехоустойчивости используемых процедур предсказания контурной составляющей поля. Это вызывает необходимость синтеза помехоустойчивых процедур предсказания в рамках указанного метода.

2. Модель поля

Поле ИПРЗ $u(m,\tau)$, задаваемое на прямоугольной сеточной области $D: \{m\in[1,M];\ \tau\in[1,\infty)\}$,

где m - номер отсчета в строке, а τ - номер строки развертки, представляется в процессе измерений КИМ-сигналом [2] $u(t)$ при $t=m+(\tau-1)M$ в виде суммы контурной - $S(t)$ и полутоновой - $y(t)$ составляющих. Анализ полей ИПРЗ показал, что адекватной моделью $y(t)$ является белый гауссовский шум с нулевым средним, а $S(t)$ - кусочно-постоянная функция с разрывами на контурах. Тогда при любой пространственной ориентации контуров отсчеты модели $q^s(t)$ сигнала $S(t)$ задаются в процессе развертки нулевой экстраполяцией "новых" или ранее предсказанных значений ближайших соседних отсчетов $\{q^s(t_i)\}_{i=\overline{1,4}}=\{q^s(t-1),$ $q^s(t-M-1), q^s(t-M), q^s(t-M+1)\}$. В этом случае развертку можно последовательно разбить на интервалы, где $q^s(t)$ принадлежит классу моделей $Q_i^s \ni q_i^s(t)$ с контурами, проходящими через узлы t и t_i сеточной области D, т.е. вдоль направлений (фаз) φ_i из Φ: $\{\varphi_1=180°, \varphi_2=135°, \varphi_3=90°, \varphi_4=45°\}$ относительно развертки. При описании такой модели необходимо указать на каждом интервале "новое" значение экстраполяционного отсчета и (или) принадлежность $q^s(t)$ определенному классу $Q_i^s\ (i=\overline{1,4})$.

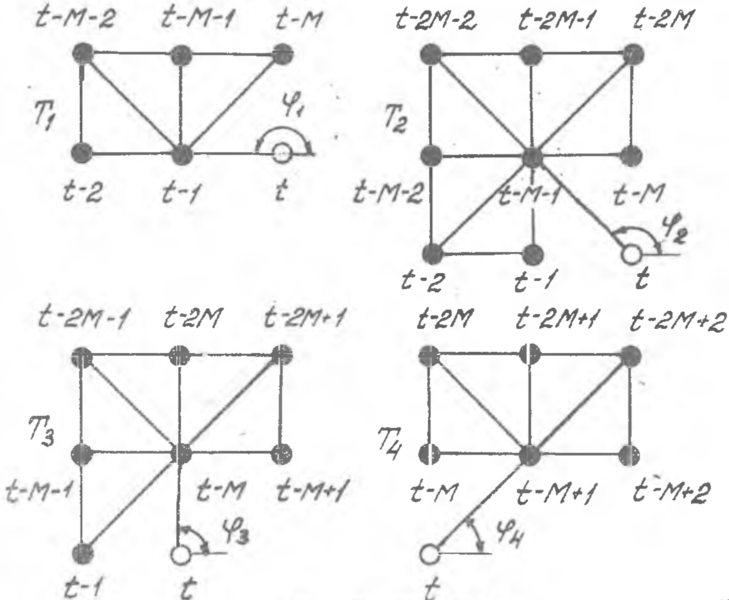
3. Процедуры предсказания

Подобное представление поля положено в основу алгоритма сжатия [2], у которого в процессе дискретизации $u(t)$ производится нулевое многофазное (по ϕ) предсказание $u(t)$ по ранее предсказанным и восстановленным из сжатых данных значениями отсчетов $\{q^u(t_i)\}_{i=\overline{1,4}}$ с последующей автономной АВД i-ых ошибок предсказания $e_i(t)=u(t)-q_i^u(t)=u(t)-q^u(t_i)$ интерполятором нулевого порядка. Существенными координатами на каждом интервале АВД является фаза - φ_k, обеспечивающая максимум интервала АВД, и интерполяционная оценка k-й ошибки предсказания - разность $q^u(t)-q^u(t_k)$.

Ниже предлагаются две процедуры помехоустойчивого порогового предсказания для указанного алгоритма, основанные на линейной фильтрации полутоновой составляющей поля. Для первой - предсказываемые значения $q_i^u(t)$ поля $u(t)$ формируются экстраполирующими анизотропными (по φ_i) линейными фильтрами с переменной структурой и параметрами, т.е.

$$q_i^u(t)=A_i\left[\{q^u(t_{ij})\}_j\right]=\sum_{t_{ij}\in G_i(t)}\alpha_{ij}(t)q^u(t_{ij}), \qquad (\mathrm{I})$$

где $G_i(t)\subseteq T_i=\{t_{ij}\}_j$ (рис.I), причем $G_i(t)$ - варьируемое подмножество T_i, а $\alpha_{ij}(t)$ - некоторые переменные коэффициенты. Тогда при малых апертурах сжатия наилучшая помехоустойчивость (I) обеспечивается следующими условиями



Р и с. I. Множества T_i узлов $t_{ij}<t$ порогового анизотропного предсказания (линии указывают возможные направления контуров)

$$
\begin{cases}
\overline{\left(y(t)-A_i\left[\{y(t_{ij})\}_j\right]\right)^2} \to min \\
q^s(t)-A_i\left[\{q^s(t_{ij})\}_j\right]=0;\ q^s(t)\in Q_i^s,\ i=\overline{1,4}.
\end{cases} \quad (2)
$$

Поскольку на T_i возможна любая конфигурация контуров, проходящих через узлы t_i и $t_{ij}\neq t_i$ (см. рис. I), то согласно (2) подмножество G_i (t) определяется такими $t_{ij}\in T_i$, для которых

$$
|q^u(t_i)-q^u(t_{ij})|\leqslant \sigma. \quad (3)
$$

Здесь $\sigma>0$ – порог распознавания контуров поля. Очевидно, что (3) удовлетворяют $\alpha_{ij}(t)=(V[G_i(t)])^{-1}$, где $V[*]$ – объем G_i в момент t.

Вторая процедура использует предсказание (I) только в окрестности контуров, т.е. при

$$\sup_{i=\overline{1,4}} q^u(t_i) - \inf_{i=\overline{1,4}} q^u(t_i) > \delta . \qquad (4)$$

Вне контуров, т.е. при нарушении (4), строится линейное изотропное предсказание

$$\hat{q}_i^u(t) = \hat{q}^u(t) = A\left[\{q^u(t_i)\}_i\right] = \sum_{i=1}^{4} \alpha_i q^u(t_i), \qquad (5)$$

где α_i – постоянные коэффициенты, определяемые по аналогии с (I) следующими условиями

$$\begin{cases} \overline{(y(t) - A[\{y(t_i)\}_i])^2} \longrightarrow \min \\ q^s(t) - A[\{q^s(t_i)\}_i] = 0;\ q^s(t) \in Q^s. \end{cases} \qquad (6)$$

Здесь Q^s – множество постоянных значений $S(t)$ внутри контуров.

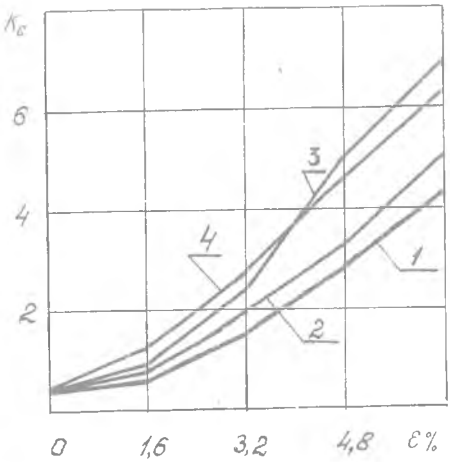
Из (6) следует, что $\alpha_i = 0{,}25$ ($i = \overline{1,4}$).

Особенностью второй процедуры является то, что если (4) не выполняется на всем интервале АВД, то в качестве существенной координаты фиксируется только интерполяционная оценка погрешности предсказания.

4. Анализ эффективности

Оценка эффективности – коэффициента сжатия по двоичным разрядам осуществлялась путем цифрового моделирования алгоритма сжатия [2] с рассмотренными процедурами предсказания на мелкодетальном фрагменте поля ИПРЗ, полученного с самолетной лаборатории ИКИ АН СССР в виде КИМ-сигналов разрядности 8 бит. Существенные координаты кодировались равномерным кодом значностью 8 бит. Временные даты АВД кодировались вместе с φ_k одним кодовым словом, а значения δ выбирались экспериментально из условия максимума эффективности сжатия.

Результаты моделирования (см. рис. 2) подтвердили более высокую эффективность сжатия, не менее чем на (40÷50)% относительно одномерной АВД, в диапазоне $\varepsilon_0\ \% = (1{,}6 \div 6{,}4)\%$ при $\delta = 8 + 0{,}5\,\varepsilon_0 \exp\{-0{,}05\,\varepsilon_0\}$.



Р и с. 2. Зависимость эффективности K_c от относительной (к шкале) допустимой погрешности дискретизации $\mathcal{E}_0$ % для одномерной АВД нулевым интерполятором (кривая I), алгоритма 2 (кривая 2), первой (кривая 3) и второй (кривая 4) процедур порогового предсказания

Л и т е р а т у р а

1. С е р г е е в В.В. Некоторые алгоритмы предсказания для дифференциального кодирования изображений. Тезисы докладов УП Всесоюзного симпозиума по проблеме избыточности в информационных системах. Ч.П., Ленинград, I977, с. I28-I3I.

2. В и т т и х В.А., Я м о в и ч А.А. Адаптивная дискретизация параметрических полей. Тезисы докладов УП Всесоюзного симпозиума по проблеме избыточности в информационных системах. Ч.П., Ленинград, I977, с. II3-II6.