лучших материалов составляет $4 \div 5$ [Вт·м$^{-1}$·К$^{-1}$]. Толщина нагревателя ограничена технологией получения тонких резистивных пленок и составляет $d_н \approx 4 \cdot 10^{-9}$ м, что обусловливает минимальное достижимое значение $H = 1 \div 2 \cdot 10^{-9}$ с.

Таким образом, проведенные теоретические исследования показали, что минимальная длительность импульсов, которая может быть воспроизведена ПЭП с точностью $1 \div 5$ %, составляет $1 \div 0,2$ мкс.

1. *Бондаренко Ю. Н., Берегов А. С.* Анализ функционального элемента на основе пироэлектрического эффекта в сегнетоэлектриках. — Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника, 1979, XXII, № 7, с. 37. 2. *Ключник И. И.* Пироэлектрический преобразователь пиковой мощности СВЧ. — Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника, 1981, XXIV, № 1, с. 81—82. 3. *Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф.* Специальные функции. М. : Наука, 1977. 342 с.

Поступила в редколлегию 02.09.82

УДК 621.396.677

В. Е. БОЧАРОВ, асп.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРА СХОДИМОСТИ АЛГОРИТМА С ЛИНЕЙНЫМ ОГРАНИЧЕНИЕМ

Сравним условия выбора параметра сходимости алгоритмов адаптивной фильтрации широкополосных процессов по критерию минимума среднего квадрата ошибки во временной области — Гриффитса и с линейным ограничением (ЛО) [1, 3]. Оба алгоритма, используя метод наискорейшего спуска, при прочих равных условиях могут обеспечить одинаковые асимптотические оценки результатов фильтрации, и для реализации нуждаются в примерно равных аппаратно-вычислительных затратах.

Одним из определяющих отличий алгоритма с ЛО [3] является инвариантность частотной характеристики фильтра в заданном направлении при изменении помеховой обстановки.

Выходной продукт фильтрации y в этих алгоритмах определяется зависимостью $y(n) = W^{т}(n)X(n)$, а итеративная процедура вычисления вектора весовых коэффициентов W на $n+1$ итерации определяется в алгоритме [1]

$$W(n+1) = W(n) + \mu[N - RW(n)], \tag{1}$$

в алгоритме с ЛО [3]

$$W(n+1) = P[W(n) - \mu RW(n)] + F, \tag{2}$$

где $X(n)$ — вектор отсчетов входного процесса; R — ковариационная матрица входного процесса в узлах трансверсального фильтра; N — вектор взаимной корреляционной функции входного и опорного сигналов; P — матрица, проектирующая градиент выходной мощности по весовым коэффициентам на подпространство ограничений [3]; F — вектор линейных ограничений; μ — параметр сходимости; т — знак транспонирования.

Для алгоритма с ЛО, учитывая то, что матрица P идемпотентна (т. е. $P^2 — P$) и тождество $PF \equiv 0$, можно представить итеративную процедуру определения весовых коэффициентов (2) зависимостью

$$W(n+1) = W(n) - \mu[PRF + PRPW(n)]. \tag{3}$$

Достаточным условием сходимости в среднем алгоритмов [1, 3] является условие

$$\mu \leqslant (trR)^{-1}, \tag{4}$$

легко реализуемое в динамическом режима [2]. Отметим, что в алгоритме с ЛО согласно (3) необходимым и достаточным условием сходимости является $\mu \leqslant (tr\ PRP)^{-1}$, где $tr\ R$, $tr\ PRP$ — след матриц P и PRP соответственно.

Вместе с тем можно показать, и это подтверждается моделированием на ЭВМ различных помеховых ситуаций, что для любых реальных входных процессов для фиксированной структуры трансверсального фильтра $trR > tr\ PRP$ и, следовательно, при реализации процедуры (4) для определения параметра сходимости в алгоритме с ЛО всегда значения этого параметра будут меньше предельно допустимых и, соответственно, в сравнении с алгоритмом Гриффитса [1] замедлен процесс его обучения.

1. *Гриффитс Л.* Простой адаптивный алгоритм для обработки сигналов антенных решеток в реальном времени.—ТИИЭР, 1969, т. 57, с. 6—15. 2. *Константиновский А. Г., Белинский В. Т., Кудинов А.* Динамическое управление сходимостью адаптивного фильтра, минимизирующего среднеквадратичную ошибку.— Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника, 1980, № 4, с. 101—103. 3. *Фрост III.* Алгоритм линейно ограниченной обработки сигналов в адаптивной решетке.— ТИИЭР, 1972, № 8, с. 5—16.

Поступила в редколлегию 27.09.82

УДК 621.372.542

Г. И. ВАСЮК, канд. техн. наук

О ДИСКРЕТНОМ ДВУМЕРНОМ ПРЕОБРАЗОВАНИИ ФУРЬЕ СО СМЕШАННЫМ ОСНОВАНИЕМ 2 И 3

При выполнении дискретного преобразования Фурье со смешанным основанием 2 и 3 в некоторых случаях получается существенная экономия арифметических операций, в первую очередь умножений, по сравнению с классическим БПФ с основанием 2 [1]. В еще большей мере это имеет место при многомерном ДПФ. Рассмотрим наиболее экономные варианты алгоритмов этапа преобразования с основанием 3 квадратных массивов размером N, где $N = 3 \cdot 2^r$; r — целое число.

Как показано в работе [2], этот этап представляет собой 2^r аналогичных ДПФ массивов размером 3×3. Аналитически это преобразование можно выразить следующим образом:

$$A[i + pN/3,\ k + qN/3] = \sum_{m=0}^{2} \sum_{n=0}^{2} A_{mn}(i, k) \exp\{-2\pi j [m \times \\ \times (i + pN/3) + n(k + qN/3)]/3\}, \tag{1}$$

где m, $n = 0, 1, 2$ — координаты сдвига соответствующего подмассива относительно начала координат p, $q = 0, 1, 2$; $A_{mn}(i, n)$— двумерный коэффициент Фурье подмассива с координатами m, n, а i и k — номера гармоник по строкам и столбцам.