

УДК 621.391

КОСТЕНКО П. Ю., ХРАПЧИНСКИЙ В. О., МИНЮКОВ Д. В.

ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ В РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ С СИНТЕЗИРОВАНИЕМ АПЕРТУРЫ ПО НУЛЕВЫМ МНОГООБРАЗИЯМ ДВУМЕРНОГО СПЕКТРА ТРАЕКТОРНОГО СИГНАЛА

Предложен подход к переходу от аналоговых алгоритмов восстановления двумерных сигналов (формирования изображений) к цифровым с одновременной коррекцией фазовых флуктуаций различной природы в наблюдаемом сигнале. В его основе лежит концепция неявной дискретизации, базирующаяся на использовании нулевых многообразий спектра траекторного сигнала. Рассмотрено преобразование аналогового алгоритма согласованной обработки траекторного сигнала при формировании радиолокационного изображения в радиолокационной системе с синтезированием апертуры в цифровую форму.

Ограничение точности и разрешающей способности радиолокационной станции с синтезированной апертурой (РСА) в большой степени обусловлено влиянием таких факторов, как: аддитивные шумы, неконтролируемые фазовые искажения сигнала, шумы дискретизации и квантования, возникающие при оцифровке принятого сигнала, т. е. аналогово-цифровом преобразовании функций вещественной или комплексной переменной к удобному для вычислений виду. Различные методы и алгоритмы компенсации фазовых искаже-

ний, основанные на результатах решения фазовой проблемы в многомерном случае, рассмотрены в работах [1—3]. Среди них и алгоритм восстановления многомерных финитных сигналов (изображений) по нулевым многообразиям их амплитудного спектра Фурье.

Известны два подхода к представлению функции последовательностью чисел (дискретизации). Первый подход, хорошо известный большинству инженеров как дискретизация сигнала с частотой Котельникова, основан на определении значений функции, на заданном множестве точек. Второй подход, связанный с понятием «нулевой выборки», менее привычен и предполагает выбор таких точек дискретизации, в которых искомая функция принимает заранее заданные значения, например, нулевые. Тогда множество точек дискретизации совпадает с множеством нулей функции, которые в общем случае могут быть комплексными. В [4] за этим подходом закрепилось название «неявная дискретизация». Для двумерных функций (сигналов) этот подход приводит к их представлению нулевыми многообразиями. Данный подход, применительно к одномерным сигналам, заданным последовательностью своих вещественных нулей, исследован в [5].

Перспективность использования нулевых многообразий при переходе к цифровой обработке принятого сигнала (выборе области наблюдения и ее дискретизации) находит подтверждение в результатах планирования регрессионного эксперимента на случайных полях [6]. Планирование позволяет выделить множество параметров или признаков наблюдаемого поля, позволяющих организовать цифровую процедуру восстановления радиолокационного изображения (РЛИ) с минимальной дисперсией оценок его элементов. Претендентами на роль таких признаков являются элементы нулевых многообразий, так как они могут быть использованы не только для коррекции фазовых искажений в наблюдаемом сигнале, но и для уменьшения ошибок при переходе к цифровой обработке наблюдений.

Из качественного анализа планирования области наблюдения и ее дискретизации известно [7], что наблюдения должны быть сосредоточены в окрестностях существенных признаков наблюдаемого поля, например, там, где оно изменяется достаточно быстро. В нашем случае такими признаками являются комплексные нули спектра траекторного сигнала.

Образами комплексных нулей являются локальные минимумы сечения квадрата модуля двумерного спектра траекторного сигнала в РСА. Координата локального минимума определяет вещественную часть корня, а глубина минимума связана с мнимой компонентой соответствующего корня.

Целью данной работы является неявная дискретизация траекторного сигнала в РСА при строго боковом обзоре с использованием конечного множества элементов нулевых многообразий его двумерного спектра и ее использование при переходе от аналогового алгоритма формирования РЛИ к цифровому.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бакалов В. П., Ерохин М. Ю. Коррекция неконтролируемых фазовых искажений траекторного сигнала радиолокационной станции с синтезированной апертурой // Радиотехника и электроника.— 2000.— Т. 45.— № 2.— С. 191—195.
2. Бакалов В. П. Неитерационный алгоритм восстановления двумерных дискретных сигналов по автокорреляционной функции // Радиотехника и электроника.— 1985.— Т. 30.— № 8.— С. 1565—1569.
3. Richard G. Lane, W. Richard Fright and Richard H. T. Bates. Direct phase retrieval // IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing.— Vol. ASSP-35.— No. 4.— April 1987.
4. Загор А., Отпенхайм А. В. Восстановление двумерных сигналов по пересечениям уровней // ТИИЭР.— Т. 78.— № 1.— С. 35—62.
5. Фалькович С. Е., Хомяков Э. Н. Статистическая теория измерительных систем.— М. : Радио и связь, 1981.— 392 с.
6. Виноградов В. Н., Гай Е. В., Работнов Н. С. Аналитическая аппроксимация данных в ядерной и нейтронной физике.— М. : Энергоатомиздат, 1987.— 284 с.
7. Фалькович С. Е., Пономарев В. И., Шкварко Ю. В. Оптимальный прием пространственно-временных сигналов в радиоканалах с рассеянием.— М. : Радио и связь, 1989.
8. Кондратенков Г. С., Потехин В. А., Реутов А. П., Феоктистов Ю. А. Радиолокационные станции обзора Земли.— М. : Радио и связь, 1983.
9. Bruck Yu.M., Sodin L. G. Opt.Comm., 1979.— Vol. 30.— No. 3.
10. Радиолокационные станции с цифровым синтезированием апертуры антенны / В. Н. Антипов, В. Т. Горяинов, А. Н. Кулин и др. — М. : Радио и связь, 1988.

Харьковский ин-т ВВС.

Поступила в редакцию 29.03.04.