

ПОВЫШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ АДАПТИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ЛЕНТОЧНО-ДИАГОНАЛЬНОЙ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ МАКСИМАЛЬНО ПРАВДОПОДОБНЫХ ОЦЕНОК КОРРЕЛЯЦИОННЫХ МАТРИЦ ГАУССОВЫХ ПОМЕХ

Рачков Д.С.

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Леховицкий Д.И.

Харьковский национальный университет радиозлектроники,

Научно-исследовательский центр

интегрированных информационных радиозлектронных систем и технологий

пр. Ленина, 14, г. Харьков, 61166, Украина

Тел.: +38 057 7021138; e-mail: dmitry.letters@gmail.com

Abstract — Energy performance of four algorithms of adaptive spatial and time processing of radar signals is compared. Important properties of diagonal, band, and joint band-diagonal regularization of the maximum likelihood estimates of Gaussian clutter or interference correlation matrices are shown.

1. Введение

Сопоставляется «энергетическое» быстродействие алгоритмов адаптивной обработки сигналов на фоне помех. Анализируется сочетание двух способов регуляризации максимально правдоподобной (МП) оценки корреляционной матрицы (КМ) гауссовых векторов входных воздействий с дискретными и непрерывными энергетическими спектрами. Показываются целесообразность такого сочетания для повышения быстродействия адаптивной обработки и рациональные способы его реализации на основе адаптивных решетчатых фильтров (АРФ).

2. Основная часть

Для защиты РЛС от помех в реальных условиях априорной неизвестности и динамичной изменчивости их характеристик требуются адаптивные системы пространственной, временной или пространственно-временной обработки. Важное требование к ним — высокое быстродействие, необходимое для эффективной работы при малых интервалах стационарности входных воздействий. Оно также желательно и в ситуациях стационарности на относительно больших временных интервалах, так как позволяет снизить требования к объему операций в единицу времени.

Обработка когерентных сигналов на фоне гауссовых помех состоит в весовом суммировании сигналов каналов приема с вектором весов, зависящим от матрицы, обратной (априори неизвестной) КМ помех.

Анализируются и сравниваются 4 метода адаптивной обработки, отличающиеся алгоритмами оценивания этой матрицы и предполагающие: 1) обращение МП оценки КМ [1]; 2) обращение регуляризованной МП оценки КМ [2]; 3) «ленточную» аппроксимацию матрицы, обратной МП оценке КМ; 4) «ленточную» аппроксимацию матрицы, обратной регуляризованной МП оценке КМ помех.

Они сравниваются по широко используемому «энергетическому» критерию быстродействия — объему выборки, при котором не превосходят допустимого значения (обычно -3 дБ) потери в отношении сигнал-(помеха+шум) по сравнению с оптимальной обработкой в гипотетических условиях отсутствия априорной неопределенности. «Энергетическое» быстродействие указанных методов оценивается для случаев гауссовых помех с дискретными и непрерывными энергетическими спектрами.

Показано, что при обработке сигналов на фоне гауссовых помех с дискретными спектрами наиболее эффективна «диагональная» регуляризация МП оценок КМ помех, а на фоне помех с непрерывными спектрами — «ленточная». Совместная «ленточно-диагональная» регуляризация МП оценок КМ помех эффективнее, чем каждая из них в отдельности.

Методы 2, 3 и 4 [2, 3] теоретически обоснованы принципом «ожидаемого правдоподобия» [4], позволяющим оценивать неизвестную истинную КМ помех не матрицей, максимизирующей отношение правдоподобия (ОП), а матрицей, приближающей значения ОП к тем, которые можно ожидать от истинной КМ. Количественно оценены выигрыши в эффективности многоканальной обработки, достижимые при учете априорной информации о возможной специфике структуры КМ помех (в частности, ее теплицевости или персимметрии). Рассмотренные методы регуляризации эффективно реализуются на основе АРФ [3], которые позволяют также достаточно просто учесть информацию о структуре КМ помех.

3. Заключение

Быстродействие многоканальной адаптивной обработки существенно повышается за счет использования методов регуляризации МП оценок КМ помех. Их эффективность зависит от формы энергетического спектра помех: для гауссовых помех с дискретными спектрами более эффективна «диагональная» регуляризация, для помех с непрерывными спектрами — «ленточная». «Ленточно-диагональная» регуляризация эффективнее каждой из них в отдельности. Она просто и эффективно реализуется АРФ, позволяющими также учесть и использовать для повышения быстродействия априорную информацию о специфике структуры КМ помех.

4. Список литературы

- [1] Reed I.S. Rapid Convergence Rate in Adaptive Arrays / I.S. Reed, J.D. Mallett, L.E. Brennan // IEEE Trans. on Aerospace Electr. Syst.— 1974. — Vol. AES-10. — P. 853—863.
- [2] Абрамович Ю.И. Регуляризованный метод адаптивной оптимизации по критерию максимума отношения сигнал/помеха / Ю.И. Абрамович // Радиотехника и электроника. — 1981. — Т. 26, № 3. — С. 543 — 551.
- [3] Леховицкий Д.И. Обобщенный алгоритм Левинсона и универсальные решетчатые фильтры / Д.И. Леховицкий // Изв. вузов: Радиофизика. — 1992. — Т. 35, № 9 — 10. — С. 790 — 808.
- [4] Abramovich Y.I. A Modified GLRT and AMF Framework for Diagonally Loaded and Fast Maximum-Likelihood Adaptive Detectors / Y.I. Abramovich, N.K. Spenser, A.Y. Gorokhov // IEEE Trans. on Aerospace and Electr. Syst. — 2007. — Vol. 43, № 3. — P. 1017 — 1051.