



3. Выгодчикова И.Ю., Гусятников В.Н. Модели динамических рядов интервальных данных и их приложения. Саратов: Саратовский социально-экономический институт (филиал) РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. – 108 с.

4. Полнос Золото, архив торгов, акция обыкновенная, котировки (пуб.). [Электронный ресурс]. URL: [https://www.finanz.ru/aktsii/arhiv-torgov/Polyus\\_Gold\\_1/MIC/1.7.2018\\_1.10.2018](https://www.finanz.ru/aktsii/arhiv-torgov/Polyus_Gold_1/MIC/1.7.2018_1.10.2018). Дата обращения: 07.04.2019.

И.В. Гринь, О.А. Морозов

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ВЗАИМНОЙ ВРЕМЕННОЙ ЗАДЕРЖКИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СЕЧЕНИЙ ФУНКЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРЕСЕЛЕКТИРОВАННЫХ УЗКОПОЛОСНЫХ КАНАЛОВ

(Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

В настоящее время существенно расширяются возможности применения систем космического базирования для решения широкого круга научно-технических и прикладных задач в различных сферах деятельности. При построении современных систем радиосвязи и навигации, особенно с использованием космического сегмента, важной задачей является разработка и исследования методов цифровой обработки сигналов, эффективно функционирующих в условиях априорной неопределенности относительно параметров сигналов и низкого отношения сигнал/шум каналов связи. Для повышения устойчивости передачи данных к шумам, а также повышения надежности каналов передачи информации в сложных условиях распространения сигналов в настоящее время широко используются методы расширения спектра и, соответственно, широкополосные сигналы [1].

Многопозиционные спутниковые системы позволяют, эффективно решать задачи определения местоположения источника излучения методами пассивной пеленгации в реальном масштабе времени. Одним из распространенных методов пассивной пеленгации источника излучения является разностно-дальномерный метод [2]. Его использование требует предварительного решения задачи оценки взаимных временных задержек распространения искаженных копий излученного сигнала

$$s_1(t) = x(t) + \xi(t), s_2(t) = \tilde{x}((1 - \alpha)t - \Delta t) + \eta(t),$$

распространяющихся по разным каналам [2,3].

Оптимальной в смысле максимального правдоподобия оценкой взаимной временной задержки сигналов, в условиях низкого отношения сигнал/шум и значительного доплеровского сдвига спектра, является оценка, рассчитанная на основе положения максимума взаимной функции неопределенности принимаемых сигналов  $s_1(t)$  и  $s_2(t)$  [2,3]:



$$A(\tau, \Delta f) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_1(t) \cdot s_2^*(t + \tau) \exp(-j2\pi\Delta f t) dt. \quad (1)$$

Критерием достоверности оценки взаимной временной задержки может служить отношение величины главного максимума результирующего распределения к среднеквадратичному значению отклонения от среднего, что также характеризует степень выраженности главного максимума в данном распределении:

$$C = \frac{\max(Q_i) - \langle Q \rangle}{\sqrt{\frac{1}{L} \sum_{i=0}^{L-1} (Q_i - \langle Q \rangle)^2}}, \quad (2)$$

где  $L$  – количество отсчетов в распределении  $Q$ .

В случае если исследуемые сигналы являются широкополосными, побочные максимумы взаимной функции неопределенности, получаемой при оптимальной обработке принимаемых сигналов, становятся сравнимыми по величине с главным максимумом, что не позволяет достоверно оценить взаимную временную задержку сигналов.

Для повышения вероятности достоверной оценки взаимных временных задержек широкополосных сигналов может быть предложена общая модифицированная схема расчета, основанная на алгоритме, предложенном в [3]. Модифицированная схема предполагает предварительное выделение  $M$  узкополосных каналов с центральной частотой  $f_k$  и шириной спектральной полосы  $B_k$ , расчет распределений на основе (1) для оценки взаимной временной задержки в каждом узкополосном канале и последующее когерентное или некогерентное усреднение полученных распределений. Ширину спектральной полосы узкополосных каналов  $B_k$  целесообразно выбирать так, чтобы доплеровское расширение данной спектральной полосы было пренебрежимо мало для эффективного применения алгоритмов оценки взаимной временной задержки узкополосных сигналов ( $B_k \ll f_0$ ).

Для предложенного алгоритма когерентного и некогерентного усреднения проведено исследование величины критерия выраженности (2) главных максимумов результирующих распределений в зависимости от количества узкополосных каналов  $M$ . Исследование проводилось для OFDM-сигналов с шириной спектра – 420 МГц, включающих 512 поднесущих. Отношение сигнал/шум ОСШ = -5 дБ. На рисунке 1 приведены графики зависимостей критерия  $C(2)$  результирующих распределений от количества выделяемых узкополосных каналов  $M$ . На рисунке зависимость 1 соответствует когерентному накоплению, зависимость 2 – некогерентному накоплению.

Рассмотрены методы повышения эффективности оценки взаимных временных задержек широкополосных сигналов, основанные на алгоритме вычисления взаимной функции неопределенности. С целью сравнительного анализа эффективности когерентного и некогерентного методов накопления данных цифровой обработки выделенных узкополосных каналов проведено компью-



терное моделирование алгоритмов построения взаимной функции неопределенности сигналов широкополосных систем связи.

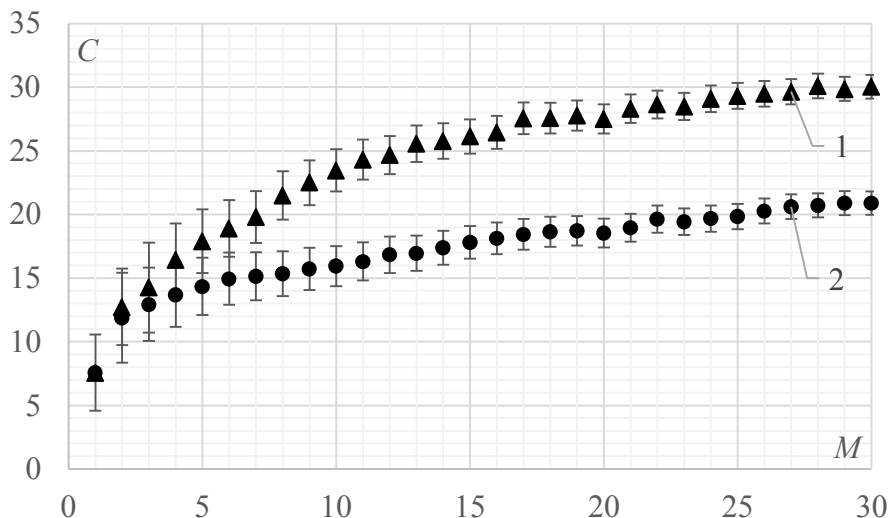


Рис 1. Зависимости критерия  $C(2)$  результирующего распределения от количества узкополосных каналов  $M$

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о целесообразности применения алгоритма усреднения сечений в случае анализа множества взаимных корреляционных функций или взаимных функций неопределенности с максимумами недостаточной выраженности.

### Литература

1. Ипатов В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение каналов. М.: Техносфера, 2007. 488 с.
2. Гришин Ю.П., Казаринов Ю.М., Ипатов П.В. Радиотехнические системы. М.: Высш. шк., 1990. 496 с.
3. Гринь И.В., Ершов Р.А., Морозов О.А. Определение местоположения источника излучения сверхширокополосных систем связи // Системы управления и информационные технологии, №3(1), 2015. С. 18-22.

В.В. Зайцев

### РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ПРОГРАММЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ И УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПРОСОВ

(Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева-КАИ)

В настоящее время задача оптимизации процессов на предприятиях является очень востребованной. В связи с этим возникает необходимость разработки механизмов, которые позволили бы выполнить эту оптимизацию за минимальное время.