

НЕПАРАМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ SG-СТАТИСТИКИ В УМОВАХ ДІЇ МУЛЬТИПЛІКАТИВНИХ ЗАВАД

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Анотація

Запропоновано новий непараметричний метод виявлення сигналів, що базується на використанні SG-статистики в умовах дії мультиплікативної завади. Запропонований метод виявлення не залежить від апріорної інформації щодо щільності розподілу імовірності завади та не враховує модель сигналу який спостерігається. Проведено порівняльний аналіз запропонованого непараметричного методу виявлення сигналів з класичними параметричними методами.

Ключові слова: непараметричний метод виявлення сигналів, мультиплікативна завада, SG-статистика, відношення передбачування.

Сучасні радіолокаційні системи посадки (РСП) працюють в умовах складної завадової обстановки, де якість виявлення сигналів значно погіршується через вплив на РСП як адитивних так і мультиплікативних завад. Мультиплікативні завади зазвичай виникають через роботу цивільних станцій мобільного зв'язку типу GSM (Global System for Mobile Communications) та роботи інших засобів зв'язку та радіотехнічного забезпечення в районах розміщення аеродромів. На відміну від адитивних завад, мультиплікативні завади модулюють амплітуду корисного сигналу, що призводить до нелінійного спотворення форми радіоімпульсу, зміни його ефективної тривалості та спектральних характеристик. Це робить неефективними параметричні та відомі класичні непараметричні методи виявлення сигналів, які покладаються на апріорне знання щільності імовірності розподілу шуму [2].

Традиційні непараметричні методи такі як знаковий та ранговий алгоритм також втрачають стійкість, оскільки мультиплікативні завади порушують незалежність спостережень та симетрію їх розподілу.

Метою роботи є розгляд непараметричного методу виявлення сигналів на основі SG-статистики, який забезпечує роботу системи в умовах дії мультиплікативних завад з невідомими статистичними характеристиками.

Для вирішення задачі виявлення сигналів в умовах дії мультиплікативних завад запропоновано використання непараметричного методу виявлення сигналів на основі SG-статистики. Цей метод не вимагає знання закону розподілу завад та сигналу і базується на використанні індексу передбачуваності SG.

У загальному випадку задача виявлення зводиться до вибору однієї з двох альтернативних гіпотез: H_0 – сигнал наявний у спостереженні та H_1 – сигнал відсутній, тобто наявні лише завади.

Нехай вхідний сигнал системи виявлення має вигляд:

$$y(t) = s(t) \cdot n(t) \quad (1)$$

де $s(t)$ – корисний сигнал; $n(t)$ – мультиплікативна завада [1].

В задачах виявлення сигналів для обґрунтованого вибору між гіпотезами H_1 та H_0 , фіксується значення помилки хибного виявлення α та визначається ймовірності правильного виявлення $D=1-\alpha$, а також поріг прийняття рішення, який у випадку адитивної завади обумовлюється критерієм відношенням правдоподібності (вирішальної статистики). Цей критерій є оптимальним у випадку адитивної завади з відомою щільністю розподілу імовірності.

У параметричних методах знання розподілу шуму дозволяє точно визначити порогове значення L , яке відповідає заданому рівню хибної тривоги α . Якщо характеристики шуму

змінюються, але закон розподілу відомий, поріг можна адаптувати, щоб підтримувати розрахункові показники.

При використанні непараметричної SG-статистики для вирішення задачі виявлення сигналу, в умовах його спотворення мультиплікативною завадою, пропонується використовувати відношення передбачуваності L , яке схоже на відношення правдоподібності, а саме:

$$L = \frac{SG_y}{SG_n} \quad (2)$$

де SG_y – значення SG-статистики спостереження сигналу, що спотворений завадою; SG_n – значення SG-статистики шуму [3].

Для вибору порогового значення l відношення L за умови що $L \geq l$ коли приймається рішення щодо присутності або відсутності сигналу для заданого рівня хибної тривоги α значення якого обумовлено критичним значенням щільності імовірності розподілу відношення L . В роботі досліджується щільність імовірності розподілу відношення L для різних довжин спостереження сигналу спотвореного мультиплікативною завадою з гаусівським розподілом імовірності. Слід зауважити, що при моделюванні методу виявлення сигналу вид закону розподілу імовірності завади не враховувався.

Якщо L має розподіл Стюдента або гаусівський коли кількості елементів часового ряду збільшується для визначення критичного значення щільності розподілу ймовірності можна скористатися відповідними таблицями.

В подальшому має сенс визначення ефективності роботи зазначеного методу виявлення сигналу, а також для вибору оптимального порогу прийняття рішення, провести дослідження залежності правильного виявлення сигналу від відношення сигнал/шум. Окрім цього дослідити чутливість обраного методу до виду розподілу завади з легкими та важкими хвостами наприклад: рівномірного, логарифмічного чи розподілу Коші.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Костенко П.Ю., Васюта К.С., Слободянюк В.В., Качайло Р.О., Чистов, В.І. Непараметричний метод виявлення сигналів з використанням SG-статистики. Вісті вищих учбових закладів. Харків: ХНУПС, 2024. 4с.
2. Свид І. В., Обод І. І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий»: монографія. / І. В. Свид, І. І. Обод. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 254 с.
3. Костенко П.Ю., Васюта К.С., Слободянюк В.В., Чистов, В.І., Альонкін М.І. Застосування індексу передбачуваності для класифікації процесів в інформаційно-комунікаційних системах // Радіоелектроніка та системи зв'язку. 2024.: Стаття в журналі С. 154–158. doi: <https://doi.org/10.3103/S0735272724060013>

Костенко Павло Юрійович — д.т.н., професор, професор кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: kpyu@ukr.net

Решетняк Катерина Олександрівна — слухач групи 463С, факультет автоматизованих систем управління та наземного забезпечення польотів авіації, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: katerinaresetnak08@gmail.com

Лук'янюк Роман Анатолійович — ад'юнкт штатний науково-організаційного відділу університету, факультет автоматизованих систем управління та наземного забезпечення польотів авіації, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: romanlukianiuk94@gmail.com

NONPARAMETRIC SIGNAL DETECTION METHOD USING SG-STATISTICS UNDER MULTIPLICATIVE INTERFERENCE

Abstract

A novel nonparametric signal detection method is proposed, based on the use of SG-statistics under the influence of multiplicative interference. The proposed detection method does not depend on a priori information regarding the probability density distribution of the interference and does not consider the model of the observed signal. A comparative analysis of the proposed nonparametric signal detection method with classical parametric methods has been conducted.

Keywords: nonparametric signal detection method, multiplicative interference, SG-statistics, predictability ratio.

Supervisor: **Kostenko Pavlo Y.** — Doctor of Engineering, professor, professor of the department of Aviation Radio Navigation and Landing Systems, Kharkiv National Air Force University named after Ivan Kozhedub, Kharkiv, email: kpyu@ukr.net

Reshetniak Kateryna A. — student of group 463C, Faculty of Automated Control Systems and Ground Support of Aviation, Kharkiv National Air Force University named after Ivan Kozhedub, Kharkiv, email: katerinaresetnak08@gmail.com

Lukianiuk Roman A. — adjunct of the educational and organizational department of the university, Faculty of Automated Control Systems and Ground Support of Aviation, Kharkiv National Air Force University named after Ivan Kozhedub, Kharkiv, email: romanlukianiuk94@gmail.com