

СНИЖЕНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОЦЕНИВАНИЯ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ СИСТЕМАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

А. И. Литвин-Попович

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра радиоэлектронных систем*
Контактный тел.: 068-432-93-36

E-mail: andrey_res@ukr.net

С. Р. Щекин*

Контактный тел.: (057) 362-00-59

E-mail: sergey_shchekin@ukr.net

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

В роботі розглянуто методи зниження систематичних похибок вимірювання параметрів атмосфери системами дистанційного зондування на прикладі радіолокаційних систем вертикального зондування. Зниження систематичних похибок проілюстровано результатами імітаційного моделювання

Ключові слова: радіолокаційне зондування атмосфери, цифрова обробка радіолокаційних сигналів, систематичні похибки вимірювання

В работе рассмотрены методы снижения систематических погрешностей измерения параметров атмосферы системами дистанционного зондирования, на примере радиолокационных систем вертикального зондирования. Снижение систематических погрешностей проиллюстрировано результатами имитационного моделирования

Ключевые слова: радиолокационное зондирование атмосферы, цифровая обработка радиолокационных сигналов, систематические погрешности измерений

1. Введение

Принцип действия радиолокационных систем вертикального зондирования атмосферы (РЛС ВЗ) основан на регистрации сигналов, рассеянных неоднородностями коэффициента диэлектрической проницаемости атмосферы [1]. Измерение параметров рассеянных сигналов позволяет оценить динамические параметры атмосферы, в частности направление и скорость ветра, а также интенсивность турбулентных процессов в атмосфере. Радиальная скорость ветра оценивается по величине доплеровского сдвига частоты рассеянного сигнала, направление ветра - по знакам проекций радиальной скорости ветра.

Ширина спектра рассеянного сигнала содержит информацию об интенсивности турбулентных процессов.

Рассеянные сигналы регистрируются на фоне шума и помех, что приводит к погрешностям оценивания их параметров и, соответственно, к погрешностям оценивания динамических параметров атмосферы. Конкретные практические приложения систем метеообеспечения предъявляют определенные граничные значения погрешностей измерения метеопараметров.

В связи с этим, вопрос о снижении погрешностей измерения является актуальным.

2. Задача оценивания параметров и её особенности

Пусть требуется оценить некоторый параметр ψ сигнала $s(t)$, действующего на входе приемного устройства. Сигнал предполагается суммой рассеянного сигнала $x(t)$ и белого шума $n(t)$:

$$s(t) = x(t) + n(t).$$

Влиянием помех на данном этапе пренебрегаем. Обозначим процедуру оценивания параметра через P , а значение оценки параметра ψ - через ψ' . Таким образом,

$$\psi' = P(s(t)).$$

В общем случае, влияние аддитивного шума $n(t)$ приводит к тому, что $\psi' \neq \psi$. Введём величину отклонения оценки от истинного значения параметра:

$$\varepsilon = \psi' - \psi.$$

Путем имитационного моделирования, можно сформировать сигналы с заданным значением параметра ψ , и подвергнуть их обработке, получив соответствующие значения оценок ψ' . Значения оценок связаны с истинным значением параметра следующим соотношением:

$$\psi' = F(\psi) + \xi, \tag{1}$$

где F - некоторая функция, а ξ - случайная величина. Функция F описывает систематические погрешности оценивания, а ξ - случайные погрешности, вызванные шумами.

Величина случайных погрешностей зависит от отношения сигнал/шум $q = \sqrt{\frac{2E}{N_0}}$, где E - энергия рассеянного сигнала, а N_0 - спектральная плотность мощности шума. При отношениях сигнал/шум $q \gg 1$, влиянием случайных погрешностей можно пренебречь. При этом,

$$\psi' \cong F(\psi).$$

Аналитическое выражение для функции F отсутствует, однако можно аппроксимировать эту функцию полиномом степени N :

$$F(\alpha) = a_0 + a_1\psi + a_2\psi^2 + \dots + a_N\psi^N,$$

или

$$\psi' = \sum_{i=0}^N a_i \psi^i. \tag{2}$$

Решением задачи аппроксимации в данном случае будет набор коэффициентов $a_1 \dots a_{N+1}$.

При этом, в процессе измерений нам известны коэффициенты $a_1 \dots a_{N+1}$, и значение оценки искомого параметра ψ' . Определить истинное значение ψ можно из уравнения (2), переписав его в виде

$$\sum_{i=0}^N a_i \psi^i - \psi' = 0. \tag{3}$$

Для уравнений степени 1..4 есть аналитические решения, решение уравнений более высокой степени целесообразно осуществлять численно.

В дальнейшем будем обозначать через ψ истинное значение оцениваемого параметра, через ψ' - его оценку, а через ψ'' - результат восстановления истинного значения путем решения (3).

Тогда получим: $\epsilon' = \psi' - \psi$ - отклонение оценки от истинного значения параметра, $\epsilon'' = \psi'' - \psi$ - отклонение восстановленной оценки от истинного значения параметра.

3. Процедура моделирования

Использовалась модель рассеянного сигнала и методы параметризации, описанные в [2] – метод максимумов, метод моментов и метод наименьших квадратов. Моделирование проводилось следующим образом:

- для всех рассматриваемых методов параметризации, были получены оценки параметров для полного диапазона возможных значений параметров, для определения коэффициентов полинома (2);
- коэффициенты полинома a_i были оценены для набора порядков полинома от 1 до 50, затем для каж-

дого из методов был выбран порядок полинома, обеспечивающий минимальное среднеквадратическое отклонение полученной зависимости от исходной;

- было проведено моделирование для диапазона отношений сигнал/шум $q = -20 \dots 20$ дБ, и получены значения оценок параметров ψ' ;

- из уравнения (3), используя оцененные ранее коэффициенты a_i и оценки параметров ψ' , получены восстановленные оценки ψ'' .

Для имеющихся наборов значений ψ, ψ' и ψ'' построены зависимости метрик погрешностей от отношения сигнал/шум, и от параметров сигнала.

В данной работе применены следующие метрики погрешностей оценивания параметров:

$$M_1 = \overline{\epsilon}, M_2 = |\overline{\epsilon}|, M_3 = \sigma(\epsilon).$$

Значения метрик погрешностей нормированы к максимальному значению оцениваемого параметра.

4. Оценивание систематических погрешностей

На рис. 1-3 приведены оценки систематических погрешностей для метода максимумов, метода моментов и метода наименьших квадратов соответственно.

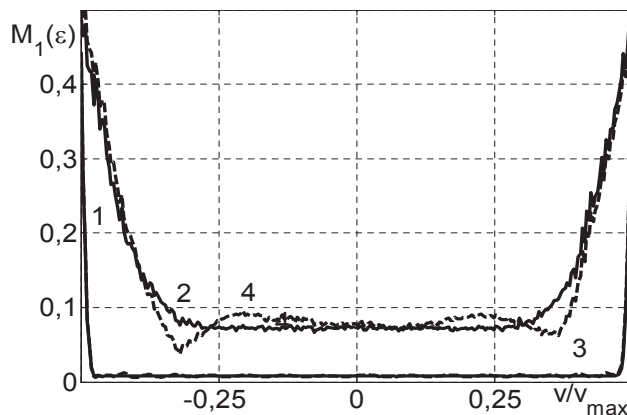


Рис. 1. Зависимость систематической погрешности оценивания скорости ветра $M_1(\epsilon)$ от значения скорости, заданного в модели v/v_{max} для метода максимумов

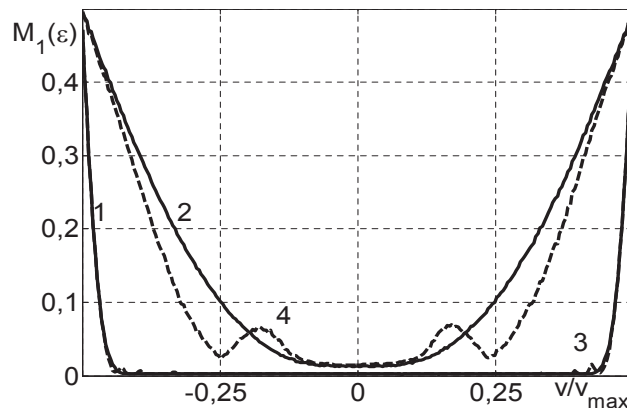


Рис. 2. Зависимость систематической погрешности оценивания скорости ветра $M_1(\epsilon)$ от значения скорости, заданного в модели v/v_{max} для метода моментов

При этом кривыми 1 и 2 обозначены результаты, полученные без коррекции, а 3 и 4 – соответственно, с коррекцией оценок. Кривые 1 и 3 получены при ширине спектра рассеянного сигнала, составлявшей 0.05 от диапазона однозначно определяемых скоростей, а 2 и 4 – при ширине спектра 0.5. Столь большая ширина спектра не типична для систем вертикального зондирования атмосферы, однако может иметь место при адаптивном управлении кратностью когерентного накопления энергии сигнала [3].

Для всех методов оценивания параметров, характерно возрастание погрешностей вблизи предельных значений скорости ветра. Величина этих погрешностей возрастает с увеличением ширины спектра рассеянного сигнала. Наибольшая величина погрешностей характерна для метода моментов (рис. 2).

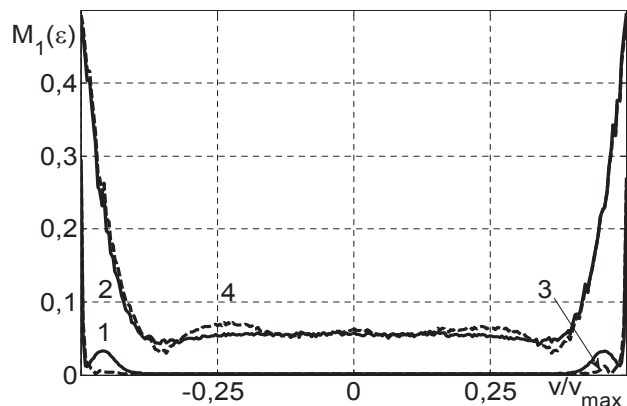


Рис. 3. Зависимость систематической погрешности оценивания скорости ветра $M_1(\varepsilon)$ от значения скорости, заданного в модели v/v_{\max} для метода наименьших квадратов

Предлагаемый метод коррекции (кривые 3,4) обеспечивает снижение погрешности на краях диапазона однозначно определяемых скоростей. Вместе с тем заметны колебания оценок в центральной части диапазона скоростей (особенно при большой ширине спектра, кривая 4 на рис. 1-3). На рис. 4-6 приведены зависимости погрешности оценивания от отношения сигнал/шум, осредненные по диапазону однозначно определяемых скоростей.

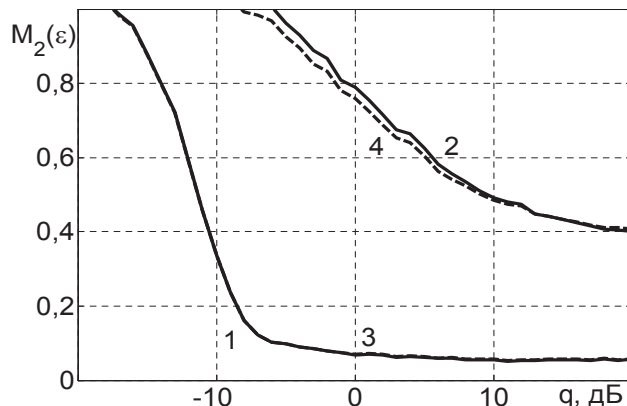


Рис. 4. Зависимость погрешности оценивания скорости ветра $M_2(\varepsilon)$ от отношения сигнал/шум q для метода максимумов

Предлагаемый метод коррекции систематических погрешностей обеспечивает незначительное снижение величины погрешности для метода максимума и метода наименьших квадратов (рис. 4, 6). В случае метода моментов выигрыш более значителен (рис. 5).

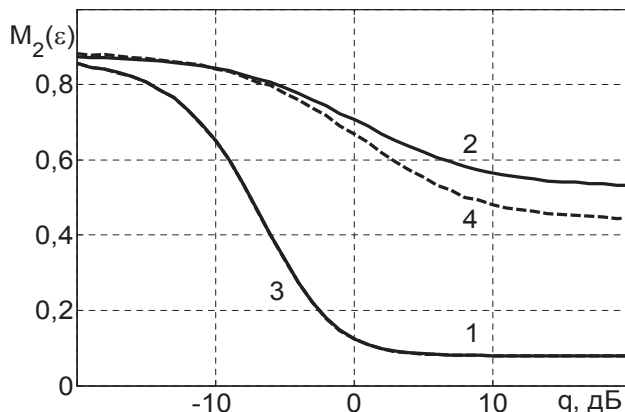


Рис. 5. Зависимость погрешности оценивания скорости ветра $M_2(\varepsilon)$ от отношения сигнал/шум q для метода моментов

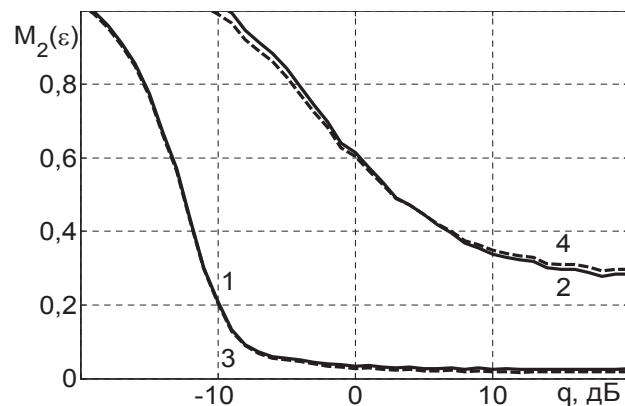


Рис. 6. Зависимость погрешности оценивания скорости ветра $M_2(\varepsilon)$ от отношения сигнал/шум q для метода наименьших квадратов

Наименьшие систематические погрешности характерны для метода максимумов (рис. 1, 4) и метода наименьших квадратов (рис. 3, 6).

5. Выводы

Для всех методов параметризации спектров рассеянных сигналов характерно наличие систематических погрешностей оценивания. Эти погрешности максимальны при приближении значения скорости ветра к границе диапазона однозначно определяемых скоростей. Минимизировать погрешности можно адаптивным выбором диапазона однозначно определяемых скоростей РЛС в соответствии с метеобстановкой, а также коррекцией оценок рассмотренным в данной работе методом. Поскольку коррекция наиболее эффективна в ограниченном диапазоне скоростей ветра, можно добиться снижения погрешности путем выборочного использования этой процедуры в процессе обработки. Корректироваться в таком случае будут лишь оценки, находящиеся на краях диапазона однозначно определяемых скоростей.

Литература

1. Дистанционные методы и средства исследования процессов в атмосфере Земли [Текст] / Под общ. ред. Б. Л. Кашеева, Е. Г. Прошкина, М. Ф. Лагутина. Харьков: Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники; Бизнес Информ, 2002. - 426 с.
2. Литвин-Попович, А.И. Параметризация спектров рассеянных сигналов в РЛС вертикального зондирования атмосферы [Текст] / А.И. Литвин-Попович, В.Н. Олейников // Х.:ХНУРЭ, Радиотехника. Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2008. – Вып. 152. – С. 49-52.
3. Литвин-Попович, А.И. Повышение эффективности цифровой обработки сигналов РЛС вертикального зондирования атмосферы [Текст] / А.И. Литвин-Попович, В.Н. Олейников // Х.:ХНУРЭ, «Прикладная радиоэлектроника», 2008. - Т. 7, №4. - С.400-403.

Abstract

The article presents a method of correction of the systematic errors of estimation of the parameters of the atmosphere in vertical sounding radar systems. The systematic errors of measurement affect the accuracy of determining the parameters of the atmosphere, in particular wind speed. The use of more thorough methods of estimation of parameters of a signal, and the special procedures of systematic error correction, provide more accurate and operational estimates of the parameters of the environment. One of such correction procedures, based on polynomial regression, is discussed in this article. The main purpose is to study the possibilities of reduction of the systematic errors of estimation of the parameters of the scattered signal in the systems of signal processing of radars of vertical air sounding. In the study we used the method of simulation and the statistical analysis of the results. The research results can be used to design and modernize the systems of signal processing of radars of vertical air sounding. The application of the method of correction of the systematic errors together with the adaptive control of multiplicity of coherent accumulation of energy of the scattered signals permit to reduce significantly the error of estimation of wind speed

Keywords: radar air sounding, digital processing of radar signals, systematic errors of measurement of signal parameters

У статті проведено аналіз існуючих методів оптимізації маршрутизації в бездротових сенсорних мережах ZigBee з mesh топологією. Надано розв’язок задачі визначення довжини найкоротшого шляху різними методами

Ключові слова: ZigBee, mesh мережа, методи оптимізації, метод Белмана-Форда, метод Дейкстри

В статье проведен анализ существующих методов оптимизации маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях ZigBee с mesh топологией. Представлено решение задачи определения длины кратчайшего пути различными методами

Ключевые слова: ZigBee, mesh сеть, методы оптимизации, метод Беллмана-Форда, метод Дейкстры

УДК 004.021.057.4

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ MESH СЕТИ В ZIGBEE

А.С. Борисенко

Аспирант

Кафедра проектирования и эксплуатации
электронных аппаратов

Харьковский национальный университет
радиоэлектроники

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

Контактный тел.: 093-720-56-01

E-mail: borisenko_ana@ukr.net

1. Введение

До настоящего времени не существует оптимального метода адаптивной маршрутизации в сенсорных сетях на основе ZigBee устройств. Общие методы адаптивной маршрутизации, которые используются в соответствующих алгоритмах и протоколах сетей для определения длины кратчайшего пути, не являются

оптимальными, поскольку решают эту задачу посредством некоторой операции, позволяющей приблизиться к оптимальному решению.

Создание более совершенного алгоритма должно основываться на анализе характеристик, достоинств и недостатков существующих. В связи с этим в работе проводится сопоставление наиболее известных методов оптимизации и их модификаций, среди которых