

Ця стаття присвячена аналізу якості двовимірного цифрового фільтра. Отримані результати повністю узгоджуються з теорією. Досліджено вплив взаємної інформації на якість оцінки процесів, що повільно змінюються

Ключеві слова: двовірний фільтр, взаємна інформація, якість оцінки

Данная статья посвящена анализу качества двумерного цифрового фильтра. Полученные результаты полностью согласовываются с теорией. Исследовано влияние взаимной информации на качество оценки медленно изменяющихся процессов

Ключевые слова: двумерный фильтр, взаимная информация, качество оценки

The given work is devoted to quality analysis of two-dimensional digital filter. Derived results are completely adjusted with theory. The influence of reciprocal information is investigated

Keywords: two-dimensional filter, reciprocal information, estimation quality

УДК 681.307

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ДВУМЕРНОГО РЕКУРСИВНОГО ФИЛЬТРА

Е.О. Поповская*

Б.С. Тур

Аспирант*

Контактный тел.: 050-806-95-48

E-mail: bogdan_tur@mail.ru

Я.Т. Хуссейн

Аспирант*

Контактный тел.: 093-370-05-45

E-mail: yahstar2008@yahoo.com

*Кафедра телекоммуникационных систем и сетей

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

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

1. Введение

В настоящее время все большее внимание специалистов привлекают рекурсивные методы принятия решения в управляющих системах [1,2]. Примером таких рекурсивных процедур являются алгоритмы предотвращения перегрузки буфера и оценки уровня нагрузки при решении задач маршрутизации в ТКС, алгоритм оценки времени кругового обращения RTT в технологии TSP и др.

Основными процедурами, используемыми для этих целей являются, методы стохастической аппроксимации, реализация которых представляется в виде

$$x(k) = x(k-1) - \alpha_{ij}(y(k) - x(k-1)), \quad (1)$$

где α_{ij} – шаговая постоянная, обеспечивающая устойчивость данной процедуры и точность обработки наблюдаемой статистики. Данное уравнение имеет другой адекватный вид, который представлен в описаниях протоколов вышеуказанных технологий:

$$x(k+1) = x(k)(1 + \alpha_{ij}) - \alpha_{ij}y(k), \quad (2)$$

Одномерные процедуры (1) и (2) достаточно хорошо исследованы [1,2] и их устойчивость обеспечивается соответствующим выбором шаговой постоянной α_{ij} при достаточно общих ограничениях на множество статистики $y \in Y$.

Вместе с тем, достаточно часто приходится решать задачи нахождения оценки двух- или более мерных процессов $x^T(k) = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, $n = 2, 3, \dots, n$, функционально или статистически связанных между собой. В качестве примера связанности можно указать на про-

цессы, описывающие сигналы в соседних антеннах в технологии MIMO, процессы во взаимодействующих маршрутизаторах и др.

При наличии таких связей следует ожидать, что точность оценки каждой из компонент x_i должна повышаться, поскольку неопределенность в независимой n -мерной системе выше, чем при наличии указанных зависимостей между переменными в этой системе.

Возникает вопрос о том, насколько взаимная информация оказывается полезной при наличии таких оценок и при каких параметрах рекурсивной процедуры (1) или (2), в частности при наличии не нулевых значений α_{ij} , имеется выигрыш в точности оценивания. Другой важной задачей является получение ответа на вопрос как наилучшим образом можно использовать взаимную информацию, содержащуюся в α_{ij} .

2. Постановка задачи

Можно показать, что процедуры (1) и (2) являются оптимальными при оценке случайных величин, для которых справедливо уравнение состояния [3]

$$x(k) = x(k+1), \quad (3)$$

то есть, когда состояние является случайным и постоянным. Известно также, что рекурсивные методы позволяют производить вполне состоятельную оценку при достаточно медленно изменяющихся функциях $x(k)$. При этом, очевидно, выбирать шаг дискретизации следует выбирать значительно мень-

ше квази периода или интервала корреляции этой функции.

В качестве оцениваемых функций возьмем две синусоидальные функции с одинаковой амплитудой, но разной фазой между ними от 0^0 до 90^0 . В качестве уравнения наблюдения выберем выражение

$$y = x(k) + v(k), \tag{4}$$

где состояние $x(k)$ наблюдается на фоне гауссовского белого шума $V(k)$. Уровень шума наблюдения (N_0 - спектральную плотность мощности) выберем равной 0,5 по отношению к амплитуде измеряемого сигнала, т.е. $\sqrt{N} = 0,5$.

Двумерный алгоритм стохастической аппроксимации процесса $x(k)$ имеет вид:

$$\begin{cases} x_1(k+1) = x_1(k) + \alpha_{11}(y_1(k) - x_1(k)) + \alpha_{12}(y_2(k) - x_2(k)) \\ x_2(k+1) = x_2(k) + \alpha_{21}(y_1(k) - x_1(k)) + \alpha_{22}(y_2(k) - x_2(k)) \end{cases} \tag{5}$$

Структурная схема двумерного алгоритма стохастической аппроксимации представлено на рис.1. Из рисунка видно, что взаимные связи между x_1 и x_2 обеспечиваются за счет a_{12} и a_{21} хотя можно их ограничивать и за счет взаимных влияний в уравнении наблюдения (4), однако этот случай будет отображать наличие переходных помех при измерении состояния $x_i(k)$.

В качестве анализируемого процесса $\bar{x}(k)$ выберем измененную во времени синусоидальную функцию длиной два периода колебаний T . Данный сигнал $\bar{x}^T(k) = (x_1, x_2)$ наблюдается на фоне гауссовского белого шума $V(k)$ уровень которого в два раза ниже уровня полезного сигнала.

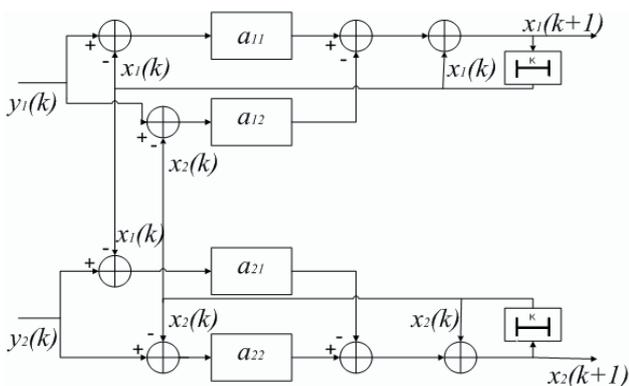


Рис. 1. Структурная схема двумерного алгоритма стохастической аппроксимации процесса $\bar{x}(k)$.

Таким образом, определено уравнение наблюдения (4).

Требования о медленном изменении оцениваемой функции обеспечим соответствующим выбором шаг дискретизации $k - (k - 1) = \Delta t$ из условия $\Delta t \ll T$. В машинном эксперименте используем 10000 и 1000 отсчетов на протяжении $2T$. Такой шаг дискретизации необходим, чтобы обеспечивать режим близкий к установившемуся.

Остальные условия машинного эксперимента совпадают с условиями работы [3].

3. Результаты машинного эксперимента

На рис. 2 представлен график апостериорной дисперсии оценки сигнала на фоне шума. Данная дисперсия вычислялась по формуле [4] (6):

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2 \tag{6}$$

где \hat{x}_i - оценка полученная по процедурам (1) или (2). Значения α_{ii} были выбраны $\alpha_{ii} = [0:0.001:0.005]$; , что означает от 0 до 0.005 с шагом 0.001. Значения $\alpha_{ij} = [0:0.1:0.4]$; находятся в диапазоне от 0 до 0.4 с шагом 0.1.

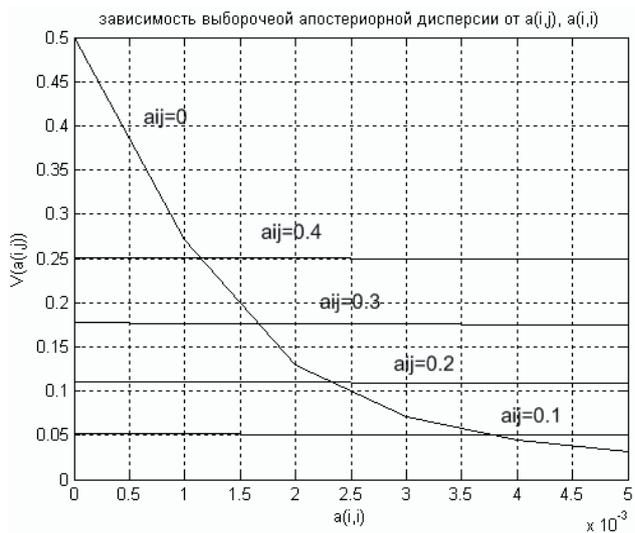


Рис. 2. Зависимость апостериорной дисперсии ошибки оценки от α_{ij} и α_{ii}

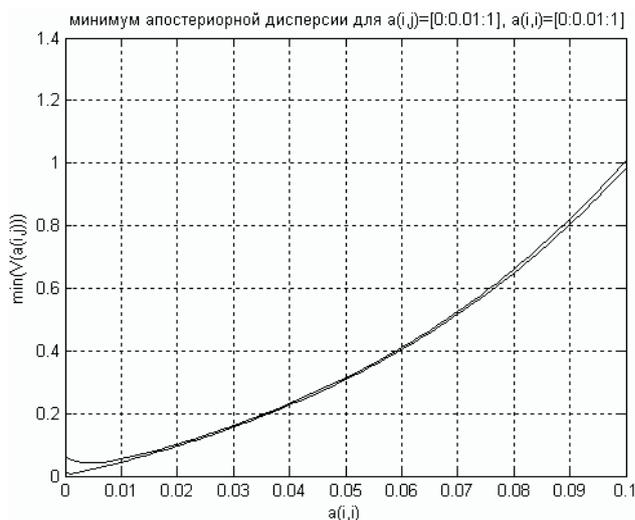


Рис. 3. Зависимость минимума выборочной апостериорной дисперсии от α_{ij} и α_{ii} , для размера выборки 10000 и 1000

Из графиков следует, что выигрыш по качеству оценки двумерного процесса по сравнению с одномерным, при одинаковых ограничениях, достигает значений 1.75, что подтверждает предположение о большей эффективности n - мерных связанных про-

цедур по сравнению с аналогичными независимыми, несвязанными процедурами. Из этих графиков также следует, что с увеличением коэффициентов взаимных связей α_{ij} апостериорная дисперсия возрастает, однако более быстрый рост дисперсии происходит при увеличении α_{ii} . Очевидно, что с увеличением шаговых постоянных, наряду со снижением точности оценки сокращается время сходимости к установившемуся состоянию.

Существенным остается вопрос о поведении фильтра при широком диапазоне изменения диагональных α_{ii} и недиагональных α_{ij} коэффициентов. Ответ на этот вопрос может дать рис. 3. На нем изображена зависимость минимума апостериорной дисперсии от α_{ij} и α_{ii} , для размера выборки 10000 и 1000. На рис. 3 четко видно, что чем больше выборка, тем точнее оценка, так как апостериорная дисперсия выше при размере выборки 1000.

Выводы

1). Качество оценки статистически связанных процессов с помощью двумерного рекурсивного фильтра в широком диапазоне изменений α_{ij} оказывается выше по сравнению с оценками, получаемыми при независимых процессах x_i . Полученные результаты подтверждают предположение о большей эффективности двумерных оценок. Поскольку четко видно, что на определенном интервале значений недиагональных элементов оценка становится выше почти в два раза.

2). Точность оценки возрастает при меньшей величине шага дискретизации. Наилучшая оценка (минимум апостериорной дисперсии ошибки оценки) получена при значениях $\alpha_{ij} = 0.001$ и $\alpha_{ii} = 0.0017$ и $\min(V(a(i,j))) = 0.00598$.

Литература

1. Поповский В.В. Математические основы управления и адаптации в телекоммуникационных системах. [Текст]/ В.В. Поповский, В.Ф. Олейник // Х. СМИТ, 2011- 362с.
2. Невельсон М.Б. Стохастическая аппроксимация и рекуррентное оценивание. [Текст]/ М.Б. Невельсон., Р.З. Хасьминский // М., 1972-268с.
3. Теплицкая С.Н. Анализ качества оценки случайных величин. [Текст]/ С.Н. Теплицкая, Е.О. Поповская, Я.Т. Хуссейн // «Радиотехника». – Харьков: ХНУРЭ, 2010–199с.
4. Поповский В.В. Синтез цифровой модели двумерного случайного процесса. [Текст]/ В.В. Поповский, Б.С. Тур // «Радиотехника». – Харьков: ХНУРЭ, 2010. – 115с.

У роботі розглядаються питання адаптивної модуляції у каналах MIMO, яка забезпечує покращення показників якості WiMAX за рахунок більш повного врахування відмінностей характеристик просторових субканалів багатопроменевого каналу зв'язку

Ключові слова: MIMO, Аламоуті кодування, фільтр Калмана

В работе рассматриваются вопросы адаптивной модуляции в каналах MIMO, обеспечивающей улучшение показателей качества WiMAX за счет более полного учета различий характеристик пространственных субканалов многолучевого канала связи

Ключевые слова: MIMO, Аламоути кодирование, фильтр Калмана

The paper deals with adaptive modulation in MIMO channels, which provides better quality WiMAX due to more complete account the characteristics of spatial subchannels multibeam communication channel

Keywords: MIMO, Alamouti coding, Kalman filter

УДК 621.382

METHODS OF INCREASING THE QUALITY OF WIMAX BY USING MIMO

V. Loshakov

Doctor of Technical Sciences, Prof*

Telephone: 096-237-03-64

E-mail: ut31l.v@gmail.com

Z. Wadea*

*Department of Telecommunication Systems

Telephone: 093-198-81-25

E-mail: ziyadt@yahoo.com

Kharkiv National University of Radio Electronics
Lenina 14, Kharkov, Ukraine

1. Introduction

In this paper the different methods of transmit and receive diversity used with MIMO system for WiMAX

technology are presented. Also the mathematical model for controlling the adaptive modulation in MIMO channels was analyzed.