

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НА ПРАКТИКЕ АВТОРЕГРЕССИОННЫХ МЕТОДОВ СПЕКТРАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ГЛУБИННОГО ПОРТРЕТА

П.С. Томашевская, А.В. Гринкевич

*Белорусский Государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Беларусь*

Гринкевич А.В. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. Все авторегрессионные методы можно разделить на две категории: алгоритмы для обработки блоков данных и алгоритмы для обработки последовательных данных. Блочные методы можно кратко описать как, алгоритмы с фиксированным временем. Такие алгоритмы целесообразно применять в том случае, когда порядок требуемой авторегрессионной модели не известен.

Abstract. All autoregressive methods can be divided into two categories: algorithms for processing blocks of data and algorithms for processing sequential data. Block methods can be briefly described as fixed-time algorithms. It is expedient to use such algorithms when the order of the required autoregressive model is not known.

Введение

Для выбора требуемой модели необходимо оценивать совокупность таких моделей разных порядков и сравнивать полученные результаты. Последовательные методы можно рассматривать как алгоритмы с фиксированным порядком и рекурсивные относительно времени в том смысле, что они применяются для последовательной обработки данных с целью обновления оценок параметров авторегрессионной модели фиксированного порядка.

Такие алгоритмы целесообразно применять в тех случаях, когда необходимо осуществлять «слежение» за спектром, медленно меняющимся во времени. Их целесообразно использовать в тех случаях, когда объем имеющихся данных сильно ограничен, а необходимо получить оценки с наилучшими характеристиками.

Автокорреляционные методы блочной обработки данных

Из всех автокорреляционных методов блочной обработки данных наиболее известными являются следующие:

метод Юла-Уолкера;

метод спектрального оценивания максимальной энтропии (алгоритм Берга);

ковариационный метод (метод наименьших квадратов);

модифицированный ковариационный метод (модифицированный метод наименьших квадратов).

С помощью методов Юла-Уолкера и Берга получают непосредственно оценки авторегрессионных параметров $\hat{a}[k]$. Ковариационный и модифицированный ковариационный методы фактически дают оценки коэффициентов линейного предсказания, которые затем используются в качестве оценок авторегрессионных параметров. Для этого авторегрессионные параметры приравнивают либо к коэффициентам линейного предсказания вперед $\hat{a}[k] = a^f[k]$, либо к величинам комплексно сопряженным – коэффициентам линейного предсказания назад $\hat{a}[k] = (a^b[k])^*$. После определения (тем или иным методом) оценок авторегрессионных параметров вычисляется авторегрессионная спектральная оценка, которая находится при помощи выражения:

$$\hat{P}_{AP}(f) = \frac{\Delta t \cdot \hat{\rho}_w}{\left| 1 + \sum_{k=1}^p \hat{a}[k] \exp(-j2\pi \cdot f \cdot k \cdot \Delta t) \right|^2} \quad (1.1)$$

где $\hat{\rho}_w$ – оценка дисперсии возбуждающего шума, которую также получают одним из перечисленных методов;

p – порядок авторегрессионной модели.

Применительно к формированию РГП необходимо проведение анализа блочных методов авторегрессионного спектрального оценивания, определение возможности их применимости для повышения разрешающей способности по глубине и улучшения характеристик обнаружения заглубленных объектов. Для этого рассмотрим наиболее известные методы авторегрессионного спектрального оценивания и определим их возможности по формированию РГП.

Метод Юла-Уолкера

Матричное уравнение Юла-Уолкера записывается в виде:

$$\begin{pmatrix} \Phi_{xx}[0] & \Phi_{xx}[-1] & \cdots & \Phi_{xx}[-p] \\ \Phi_{xx}[1] & \Phi_{xx}[0] & \cdots & \Phi_{xx}[-p+1] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Phi_{xx}[p] & \Phi_{xx}[p-1] & \cdots & \Phi_{xx}[0] \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ a[1] \\ \vdots \\ a[p] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \rho_w \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (1.2)$$

где $\Phi_{xx}[k]$ – k -й коэффициент корреляционной матрицы исследуемого сигнала Φ ;

$a[k]$ – k -й параметр авторегрессии.

Метод Юла-Уолкера состоит в решении одноименного уравнения, в которое вместо значений неизвестной корреляционной матрицы подставляют их оценки.

Существенным недостатком данного метода является то, что при использовании несмещенных оценок корреляционная матрица может оказаться неположительно-определенной. Следовательно, авторегрессионный фильтр будет неустойчивым. При использовании смещенных оценок корреляционная матрица всегда будет положительно-полуопределенной, что гарантирует устойчивость авторегрессионного фильтра. В случае длинных последовательностей данных метод Юла-Уолкера может давать приемлемые спектральные оценки, однако в случае коротких последовательностей получаемые с его помощью спектральные оценки имеют более низкое разрешение, чем другие авторегрессионные методы.

Заключение

Таким образом, при формировании РГП на основе метода Юла-Уолкера, следует ожидать лучшее разрешение по глубине, чем при классической обработке, однако возможно смещение оценок интенсивности (мощности) сигналов и появление ложных пиков в РГП при неправильном выборе авторегрессионной модели.

Список использованных источников

1. Орешкин В.И. Оценка степени влияния дестабилизирующих факторов на характеристики цифровой антенной решетки: Автореферат диссертации кандидата технических наук: 05.12.07/ Москва.
2. Вопросы подповерхностной радиолокации. / Под общ. ред. А.Ю. Гринева. – М.: Радиотехника, 2005. – 416 с.
3. Григорьев Л.Н. Цифровое формирование диаграммы направленности в фазированных антенных решетках. - М.: Радиотехника, 2012. – 144с.
4. Гринкевич, А.В. Оценка технического уровня радиотехнических систем методом максимального правдоподобия / А.В. Гринкевич, Е.Ю. Брызгин // Доклады БГУИР. – 2014. – № 7 – С. 14-20.