

Формирование диагностических признаков для охранных систем

А.А. Приймак, М.Ю. Рубанов

Пензенский государственный университет, Пенза

Аннотация: Рассмотрено применение параметров мод, выделяемых с помощью алгоритма экстремальной фильтрации. Описано использование и недостатки амплитудных детекторов. Рассмотрено применение затухания и показан способ снижения эффекта «проскоков». Предложено использовать комбинированный признак, для более контрастного выделения областей обнаружения. Представлен способ снижения трудоёмкости, заключающийся в применении фильтрации непосредственно к ряду экстремумов, без вычисления сглаженной составляющей. Выбран метод, позволяющий адаптировать алгоритм анализа сигнала к работе в режиме реального времени.

Ключевые слова: охранная система, диагностические признаки, экстремальная фильтрация, моды, реальное время.

Введение

В настоящее время разрабатывается множество охранных систем, в которых требуется своевременное обнаружение и классификация нарушителя. Это приводит к необходимости создания специальных алгоритмов и методов, способных обнаруживать и правильно классифицировать нарушителя в режиме реального времени. Их разработке посвящено множество работ, таких как [1-5, 9].

Ранее, при построении систем охраны периметра, предлагалось использовать амплитудные детекторы. Однако амплитудный обнаружитель способен действовать только на коротких расстояниях. Добиться лучшей контрастности можно использованием затуханий, но в этом случае необходимо решение проблемы «проскоков».

Для ещё более контрастного выделения области обнаружения требуется другое решение, которым является использование комбинированного признака – отношения частоты к модулю затухания.

Существует необходимость разработки, исследования и адаптации к режиму реального времени алгоритмов, построенных с использованием комбинированного признака.

Выделение параметров составляющих

В работах [1-6] было рассмотрено применение экстремальной фильтрации (ЭФ) в сейсмических и вибрационных системах наблюдения для обнаружения «нарушителя». В основе подхода лежит разложение сигнала сложной формы на знакопеременные составляющие (моды) по его экстремумам $x_{эi}$ с помощью пары фильтров, выделяющих знакопеременную и сглаженные составляющие:

$$x_{pi} = -25x_{эi-1} + 0.5x_{эi} - 0.25x_{эi+1} \quad (1)$$

$$x_{ci} = 0.25x_{эi-1} + 0.5x_{эi} + 0.25x_{эi+1} \quad (2)$$

Количество выделяемых мод определяется типом задачи – идентификация или обнаружение. Для идентификации необходимо выделение всех составляющих, а для обнаружения часто достаточно выделить только одну - высокочастотную составляющую.

Для каждой из мод рассчитываются параметры, характеризующие состояние объекта. При переходе, например, от сейсмо- или вибро-шума к сигналу от «нарушителя» параметры составляющих изменяются. В качестве параметров могут использоваться параметры мод $y_i = A_i \cdot \exp(-\alpha_i t) \cdot \cos(2\pi f_i t + \varphi_i)$ – амплитуды, частоты и затухания A_i, f_i, α_i на i -ом участке.

$$S_i = \begin{bmatrix} f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{ip} \\ A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{ip} \\ \alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{ip} \end{bmatrix}$$

Таким образом, для задачи обнаружения необходимо получить параметры разложения первой составляющей, а для задачи идентификации требуется получение параметров разложения всех составляющих.

Анализ параметров составляющих

Первоначально в охранных системах использовались амплитудные детекторы. Это естественно, так как амплитуды при приближении объекта существенно возрастают. В тех же работах было показано, что частоты составляющих разложения более контрастно выделяют переход от шума к сигналу, регистрируемого от объекта – частота существенно падает. В работе [1] в приложении затрагивается вопрос использования затухания, которое тоже четко выделяет области обнаружения – оно, наоборот, возрастает.

Препятствием его использования был факт, что вычисление затухания связано с логарифмированием в точках экстремумов сигналов или его составляющих ($\ln(x_{ei}) = \ln(|x_{ei}|) - at_{ei}$) и зашумление данных приводило к тому, что область обнаружения выделялась четко, но «внутри» имелись «проскоки». Предварительная обработка и применение метода наименьших квадратов позволили уменьшить это влияние.

На рисунке 1 представлены результаты моделирования работы в среде Matlab [7-9]. Для результатов сейсмических наблюдений (проезд автомобиля, бег группы, проезд автомобиля с другой стороны) показаны регистрируемый сигнал на верхнем графике, изменение частот и амплитуд (для первых трех мод) на следующих двух графиках, а также модуль затухания высокочастотной моды на нижнем графике. Более низкочастотные составляющие имеют большие затухания. Переход от сейсмошума к сигналу характеризуется уменьшением частот составляющих, увеличением их амплитуд и затухания.

На рисунке 2 показано изменение частоты, амплитуды и относительный коэффициент затухания высокочастотной моды: частота практически не меняется в области обнаружения; амплитуда линейно возрастает при приближении к обнаружителю, затухание сначала увеличивается, а затем монотонно меняется в узком диапазоне.

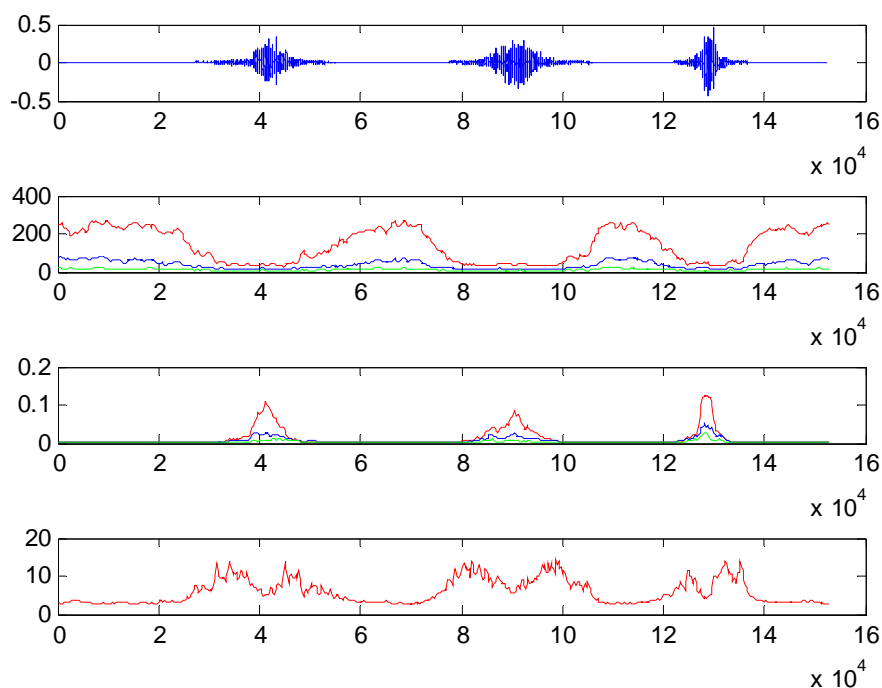


Рис. 1 – Результат сейсмических наблюдений ЭФ

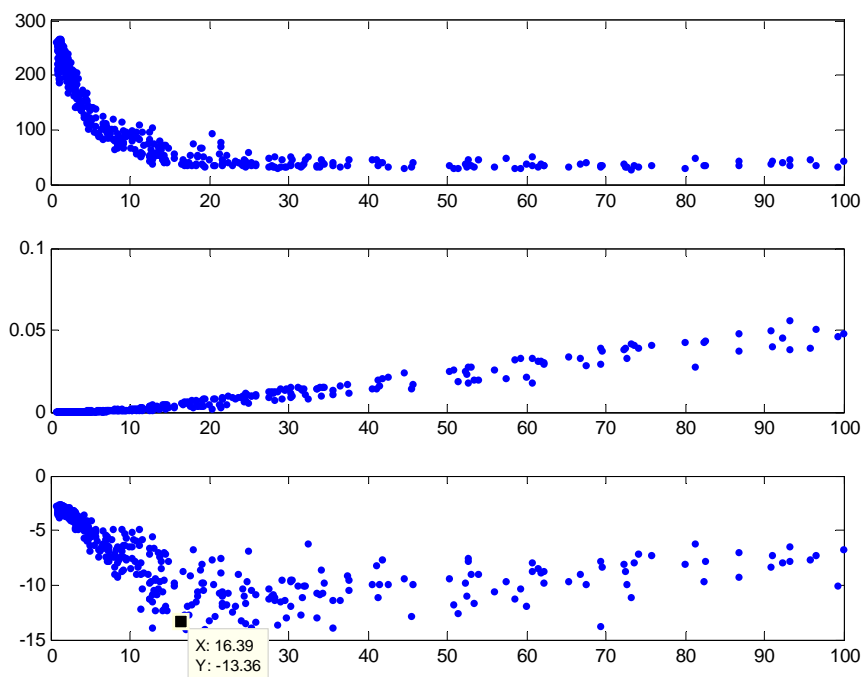


Рис. 2 – Изменения частоты, амплитуды и относительного коэффициента затухания высокочастотной моды от отношения сигнал/шум

Отношение убывающей частоты к возрастающему декременту затухания еще четче выделяет область обнаружения (нижний график на рисунке 1). Из графика 3, представленного на рисунке 1, видно, что амплитудный обнаружитель срабатывает лишь при небольшом расстоянии, а вот уменьшение частоты в 2 раза и (или) увеличение декремента затухания вдвое четко определяет момент вторжения в зону ответственности. Еще более контрастно обнаружение происходит при использовании комбинированного признака – отношение убывающей частоты к возрастающему по модулю затуханию.

Есть еще один путь снижения трудоемкости, также связанный с применением аппарата экстремальной фильтрации. Моды извлекаются из исходного ряда экстремумов x_{ε_i} , а уравнение (1) это нормированное уравнение осциллятора с частотой, определяемой расстоянием между экстремумами. Поэтому, если применить фильтрацию непосредственно к ряду экстремумов, не вычисляя сглаженной составляющей $x_{pi}^k = -0.25x_{\varepsilon_{ik-1}} + 0.5x_{\varepsilon_{ik}} - 0.25x_{\varepsilon_{ik+1}}$, где $k=1,2,.. l$ – коэффициент прореживания экстремумов, то становится возможным получение амплитудных оценок на частотах $\frac{1}{2k\Delta}$, где Δ – среднее расстояние между экстремумами исходного временного ряда.

На рисунке 3 представлен результат работы модифицированного метода, реализующего идею применения фильтрации непосредственно к ряду экстремумов.

Для анализа сигнала в режиме реального времени алгоритм экстремальной фильтрации, и вычисление параметров мод, необходимо адаптировать к режиму реального времени. Для этого возможно применить метод покадровой обработки сигнала [10]. Он хорошо подходит для адаптации к

режиму реального времени алгоритмов экстремальной фильтрации и расчёта параметров.

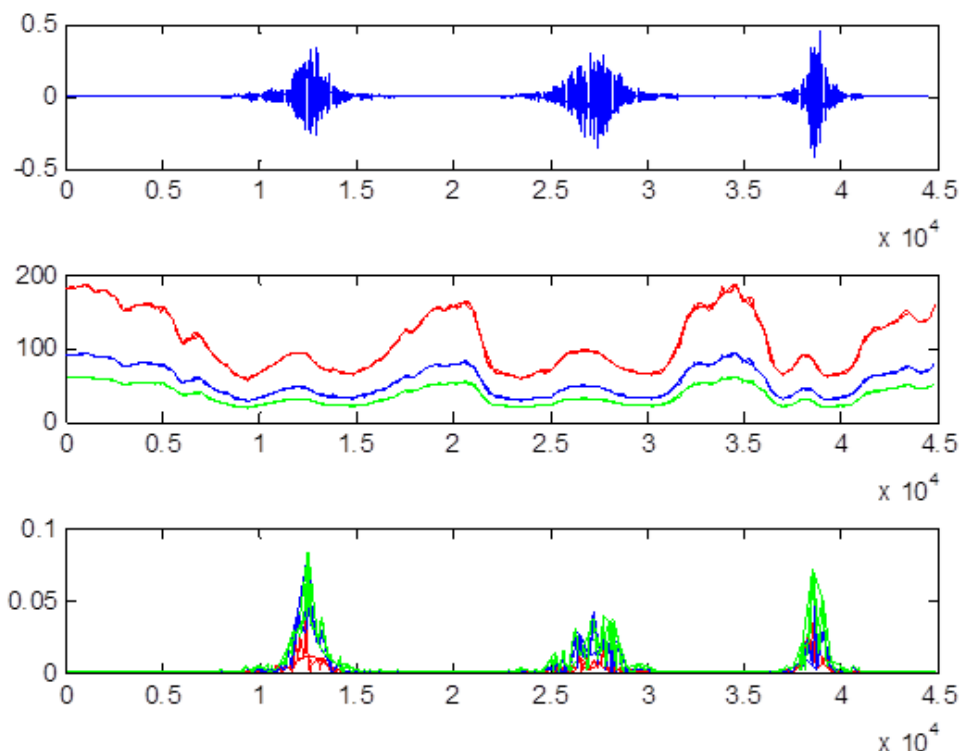


Рисунок 3 – Результат сейсмических наблюдений, модифицированный метод

Заключение

Описанные особенности каждого из подходов к формированию диагностических признаков позволяют сделать вывод о превосходстве использования комбинированного признака - отношения частоты к затуханию.

Использование комбинированного признака позволяет чётко выделять области обнаружения, давая возможность правильно классифицировать объект – нарушитель.

Метод покадровой обработки, который предложено использовать, позволяет адаптировать алгоритм экстремальной фильтрации и алгоритм анализа параметров к работе в режиме реального времени.

Модифицированный метод дает аналогичные результаты, не требует разложения, проводит частотный анализ непосредственно по экстремумам.

Литература

1. Мясникова Н.В., Берестень М.П., Дудкин В.А. Экспресс-анализ сейсмических сигналов // Известия Вузов. Поволжский регион. Технические науки, 2007, №4, – с. 144 – 151.
2. Зенов А. Ю., Мясникова Н.В. Применение нейросетевых алгоритмов в системах охраны периметра // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки, 2012, №3 (23). – с 3-7.
3. Зенов А. Ю. Комплексный подход к обнаружению и классификации нарушителя на охраняемой территории // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2012, №2. – с. 23–32.
4. Мясникова Н.В., Берестень М.П., Цыпин Б.В. Экспресс-анализ сигналов в инженерных задачах. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. –184 с.
5. Берестень М.П., Зенов А.Ю. Концепция организации обработки информации в системах диагностики и распознавания // Инженерный вестник Дона, 2013, №1. URL:ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1568
6. Мясникова Н.В., Берестень М.П. Разложение на эмпирические моды на основе экстремальной фильтрации // Цифровая обработка сигналов. 2014, №4, С. 13-17.
7. Vinay K I., John G.P. Digital Signal Processing Using MATLAB, 3rd Edition // Cengage Learning, Inc, Mason, OH, United States – 2011. – 652 p.
8. John W. Leis. Digital Signal Processing Using MATLAB for Students and Researchers // Wiley – 2011. - 396 p.
9. Хант Б.Р., Липсмен Р.Л., Розенберг Дж.М. Matlab: официальный учебный курс Кембриджского университета [пер. с англ. Д.Н. Проценко, А.А. Мизонова]; Кембридж. ун-т Москва.: Триумф, 2008. – 352 с.
10. Приймак А.А., Адаптация метода экстремальной фильтрации для систем реального времени с помощью покадровой обработки сигнала //



Инженерный вестник Дона», 2017, №2.
URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4175

References

1. Myasnikova N.V., Beresten M.P., Dudkin V.A. Izvestia vuzov. Povolzjskiy region. Technicheskie nauki, 2007, №4, pp. 144 - 151.
2. Zenov A. Yu., Myasnikova N.V. Izvestia vuzov. Povolzjskiy region. Technicheskie nauki, 2012, №3 (23), pp. 3-7.
3. Zenov A. Yu. Izvestia vuzov. Povolzjskiy region. Technicheskie nauki, 2012, №2, pp. 23–32.
4. Myasnikova N.V., Beresten' M.P. Tsypin B.V. Ekspress-analiz signalov v inzhenernykh zadachakh [Express analysis of signals in engineering tasks]. M.: FIZMATLIT, 2016. 184 p.
5. Beresten M.P., Zenov A.Y. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1568/.
6. Myasnikova N.V., Beresten M.P. Tsifrovaya obrabotka signalov, 2014, №4. pp. 13-17.
7. Vinay K I., John G.P. Digital Signal Processing Using MATLAB, 3rd Edition. Cengage Learning, Inc, Mason, OH, United States – 2011. – 652 p.
8. John W. Leis. Digital Signal Processing Using MATLAB for Students and Researchers. Wiley. 2011. 396 p.
9. Hunt B.R, Lipsman R.L., Rosenberg J.M. Matlab: oficialniy uchebniy kurs Kembridzskogo universiteta [Matlab: the official course of the University of Cambridge]. M.: Triumph, 2008. 352 p.
10. Pryimak A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4175.