



На прослушивание шины событий были подписаны DBActor и WebActor. Соответственно, каждому из них пришло событие добавления нового объекта. Актор DBActor по типу события произвел добавление новой строки в таблицу Спутники. В тот же момент, асинхронно с ним, актер WebActor сгенерировал новое событие и отправил его на web-сокеты. Окна web-приложения, которые подписались на прослушивание web-сокета, получили данное событие и произвели соответствующие действия.

В случае изменения свойств Спутника будет сгенерировано событие (ChangeSatteliteEvent), агенты DBActor и WebActor выполняют соответствующие действия – DBActor изменит записи в таблицах, а WebActor уведомит окна, подписавшиеся на это событие, об изменении свойств Спутника.

Заключение

Была решена проблема синхронизации данных между web-приложением и базой данных для мультиагентной системы целевого планирования космических аппаратов дистанционного зондирования Земли с помощью взаимодействия акторов.

Литература

1. WebSocket. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WebSocket>
2. Akka. – Режим доступа: <http://akka.io/>

Г.А. Черезов¹, А.Н. Попов²

ПОСТРОЕНИЕ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА ИЗ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

(¹Самарский государственный университет путей сообщения, ²Уральский государственный университет путей сообщения)

Для повышения достоверности диагностирования приемо-передающей аппаратуры тональных рельсовых цепей (ТРЦ), используемых в настоящее время на сети железных дорог России в качестве непрерывных датчиков контроля состояния участков пути, целесообразно использование вейвлет-преобразования [1, 2].

В общем случае вейвлет-преобразование имеет вид [3]

$$C_x(a, b) = \langle x(t), \psi_{a,b}(t) \rangle = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$$

или

$$x(t_i) = \sum_{k=1}^{2^{N-M}} a_{m,k} \varphi_{m,k}(t_i) + \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^{2^{N-M}} d_{m,k} \psi_{m,k}(t_i),$$

где M – число уровней разложения; $a_{m,k}$ и $d_{m,k}$ – коэффициенты разложения; $\varphi_{m,k}$ и $\psi_{m,k}$ – масштабирующие и вейвлет функции, определяемые



$$\varphi_{m,k}(t) = \sqrt{2^m} \varphi(2^m t - k),$$

$$\psi_{m,k}(t) = \sqrt{2^m} \psi(2^m t - k),$$

где $\sqrt{2^m}$ – нормирующий коэффициент; $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$; $m \in \mathbb{Z}$.

В результате вейвлет-преобразования функции $x(t_i)$, представляющей собой отклик сигнала с выхода одной из контрольных точек диагностируемого блока приемо-передающей аппаратуры ТРЦ, получим коэффициенты $\{cA_M, cD_M, cD_{M-1}, \dots, cD_1\}$, где $cA_j = \{a_{j,k}\}$ – коэффициенты аппроксимации j -го уровня разложения, $cD_j = \{d_{j,k}\}$ – детализирующие коэффициенты, $j = 1, 2, \dots, M$.

Найденные коэффициенты вейвлет-преобразования предлагается использовать для построения качественного признакового пространства при диагностировании аппаратуры ТРЦ [4]. При этом под диагностированием подразумевается решение задачи классификации, которую можно сформулировать следующим образом: имеется обучающая выборка, представляющая собой набор объектов $(X, D) = \{\mathbf{x}_i, d_i\}_{i=1}^k$; каждый объект описывается набором признаков $\mathbf{x}_i = (x_{i1}, \dots, x_{in}) \in \mathbb{R}^n$ и меткой класса (диагноза) $d_i \in D = \{1, \dots, l\}$. Требуется построить классификатор, который по вектору признаков \mathbf{x} вернул бы метку класса (диагноз) \hat{d} .

Покажем, что коэффициенты вейвлет-преобразования имеют диагностическую значимость. Для этого в качестве примера рассмотрим центрированные отклики сигнала с выхода контрольной точки 42-62 путевого приемника (ПП) ТРЦ при нормальной работе всех элементов и возникновении короткого замыкания конденсатора $C2$ [5], графики которых представлены на рисунке 1.

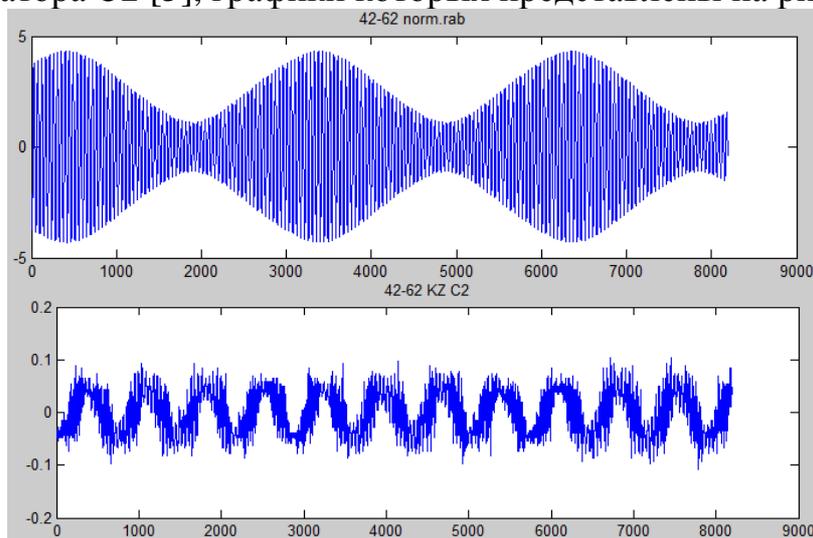


Рис.1. Графики откликов сигналов при нормальной работе элементов ПП ТРЦ и коротком замыкании конденсатора $C2$

Для вейвлет-разложения используем систему *Matlab* и вейвлет Добеши *db4* [6]. Выберем фрагменты сигналов при нормальной работе элементов ПП ТРЦ и возникновении короткого замыкания конденсатора, длиной 8192, и проведем их разложение до уровня $M = 3$. Графики вейвлет-коэффициентов представлены на рисунке 2 и 3 соответственно.

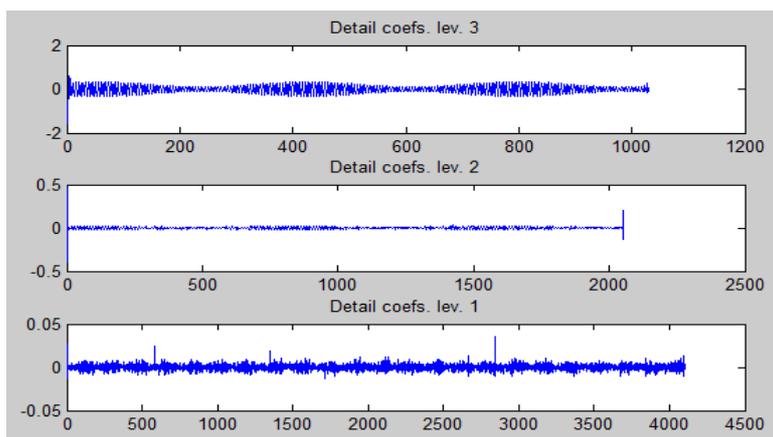


Рис. 2. Графики вейвлет-коэффициентов отклика сигнала при нормальной работе элементов ПП ТРЦ

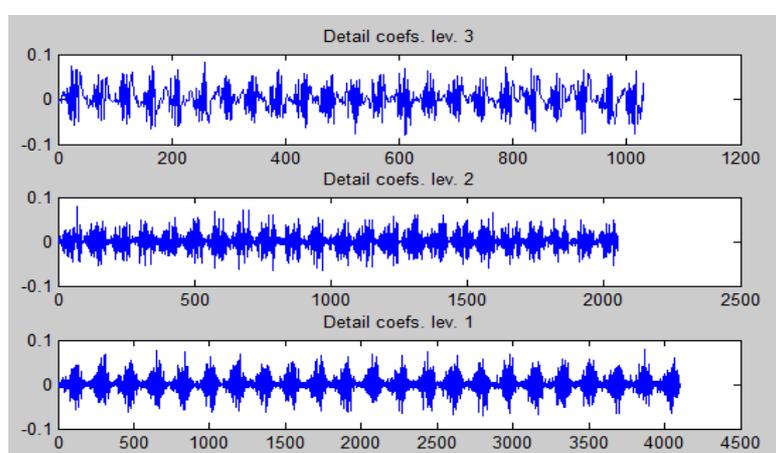


Рис. 3. Графики вейвлет-коэффициентов отклика сигнала при коротком замыкании конденсатора C_2

Анализ представленных графических зависимостей, детализирующих коэффициентов двух сигналов, показывает, что имеется визуальное различие. Для его количественного выражения используем статистические характеристики (таблица 1), а также энергетический спектр.

Таблица 1.

Среднее квадратичное отклонение вейвлет-коэффициентов и элементов сигнала, соответствующих этим коэффициентам

Сигналы	Вейвлет-коэффициенты			Компоненты сигнала		
	cD_1	cD_2	cD_3	ScD_1	ScD_2	ScD_3
Нормальная работа всех элементов (НР)	0,0033	0,0182	0,1796	0,0023	0,0091	0,0633
Короткое замыкание конденсатора C_2 (КЗ)	0,0176	0,0202	0,0273	0,0124	0,0101	0,0096
Отношение НР/КЗ	0,187	0,9	6,58	0,185	0,9	6,59



Анализ результатов вычислений СКО показывает, что наибольшей диагностической значимостью обладают детализирующие вейвлет-коэффициенты третьего уровня разложения.

Для подтверждения данного вывода был исследован энергетический спектр Фурье преобразования детализирующих коэффициентов $\{cD_3\}$, представленный на рисунке 4. При этом для его вычисления были использованы компоненты сигнала, соответствующие найденным вейвлет-коэффициентам.

В графических зависимостях имеется существенная разница в спектрах сигналов при нормальной работе всех элементов ПП ТРЦ и возникновении короткого замыкания в конденсаторе C_2 .

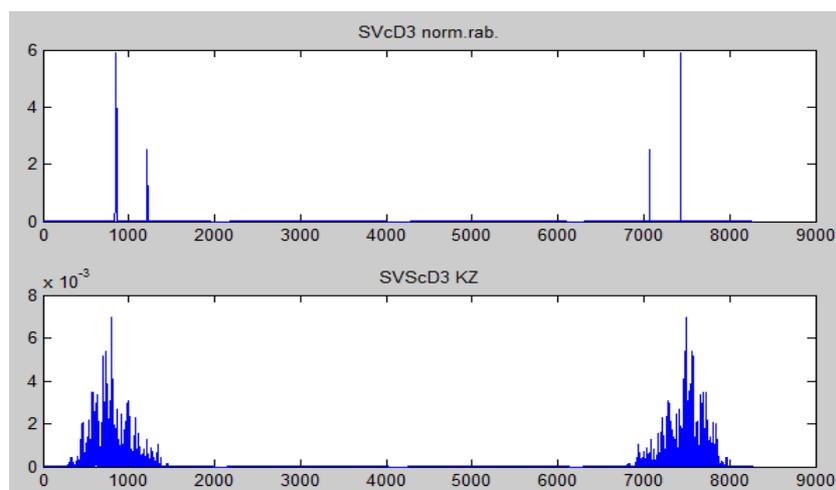


Рис. 4. Энергетический спектр преобразования Фурье детализирующих коэффициентов вейвлет-преобразования третьего уровня разложения

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности использования коэффициентов вейвлет-преобразования для построения признакового пространства при проведении диагностирования приемо-передающей аппаратуры ТРЦ.

В дальнейших исследованиях предполагается использование многомерного вейвлет-преобразования, а также использование других типов материнских вейвлетов для получения более качественных диагностических признаков.

Литература

1. Черезов Г.А., Леушин В.Б., Исайчева А.Г. Применение вейвлет анализа для оценки спектров сигналов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Шестой междунар. науч.-практ. конф., Т. 1. – Иркутск: ИрГУПС, 2015. – с. 311-314
2. Черезов Г.А., Шавалеев А.Б. Применение вейвлет анализа при диагностировании аппаратуры тональных рельсовых цепей // Молодеж как импульс в техническом прогрессе. IV междунар. научн.-исслед. конф. – Самара; Оренбург: СамГУПС, 2016. – с. 127-129
3. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – М. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. – 464 с.



4. Черезов Г.А., Леушин В.Б. Способы построения качественного признакового пространства при классификации состояний аппаратуры тональных рельсовых цепей // Материалы междунар. науч.-техн. конф. «Инновационный транспорт – 2016: специализация железных дорог». – Екатеринбург, 2016. – с.

5. Черезов Г.А. Особенности диагностирования путевого приемника тональной рельсовой цепи: монография. – Самара: СамГУПС, 2016. – 89 с., ил. ISBN 978-5-98941-255-6.

6. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 448 с. ISBN 5-94074-415-X.