

Исследование алгоритма сжатия временных рядов в системе экологического мониторинга выбросов промышленных производств

Общий подход к сжатию одномерных временных рядов экспериментальных данных о концентрациях загрязняющих веществ, полученных в ходе контроля, на основе применения вейвлет-преобразования заключается в следующем:

- над исходным временным рядом выполняется одномерное дискретное вейвлет-преобразование. В результате получается аппроксимирующие S и детализирующие вейвлет-коэффициенты разложения d ;
- посредством глобальной или локальной многоуровневой пороговой обработки отбрасываются коэффициенты, имеющие значения, не превышающий порог, хранящие минимум энергии[1];
- оставшиеся после пороговой обработки коэффициенты сохраняются;
- осуществляется упаковка сохраненных вейвлет-коэффициентов любым алгоритмом сжатия;
- сжатые данные распаковываются в соответствии с алгоритмом;
- при восстановлении сжатого временного ряда, отброшенные ранее коэффициенты заменяются нулями.

На основании приведенного алгоритма разработана схема сжатия временного ряда с использованием вейвлет-преобразования (рис. 1).



Рис. 1. Алгоритм сжатия и восстановления временного ряда

Вейвлет-преобразование позволяет реализовать сжатие временного ряда с потерями [2], то есть восстановленный ряд будет отличаться от исходного, однако, практически вся информация об изменениях уровня концентраций загрязняющих веществ сохранится.

Процедура сжатия с помощью вейвлет-преобразования практически тождественна процедуре удаления шума временных рядов посредством пороговой обработки. Пороги могут быть мягкими и жесткими. Пороговые функции при мягком и жестком трешолдинге соответственно описываются:

$$d_{i,k}^* = \begin{cases} d_{i,k} - \delta, & \text{при } d_{i,k} > 0, |d_{i,k}| \geq \delta \\ d_{i,k} + \delta, & \text{при } d_{i,k} < 0, |d_{i,k}| \geq \delta, \\ 0, & \text{при } |d_{i,k}| < \delta \end{cases} \quad d_{i,k}^* = \begin{cases} d_{i,k}, & \text{при } |d_{i,k}| \geq \delta \\ 0, & \text{при } |d_{i,k}| < \delta \end{cases}$$

где $d_{i,k}$ и $d_{i,k}^*$ - коэффициенты детализации вейвлет-разложения до и после проведения трешолдинга, δ - пороговый уровень.

Чем выше порог отсекаемых вейвлет-коэффициентов, тем сильнее сжатие, но меньше информативной части экспериментального временного ряда сохраняется в оставшихся коэффициентах, вследствие чего резко падает качество восстанавливаемых рядов [3]. Оптимальный пороговый уровень δ должен удовлетворять критерию равенства между числом обнуленных вейвлет-коэффициентов разложения и остаточной энергией временного ряда концентраций. Для этого строят графики процентного соотношения нулевых коэффициентов и остаточной энергии сигнала в зависимости от порогового уровня. Абсцисса их точки пересечения указывает на оптимально выбранный порог.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-48-330726 p_a

Литература

1. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. – М.: СОЛОН-Р, 2002, 439 с.
2. Воробьев В.И., Грибунин В.Г Теория и практика вейвлет-преобразования. - СПб.: Изд-во ВУС, 1999, 208 с.
3. Белов А.А., Кропотов Ю.А., Проскураков А.Ю. Вопросы обработки экспериментальных временных рядов в электронной системе автоматизированного контроля // Вопросы радиоэлектроники. Серия общетехническая.–2010.- №1. - С. 95-101- Библиогр.: с. 101.