

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОПУЩЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТОВ

**Сидак С. В.**

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, harchik-sveta@mail.ru  
Научный руководитель – Волчек А. А., д.г.н., профессор

*The article discusses the possibility of restoring gaps in the series of monthly mean values of air temperature using the wavelet transform. The author compares the results of reconstruction done with the use of some well-known interpolation methods.*

На сегодняшний день анализ временных рядов приобретает всё большую популярность в самых разнообразных исследованиях. Широкое развитие он получил и в гидрометеорологии в связи с наличием большого количества динамических процессов, объемных массивов наблюдений с широким пространственным и временным диапазоном. Особенно велико значение анализа временных рядов при моделировании и прогнозировании различных гидрометеорологических процессов и явлений [6]. Для получения объективного прогноза данные в гидрологических и климатических рядах должны отвечать критериям качества и полноты. Как показывает анализ материалов наблюдений, такие ряды зачастую содержат пропуски значений, имеющие разный характер: в данных может отсутствовать как один отсчет, так и несколько отсчетов в разных интервалах ряда или могут отсутствовать несколько отсчетов подряд. Неполнота исходных данных может привести к смещению основных статистических характеристик ряда и искажению результатов процесса моделирования, поэтому задача восстановления пропусков в гидрологических и климатических рядах является актуальной.

Выбор метода восстановления пропусков является непростой задачей и зависит от множества факторов: причин возникновения пропусков, характера этих пропусков (случайный или нет), а также особенностей данных [3]. Поэтому, прежде чем остановить выбор на определенном методе восстановления пропусков, необходимо изучить структуру этих пропусков и характер.

Согласно классификации Литтла и Рубина [5], различают следующие механизмы формирования пропусков:

- случайные пропуски (MAR);
- полностью случайные пропуски (MCAR);
- неигнорируемые пропуски.

Пропуски в климатических рядах наблюдений можно отнести к классу MCAR, т. к. вероятность появления пробелов в информации не зависит от пропущенных показателей, а также она не зависит от присутствующих значений в ряду. К данным такого типа возможно применение методов восстановления пропущенных значений [5].

Целью данной работы является анализ возможности использования вейвлетов для восстановления пропусков во временных рядах среднегодовых значений температуры воздуха и сравнение этого метода с известными методами интерполяции.

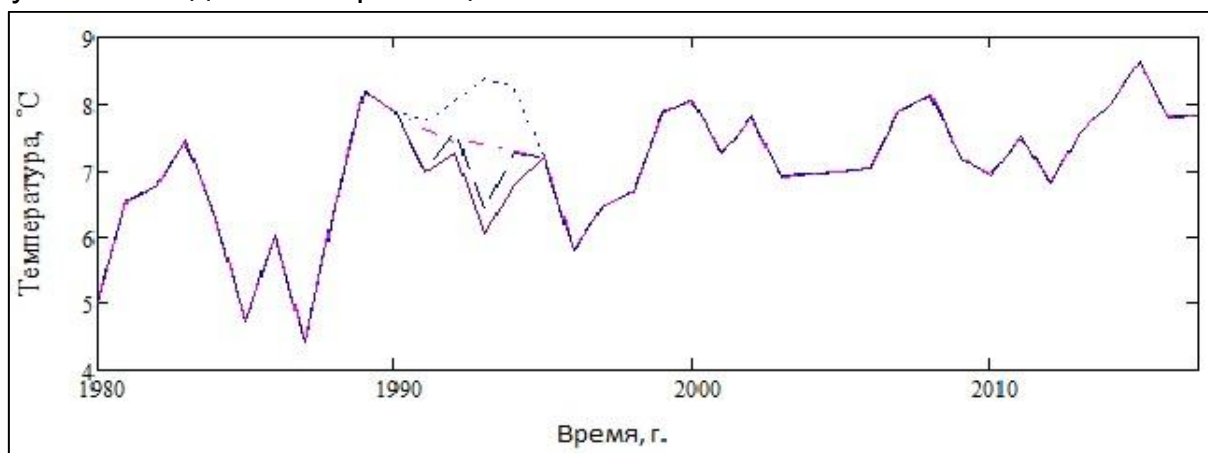
Исходными данными послужили метеорологические данные Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Мини-

стерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за период с 1950 по 2017 гг.

Как правило, для восстановления пропущенных значений временного ряда применяется определенная математическая аппроксимация временного ряда (различные полиномы, сплайны) [3]. Сущность этих аппроксимаций такова, что на практике происходит поиск коэффициентов полинома/сплайна по небольшому количеству близлежащих точек и, соответственно, не учитывается информация о частотной структуре всего ряда целиком. Для исследования частотной структуры прежде всего используют преобразование Фурье. Преобразование Фурье является полезным математическим аппаратом для анализа сигналов, однако иногда оказывается недостаточно эффективным при обработке сложных сигналов. Оно не позволяет анализировать локальные свойства сигнала, так как базисные функции Фурье-преобразования определены на всей временной оси. Поэтому в последнее время все чаще вместо Фурье-преобразования используется вейвлет-преобразование, которое можно представить как локализованный спектральный анализ. Вейвлет-преобразование сигнала состоит в его разложении по базису, построенному из специальных функции (вейвлетов) посредством переносов, сдвигов и масштабных изменений [1]. Вейвлет-преобразование, в отличие от преобразования Фурье, обеспечивает двухмерный анализ исследуемого одномерного сигнала, при этом частота и время рассматриваются как независимые переменные [4]. В качестве базисных функций при использовании вейвлетов самыми распространенными являются МНАТ-вейвлет и вейвлет Морле [2].

Для сравнения различных методов интерполяции возьмем ряд среднегодовых значений температуры Беларуси за период 1950 по 2017 гг. Интерполяция проведена на период с 1991 по 1994 гг. Из всех известных методов интерполяции для сравнения были выбраны методы интерполяции полиномом Ньютона третьей степени и кубическим сплайном. Реализация всех методов проводилась в СКМ Mathcad.

На рисунке 1 приведен сравнительный анализ различных методов интерполяции. Результаты интерполяции стандартными методами показывает, что колебательная структура ряда полиномом/сплайном абсолютно не учитывается. Как следствие, наблюдается большое отклонение восстановленных стандартными методами данных от реальных. Из рисунка видно, что метод, основанный на вейвлетах, имеет существенное преимущество по сравнению с другими методами интерполяции.



**Рисунок 1 – Сравнение методов интерполяции с реальными данными (вейвлет-преобразование – пунктир, кубический сплайн – точки, полином Ньютона – штрих-пунктир)**

Таким образом, традиционные методы восстановления данных не позволяют в полной мере использовать предысторию длинных и плохо структурированных климатических рядов. Результаты работы показывают, что метод восстановления пропусков в рядах среднегодовой температуры с использованием вейвлетов имеет явное преимущество и может быть использован при восстановлении пропусков в климатических рядах наблюдений.

#### **Список цитированных источников**

1. Алексеев, В.И. Анализ и прогнозирование циклических временных рядов с использованием вейвлетов и нейросетевых нечетких правил вывода // Вестник Югорского государственного университета. – 2013. – Выпуск 3 (30). – С.3 – 10.
2. Астафьева, Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166. – № 11. – С. 1145 –1170.
3. Грачев, А.В. К восстановлению пропусков в экспериментальных данных // Вестник ННГУ им. Н.И.Лобачевского. Сер. Радиофизика. – 2004. – Вып. 2. – С. 15 –23.
4. Золотов, С.Ю. Программно-методическое обеспечение для обработки и моделирования атмосферных климатических величин // Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования. – Томск: ТУСУР, 2004. - С. 5 –14.
5. Литтл, Р. Дж. А. Статистический анализ данных с пропусками / Р. Дж. А. Литтл, Д. Б. Рубин. – М., 1990.
6. Малинин, В.Н. О современных изменениях глобальной температуры воздуха / В.Н. Малинин, С.М. Гордеева // Общество. Среда. Развитие. – 2011. – № 2. – С. 215 –221.

УДК 556.182

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

**Слиж Т. В., Шевцова А. Л.\***

Слушатель Института государственной службы, Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь, tanya.sl@tut.by

\*Институт управленческих кадров, Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь, alla.l.shevtsova@gmail.com  
Научный руководитель – Шевцова А. Л., к. полит. н., доцент

*This article is about the functioning of the water management system, its problems and possible solutions in the Republic of Belarus based on an analysis of existing approaches to the use and protection of water, taking into account international experience.*

Водные ресурсы, как один из видов природных ресурсов, являются национальным достоянием во всех странах мира, и вопросы эффективного управления ими являются важной стратегической задачей для любого государства.

Для предотвращения ухудшения состояния водных объектов в республике должна проводиться целенаправленная экологическая политика, определяемая как совокупность экономических, правовых и организационных мер,