

М. Ш. Х а з и а х м е т о в, Я. Н. Ш р а м к о в, Т. В. З а х а р о в а
(Москва, МГУ). О применении вейвлет-анализа в задачах климатических исследований.

В настоящее время изменение климата представляет особенно высокий интерес для научного сообщества. В связи с тем, что климатические процессы сложны и трудно прогнозируемы, применение современных методов прикладной математики особенно актуально. Одним из этих методов является вейвлет-анализ, который принят в самых разнообразных областях из-за удобства анализа и обработки нестационарных сигналов. Математический аппарат непрерывного вейвлет-преобразования описан, например, в [1–3].

Авторами работы, представленной данным докладом, проведены исследования части климатической системы Земли, а именно, глобального поля водяного пара. Данные поля получены с помощью радиометров SSM/I, установленных на спутниках системы дистанционного зондирования Земли DMSP. Данное поле характеризуется большим числом высокочастотных коэффициентов и низким качеством восстановления изображения по низкочастотным коэффициентам. Была проведена оценка 64800 временных рядов функции плотности водяного пара в точках с заданными географическими координатами. Так как качество анализа сигналов посредством вейвлет-преобразования зависит от выбора базиса, то анализ производился при помощи нескольких вейвлет-базисов. Наиболее информативные результаты для решения данной задачи были получены при помощи вейвлета Морле (плоская волна, модулированная гауссианой), не обладающего компактным носителем. Непрерывное вейвлет-преобразование функции $f(x)$ определяется следующим образом: $W[f](a, b) = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\psi((x - b)/a) dx$.

Angle of Ca,b Coefficients

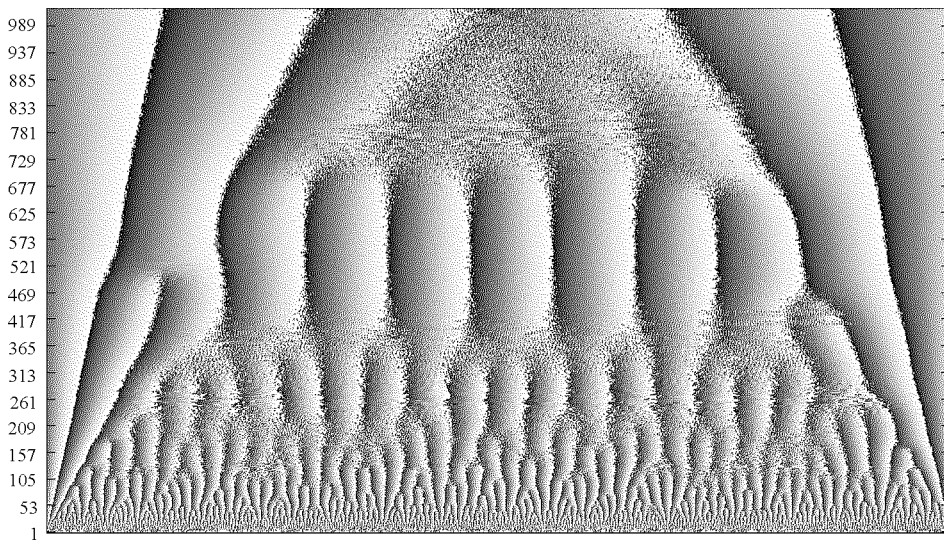


Рис. 1. Аргументы вейвлет-коэффициентов, полученных при помощи вейвлета Морле

В данном докладе базисная вейвлет-функция была выбрана в виде $\psi(t) = e^{2\pi it} e^{-t^2/2}$. Для каждой точки карты рассматривался временной ряд значений плотности водяного пара за 11 лет наблюдений. Применяя вейвлет-преобразование к данному ряду, получили набор коэффициентов (вообще говоря, комплексных). На каждом уровне масштаба был рассмотрен ряд из аргументов коэффициентов: для него при помощи дискретного преобразования Фурье была найдена главная частота.

Далее это значение отображалось в так называемую *карту частот* в точку с соответствующими координатами (для каждого уровня масштаба карта частот своя). Стоит отметить, что в пределах каждой карты диапазон частот достаточно узок.

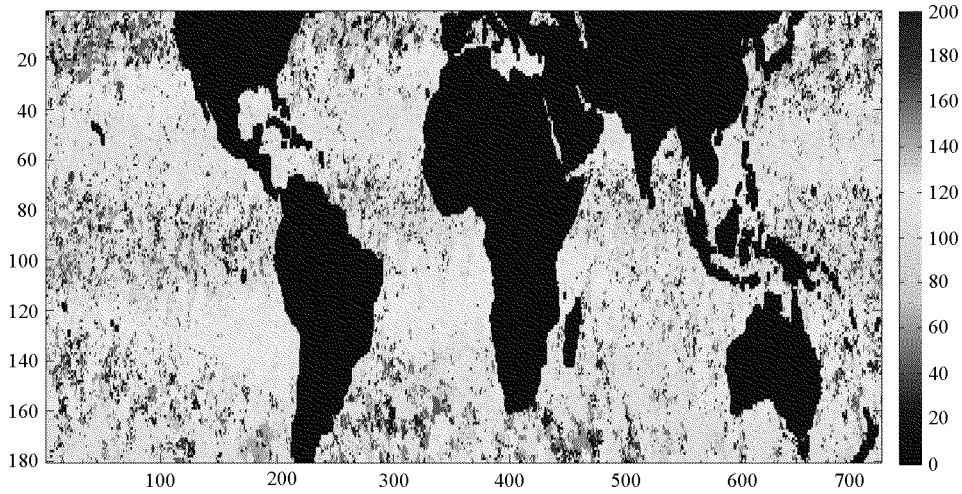


Рис. 2. Карта частот, полученная на 5 уровне разложения

В результате удалось обнаружить определенные закономерности изменения глобального поля водяного пара: периодичность по годам и сезонам и высокую межсуточную изменчивость. Далее по частотной карте удалось локализовать с более высокой точностью определенные подзоны, характеризующиеся различной вариабельностью и плотностью в поле водяного пара и, соответственно, в зоне солнечного излучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астафьева Н. М. Вейвлет-анализ: основы теории и некоторые приложения. — Успехи физических наук, 1998, № 11, с. 1145–1170.
2. Воробьев В. И., Грибунин В. Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. СПб.: ВУС, 1999.
3. Захарова Т. В., Шестаков О. В. Вейвлет-анализ и его приложения. М.: МАКС Пресс, 2009, 151 с.