

АНАЛИЗ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНО-СИНГУЛЯРНОГО АНАЛИЗА

Попов В.В.¹, Минаков Д.М.¹, Попова И.В.²

¹ – ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, corubook05@yandex.ru 1

² – Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия, corubook05@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются методики по применению аппарата сингулярного спектрального анализа (SSA) для повышения качества поддержки обеспечения военных метеозависимых организационно-технических систем. Предложены новые подходы к решению задачи оценки на основе трендовой и периодической составляющей ряда.

Ключевые слова: сингулярный спектральный анализ, гидрометеорологические величины, одномерный однородный ряд, траекторная матрица.

Прогнозирование рядов гидрометеорологических величин предполагает, что параметры, полученные за определенный временной интервал, характеризуют значения этих величин в будущем. Важно понимать, что вследствие стохастичности гидрометеорологических рядов как правило существуют причины, в силу которых информация содержащаяся в статистических данных не может описать изменение параметра ряда в будущем. Например, прохождение атмосферного фронта, изменение количества облачности, может неблагоприятно повлиять на прогностические значения гидрометеорологических величин, которые в свою очередь, могут повлиять на другие параметры атмосферы.

Для ряда метеозависимых потребителей прогностические параметры гидрометеорологического временного ряда должны быть весьма точными и строиться не только на основе периодических и трендовых составляющих, но и наилучшим образом определять вариации стохастической и динамической компонент. В таких случаях прогнозирование временных рядов классическими способами не может быть единственным подходом. Поэтому, в большинстве случаев различные подходы к прогнозированию гидрометеорологических величин объединяют или модифицируют, чтобы обеспечить наибольшую их эффективность [1].

В целях разработки способа прогноза временных рядов гидрометеорологических величин, и в частности характеристик влажности, предлагается для анализа свойств ряда использование метода SSA. Целесообразность применения метода SSA обоснована возможностью определения основных статистических параметров ряда гидрометеорологической величины и подавления шума.

Основу метода составляет сингулярное разложение траекторной матрицы, столбцами которой являются вектора вложения – отрезки ряда длины L , основного параметра метода, называемого длиной окна. Анализ членов сингулярного разложения позволяет сначала классифицировать их как относящиеся к одной из компонент ряда, а затем выделить ту компоненту, которая характеризует структуру ряда. Такой ряд можно задать с помощью линейной рекуррентной формулы (ЛРФ) и начальных значений. Метод SSA позволяет находить коэффициенты линейной рекуррентной формулы, управляющей рядом и, следовательно, продолжить ряд. Ряды, управляемые ЛРФ, тесно связаны с рядами конечного ранга, т.е. рядами, сингулярное разложение которых при достаточно большой длине ряда и достаточно большой длине окна имеет фиксированное число ненулевых компонент [2, 3].

В ходе работы определялись характеристики ряда: трендовая и сезонные компоненты, величина шумовой дисперсии.

Основной и важной задачей является определение одного или нескольких прогностических значений временного ряда.

В ходе исследования представленная методика была применена к статистическому ряду средних суточных значений относительной влажности воздуха для центральных

месяцев зимы и лета за период 1981-2018 гг. Статистические ряды составлены для 21 области, границы которых определены согласно работы [4]. В работе длина ряда $N=38$ и в ходе преобразования в траекторную матрицу выбрана длина окна $L=15$.

Для преобразованного ряда рассчитаны трендовая компонента и шумовая дисперсия средней суточной относительной влажности воздуха для определенных областей Арктики для центральных месяцев зимы и лета.

Анализ показал, что зимой среднесуточная относительная влажность имеет тенденцию к повышению по всему Арктическому региону, а тенденция шумовой дисперсии в прибрежной зоне указывает на стабилизацию влажностного режима, в морской зоне и на южной границе Арктики преобладает тенденция к увеличению разброса значений среднесуточной относительной влажности (относительно средней), а значит – на усиление аномальности климатического режима. В летний сезон года среднесуточная относительная влажность имеет тенденцию к уменьшению в морской и прибрежной зонах а на южной границе Арктической зоны она повышается от года к году. Тенденция шумовой дисперсии характеризуется противоположными знаками. В морской и прибрежной зонах преобладает тенденция к увеличению разброса значений среднесуточной относительной влажности, а на южной границе она характеризуется стабилизацией влажностного режима.

Данные тренды обоснованы расчетом значений статистических параметров влажностного режима в рамках территориально-временного районирования Арктической территории. Расчеты проведены для 21 области Арктической зоны России, структурированных по широтно-меридиональному принципу. Это позволило выявить новые климатические закономерности.

Таким образом, в работе показано, что исследование особенностей и тенденций изменения климата в Арктике и ряда климатических характеристик осуществляется через оценку климатических показателей с применением методики сингулярного спектрального анализа. На основе анализа рядов для 21 области Арктической зоны России выявлены определенные устойчивые периоды колебаний приземной влажности воздуха.

Литература

1. Матвеев М. Г. Модель анализа динамики векторного метеорологического процесса / М.Г. Матвеев, В.В. Михайлов, М.Е. Семенов, Е.А. Сирота // Вестник ВГУ. Серия «Системный анализ и информационные технологии», 2013. –№ 1. –С. 89-94.
2. Голяндина Н. Э. Метод Гусеница-SSA : анализвременных рядов: учебное пособие / Н. Э. Голяндина.– Санкт-Петербург, 2004. –76 с.
3. Данилов Д. Л. Главные компоненты временных рядов : Метод «Гусеница» / Д. Л. Данилов, А.А. Жиглявский. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский университет, 2007. –308 с.
4. Попов В.В. Ранжирование климатических экстремальных территорий на основе теории нечеткой логики. / В. В. Попов, И. И. Ульшин, П. А. Тимофеев // Нелинейный мир. Международный научно-технический журнал. М.: Радиотехника. 2014. –№ 9. Т. 12. –С. 4-11.

ANALYSIS OF THE HYDROMETEOROLOGICAL SERIES BASED ON A SPECTRAL ANALYSIS OF SINGULAR

Popov V.B¹, Minakov D.M.¹, Popov I.V.²

¹ – Military Educational Research Centre of Air Force «Air Force Academy named after professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin» (Voronezh), Russia, copybook05@yandex.ru

² – Voronezh state University, Voronezh, Russia, copybook05@yandex.ru

Abstract. Methods for the application of the singular spectrum analysis (SSA) apparatus to improve the quality of support for the provision of military meteorological-dependent organizational-technical systems are considered. New approaches to solving the problem of evaluation based on the trend and periodic component of the series are proposed.

Keywords: singular spectral analysis, hydrometeorological values, one-dimensional homogeneous series, trajectory matrix.