

Прогнозные оценки речного стока на основе гибридной модели EMD-ARIMA

Волчек А.А., Сидак С.В.¹

¹ – Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Беларусь, harchik-sveta@mail.ru

Аннотация. Для получения прогнозных оценок среднегодовых расходов воды предлагается гибридная модель EMD-ARIMA. Полученные результаты показали высокую эффективность используемой модели. Опыт совместного применения методов EMD и ARIMA в дальнейшем может быть распространен на получение прогнозных оценок других гидрологических характеристик.

Ключевые слова: эмпирическая модовая декомпозиция, гибридная модель, EMD, ARIMA, прогнозные оценки речного стока.

Получение прогнозных оценок речного стока по данным многолетних наблюдений принято считать одной из актуальных проблем гидрологии. Наличие достоверной информации о будущих значениях среднегодовых расходов воды является одним из основополагающих факторов эффективного планирования, управления и бесперебойной работы системы водных ресурсов. Научная проблема прогнозирования среднегодовых расходов воды имеет очевидную значимость с точки зрения проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений, осуществления мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод.

На протяжении XX – начала XXI века разрабатывались методики расчета и прогнозирования гидрологических характеристик, основанные на изучении закономерностей многолетних колебаний стока при условии стационарности климата в прошлом и будущем. Однако в настоящее время обоснованность и правильность применения данных методик ставится под сомнение в связи с устойчиво меняющимся климатом и постоянно меняющейся антропогенной нагрузки на водные ресурсы.

Повышение требований к экономической эффективности и безопасности эксплуатации водных систем приводит к необходимости совершенствования существующих методов долгосрочного прогнозирования речного стока, повышения его точности и заблаговременности.

К настоящему времени разработано большое количество математических моделей и методов анализа и прогнозирования гидрологических временных рядов [1].

Одной из распространенных классических статистических моделей прогнозирования является модель ARIMA, предложенная Боксом и Дженкинсом. Эта модель эффективно применяется в таких отраслях, как гидрология, экономика, окружающая среда и политика. Однако гидрологические процессы являются сложными, отражающими взаимодействие большого числа климатообразующих факторов, каждый из которых может быть описан различными моделями. Построенная в результате применения традиционных методов математическая модель гидрологического процесса, как единого и неделимого, является практически не реализуемой и малоприменимой для использования в задачах прогноза.

В последнее время в зарубежной литературе появилось много работ [2-4], посвященных гибридным декомпозиционным моделям и методам прогнозирования, полученным путем объединения двух и более методов с целью получения лучших характеристик комбинированной гидрологической модели и возможности использования их для прогнозирования нестационарных гидрологических рядов. Основной целью декомпозиционного подхода к прогнозированию является разделение исходного временного ряда на множество рядов с более простой структурой, рассматриваемых независимо друг от друга.

Целью данной работы является анализ возможности прогнозирования среднегодовых расходов воды р.Днепр с использованием гибридной модели, основанной на совместном использовании методов эмпирической модовой декомпозиции (EMD) и модели авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего (ARIMA).

EMD используется для разложения исходного нестационарного ряда на серию модовых функций (IMF) и остаток, к каждому из которых может быть применена ARIMA-методология (рис. 1).

Основные этапы получения прогнозных оценок с помощью гибридной модели EMD-ARIMA:

- 1) последовательные операции по выделению из исходного временного ряда модовых функций, начиная с высокочастотных;
- 2) разработка подходящей модели ARIMA для каждой IMF функции и остатка;
- 3) проведение общих вычислений для прогнозирования исходного временного ряда на основе прогноза каждой подсерии;
- 4) сравнение производительности гибридной модели EMD-ARIMA со стандартной моделью ARIMA.

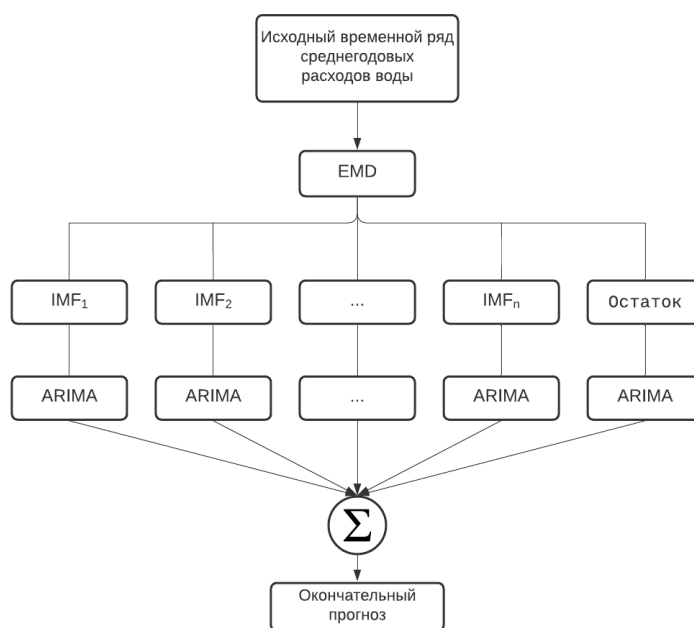


Рисунок 1 – Блок-схема гибридной модели EMD-ARIMA

Для оценки эффективности используемой в работе гибридной модели EMD-ARIMA получены значения среднеквадратической ошибки, средней абсолютной ошибки, средней абсолютной ошибки в процентах, коэффициента корреляции. Полученные результаты показали более высокую эффективность предложенной гибридной модели для прогнозирования среднегодовых расходов воды по сравнению со стандартной моделью ARIMA.

Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ (договор № X20M064 от 04.05.2020)

Литература

1. Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. Гидрологические прогнозы. Сю-Пб.: РГГМУ, 2007.
- Кучмент Л.С. Речной сток (генезис, моделирование, предвычисление) : М.: 2008.
2. Wang W, Van Gelder P, Vrijling JK, Ma J (2006) Forecasting daily streamflow using hybrid ANN models. J Hydrol 324: 383–399
3. Jain A, Kumar AM (2007) Hybrid neural network models for hydrologic time series forecasting. Appl Soft Comput 7: 585–592
4. Sahoo GB, Schladow SG, Reuter JE (2009) Forecasting stream water temperature using regression analysis, artificial neural network, and chaotic non-linear dynamic models. J Hydrol 378: 325–342.

Predictive estimates of river runoff based on the EMD-ARIMA hybrid model

Volchak A.A., Sidak S.V.¹

¹ – *Brest State Technical University, Brest, Belarus, harchik-sveta@mail.ru*

Abstract. A hybrid EMD-ARIMA model is proposed to obtain predictive estimates of average annual water discharge. The results obtained showed the high efficiency of the used model. The experience of joint application of EMD and ARIMA methods can be further extended to obtain predictive estimates of other hydrological characteristics.

Keywords: empirical mode decomposition, hybrid model, EMD, ARIMA, forecast estimates of river runoff.