

К вопросу исследования гидрометеорологических рядов методами фрактального анализа

Волчек А.А., Сидак С.В.¹

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

Аннотация. В настоящей работе рассмотрены особенности применения фрактального анализа при исследовании временных рядов температуры атмосферного воздуха, атмосферных осадков, речного стока.

Ключевые слова: показатель Хёрста, фрактальный анализ, персистентность, температура воздуха, речной сток.

Проблема изменения климата является одним из приоритетных направлений исследований на государственном уровне в Республике Беларусь. Это подтверждается выполнением обязательств по международным соглашениям в области изменения климата, разработкой и внедрением мероприятий по снижению уязвимости естественных экологических систем.

Происходящие в настоящее время изменения климата уже привели в ряде регионов к значительным изменениям водного режима рек. Причина происходящих изменений кроется в том, что климат выступает основным фактором формирования подземных и поверхностных вод речных бассейнов. Темпы протекания климатических изменений современного периода, отражающиеся в изменении гидрологических характеристик, коррелируют со скоростью повышения антропогенной нагрузки на окружающую среду. В соответствии с данными метеорологических наблюдений на сети метеостанций Беларуси в последние десятилетия отмечается четко выраженный тренд повышения годовой и зимней температуры воздуха [1]. Учитывая эти обстоятельства, необходимо отметить, что проблема оценки современных и ожидаемых изменений водных ресурсов в условиях изменяющегося климата носит не теоретический, а совершенно практический характер. И, как следствие, чем детальнее будет изучена оценка пространственно-временной изменчивости речного стока и определяющих его климатических факторов, тем надежнее удастся выявить изменения гидрологического режима водных объектов в будущем. Бесспорным остается тот факт, что оценку закономерностей изменения речного стока за достаточно длительный период гидрометрических данных наблюдений необходимо проводить совместно с влияющими на него климатическими факторами.

Развитие компьютерных технологий и методов математического моделирования в областях гидрометеорологии позволяет наряду с расчетом базовых статистических характеристик гидрометеорологических показателей применять сложные математические методы и вычислять параметры, которые отражают неочевидные, глубинные свойства гидрометеорологических процессов. Одним из таких методов исследований, получившем в последнее время широкое развитие в самых разнообразных областях науки, является фрактальный анализ [2,3].

Метод основывается на предположении, что процессы, происходящие в настоящий момент, определялись предыдущими состояниями системы или объекта и, как следствие, временной ряд на некоем интервале масштабов самоподобен. Главная особенность применения фрактального анализа состоит в том, что учитываются не только непосредственно предшествующие, но и происходившие достаточно давно относительно настоящего момента процессы.

Существует несколько способов исследования фрактальных временных рядов [4,5]. В данной работе использован метод, предложенный Бенуа Мандельбротом и основанный на вычислении показателя Хёрста (R/S анализ). Используемый в работе метод R/S анализа позволяет при минимальных данных о характере рассматриваемого процесса проводить оценку такой важной для решения гидрометеорологических задач характеристик, как персистентность – устойчивость в формируемых тенденциях [6].

В работе выявлены и численно оценены такие фундаментальные характеристики гидрометеорологических рядов, как наличие долговременной памяти, трендоустойчивость (персистентность) и антиперсистентность.

Алгоритм определения показателя Хёрста (H) полностью автоматизирован в Excel+VBA. Полученный программный модуль позволяет автоматически вычислять количество интервалов при заданной пользователем длине непересекающихся отрезков разбиения ряда, показатель Хёрста для выбранного пользователем временного ряда, графически представлять полученные результаты.

С помощью созданного программного модуля исследованы временные ряды среднегодовых и среднемесячных температур атмосферного воздуха Беларуси, осадков, максимальных, минимальных, среднегодовых расходов воды крупных рек Беларуси. В качестве примера, на рисунке 1, представлена динамика показателя Хёрста для среднемесячных температур атмосферного воздуха Беларуси за период 1950-2019 гг.

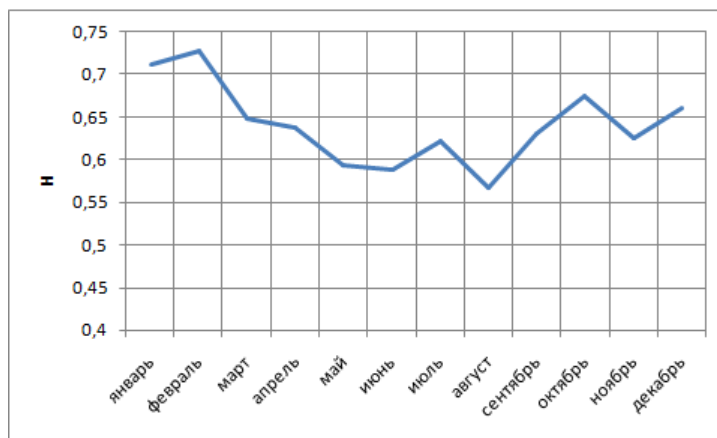


Рисунок 1– Динамика показателя Хёрста по месяцам за период 1950-2019 гг.

Расчёт показателя Хёрста для каждого месяца показал, что наибольшей тенденцией к персистентности характеризуются ряды температур воздуха за январь ($H=0,71$), февраль ($H=0,73$) и октябрь ($H=0,68$).

Литература

1. Волчек А.А. К вопросу прогнозирования температуры воздуха на примере Беларуси / А.А. Волчек, С.В. Сидак // Вестник БрГТУ. – 2019. – №2 (115) : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 2–6.
2. Федер Е. Фракталы. –М.:Мир, 1991. –254 с.
3. Hurst H.E. Long-term storage capacity of reservoirs // Trans. Am. Soc. Civ. Eng., №116, –1951, P.770–808.
4. Перепелица В.А. Предпрогнозный анализ объемов стока горных рек как элемент экономической безопасности региона / В. А. Перепелица, Е. В. Попова, Т. М. Леншова , А. М. Янгишиева // Вестник Воронеж. ун-та. Сер. Экономика и управление. 2005. – №1. – С. 73–84.
5. Бутаков В., Граковский А. Оценка уровня стохастичности временных рядов произвольного происхождения при помощи показателя Херста // Computer Modeling and New Technologies. 2005. Vol. №2. С. 27–32.
6. Лепихин А.П., Перепелица Д.И. К применению показателя (коэффициента) Херста в гидрологии // Географический вестник = Geographical bulletin. 2016. №4(39). С. 36–44.

To the question of research of hydrometeorological series by fractal analysis methods

Volchak A.A., Sidak S.V.¹

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

Abstract. In this paper, we consider the features of the use of fractal analysis in the study of time series of air temperature, precipitation, and river runoff.

Keywords: Hurst exponent, fractal analysis, persistence, air temperature, river flow.