

# НОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНОК СТАТИСТИЧЕСКИХ И СТОХАСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕНЧИВОСТИ РЕЧНОГО СТОКА

Добровольский С.Г.

Институт водных проблем РАН, Россия

В практике гидрологических расчетов стали традиционными использующиеся десятилетиями оценки: дисперсий и стандартов – при помощи формул, буквально воспроизводящих определения этих величин, коэффициентов автокорреляции – при помощи формул Резниковского-Костиной, нестационарности/стационарности рядов – при помощи понятия «однородности», порядков стохастических (автокорреляционных) моделей – при помощи критериев Акаике, информационного критерия Акаике, критериев Парзена, Шварца-Риссанена и других, спектральной плотности – при помощи метода наибольшей энтропии. Эти оценки сравнительно удовлетворительно описывают наблюдаемые ряды речного стока в ряде случаев – когда рассматриваются единичные, слабо коррелированные по времени ряды большой длины, однако могут приводить к методологическим и существенным ошибкам при описании общей картины изменчивости речного стока, базирующейся на анализе большого количества имеющихся рядов стока.

В настоящей работе предложены новые подходы для оценок перечисленных параметров. Основой для разработки новых методов послужил предложенный автором экономичный алгоритм генерирования псевдослучайных гауссовских величин, базирующийся на принципе «зеркального удвоения» (ЗУ) генерирующего алгоритма. Существующие экономичные алгоритмы генерирования, как известно, характеризуются заметной смещенностью среднего, заметной асимметрией, отличием стандарта от единичного и четвертым моментом (эксцессом), отличающимся от трех. Применение принципа ЗУ позволило уменьшить смещенность среднего и ошибку стандарта, по сравнению, например, с алгоритмом Вычислительного Центра РАН, на 4 - 5 порядков, уменьшить асимметрию в 390 раз, уменьшить (по абсолютной величине) эксцесс относительно нормального в 2 раза.

Другой составляющей нашего подхода к оценке статистических и стохастических параметров временных рядов является новый алгоритм преобразования наблюдаемых величин речного стока в выборочные значения нормально распределенных случайных величин (последнее необходимо для корректного применения, при анализе изменений стока, корреляционной теории случайных функций и ее модификаций). Предложенный алгоритм преобразования обеспеченностей наблюдаемых значений в значения гауссовских величин

приводит к смещенности в оценке среднего, которая (по модулю) на порядок меньше, чем с использованием алгоритма ВЦ РАН, по крайней мере на 4,5 порядка меньшую ошибку стандарта, в 5 раз меньшую, по модулю, асимметрию.

Перечисленные усовершенствования позволили осуществлять более адекватную идентификацию стохастических (авторегрессионных) моделей изменений стока и более адекватно оценивать их параметры. Существующие, перечисленные выше и другие, критерии оценки ключевого параметра – порядка авторегрессионной модели – существенным образом зависят от длины ряда и делают несопоставимыми результаты, полученные по рядам разной длины. Обычный способ обойти эту сложность – усечение рядов до некоторой одинаковой длины. При этом теряется часть информации рядов с большей, чем стандартная, длиной, и все ряды с меньшей длиной. Нами предложен критерий, значения которого не зависят от длины ряда; его эффективность продемонстрирована при анализе около 800 рядов стока рек РФ. Если применение традиционных критериев приводило к искусственному росту среднего порядка моделей авторегрессии годового стока почти на единицу (кардинальное изменение) при переходе от рядов длиной 20 лет к рядам длиной около 100 лет, то применение нашего критерия полностью исключило такую искусственную зависимость.

Значительный эффект новых оценок очевиден и в отношении расчета автокоррелированности стока. Так, для 20-летних рядов годового стока в диапазоне коэффициентов автокорреляции со сдвигом один год от  $-0,9$  до  $+0,9$  средняя смещенность наших оценок меньше в 27 раз, а для 40-летних рядов – в 55 раз, по сравнению с известными оценками Резниковского-Костиной.

Кроме того, предложены новые двусторонние критерии проверки нулевой гипотезы относительно стационарности/нестационарности изменений речного стока, последовательно использующие концепции корреляционной теории случайных функций и принцип «медленно меняющихся спектров» Гренджера-Хатанака.

Наконец, разработан новый принцип оценки дисперсий и нормированных спектральных плотностей изучаемых гидрологических процессов, заключающийся в усечении низкочастотных частей спектров (которые неизбежно оцениваются с очень большими ошибками вследствие небольшой, как правило, длины гидрологических рядов, но оказывают большое влияние на оценку дисперсий рядов и нормированных спектральных плотностей). Метод особенно эффективен при анализе рядов стока озерных рек.