

Петрович В.В., канд. техн. наук., Артеменко В.А.

ДОВГОСТРОКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ВЕЛИЧИНИ РІЧКОВОГО СТОКУ МЕТОДОМ SVD – РОЗКЛАДЕННЯ

Анотація. Наведені результати прогнозування середньорічних витрат води річок методом SVD – розкладення на довгострокову перспективу.

Ключові слова: гідрологічні часові ряди, річковий сток, довгострокове прогнозування.

Аннотация. Представлены результаты прогнозирования среднегодовых расходов воды рек методом SVD – разложения на длительную перспективу.

Ключевые слова: гидрологические временные ряды, речной сток, долгосрочное прогнозирование.

Annotation. In article are presented the results of the long-term forecasting mean-year expenses of water of the river. Method of the forecasting is based on use Singular Value Decomposition (SVD).

Keywords: hydrological time series, long-term forecasting.

Однією із основних задач гідрологічних розрахунків при проектуванні мостових переходів є довгострокове прогнозування максимальних витрат води у річках [1].

В інженерній практиці довгострокове прогнозування гідрологічних характеристик (витрат та рівнів води) традиційно розглядається з позицій впливу різного роду факторів на річковий сток [2-4].

Однак у різноманітності умов змін характеристик стоку досить складно виділити основні фактори, що призводить до застосування або спрощених методик розрахунку (наприклад, у вигляді залежностей тільки від одного фактора), або методик, перевантажених набором багатьох предикторів.

Дослідження часових гідрологічних рядів методами математичної статистики та теорії ймовірностей дали певний прогрес при аналізі багаторічних коливань стоку [5,6], але задача надійного прогнозування його характеристик (особливо на довготривалу перспективу) залишалася невирішеною.

Головною причиною незавбачності гідрологічних процесів є нелінійність, яку обов'язково слід враховувати при реалізації різного роду моделей стоку [7,8].

Як показали численні дослідження, нелінійні процеси та детермінований хаос спостерігаються у багаторічних рядах стоку переважної більшості річок, що протікають у різних місцевостях з досить відмінними кліматичними умовами [9,10].

Сучасний стан методів прогнозу часових рядів, які характеризуються складною (у тому числі і хаотичною) поведінкою, базується на використанні розробок нелінійної динаміки [11]. Це дозволяє проводити безпосереднє прогнозування на базі тільки конкретного часового ряду [12].

Застосування такого підходу до довгострокового прогнозування дає досить обнадійливі результати.

Як відомо, дослідження будь-яких динамічних систем (як і рядів, що породжуються ними) можливе із використанням як моделей на базі диференціальних рівнянь (так званих "потоків"), так і моделей на базі дискретних різницевих рівнянь ("каскадів").

Так, наприклад, модель часового ряду чисел Вольфа згідно [13] слід відносити до "потоків".

Гідрологічні ряди середньорічних значень витрат води річок мають достатньо "ламаний" вид (рис.1), тому можна припустити, що моделі цих рядів скоріше за все є "каскади".

Попередньо фільтрувати "каскадні" ряди при прогнозуванні їх методом SVD-розкладення слід у більшому ступені, ніж ряди "потоків".

На рис.1 чітко спостерігається відмінність фільтрованого від вихідного гідрологічного ряду. Зазначимо, що для попередньо фільтрованого та вихідного часових рядів чисел Вольфа така відмінність незначна [14].

Звісно, що ряди породжені "каскадами", прогнозуються значно гірше, ніж ряди, породжені "потоків". Тобто кількість років, на які може бути

"правдиво" подовжений такий вихідний ряд, буде менше кількості років, на які можливо подовжити ряд "потоків".

Розглянемо результати прогнозування середньорічних витрат води методом SVD – розкладення на довготривалу перспективу.

Вихідні часові ряди середньорічних витрат води, м³/с, приймали згідно [15].

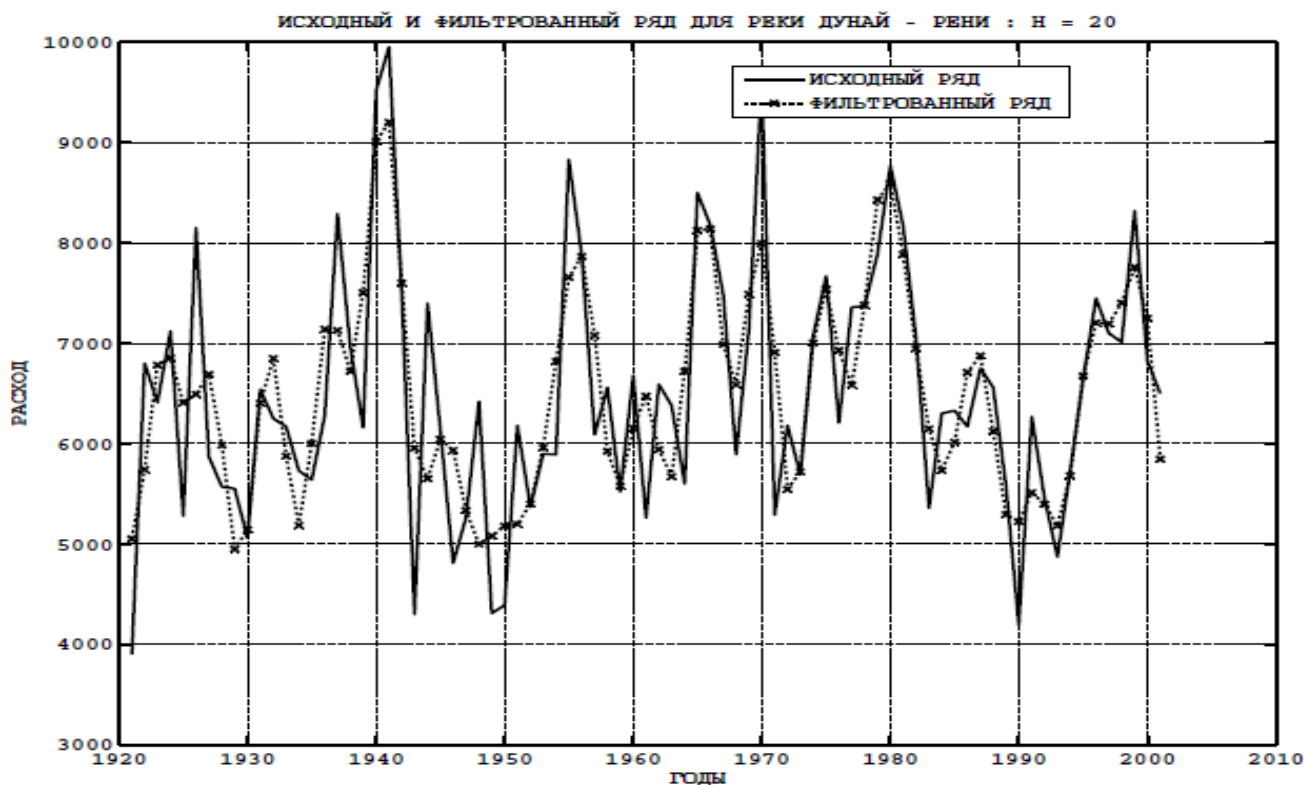


Рисунок 1

Так, для р. Дунай (п.Рені) довжина часового ряду середньорічних витрат води склала 81 значення (спостереження з 1921 по 2001р. включно).

Параметр Фур'є – фільтру при розрахунках дорівнював $N=20$.

На вхід процедури прогнозування подавали лише перші 70 значень (точок) вихідного фільтрованого ряду та подовжували цей ряд на 11 значень методом SVD – розкладення. Ці спрогнозовані 11 значень порівнювали із останніми 11 значеннями вихідного фільтрованого ряду та робили висновок щодо якості прогнозу.

На рис.2 наведені результати прогнозування для р. Дунай (п. Рені) при значенні розмірності траєкторної матриці $DIM=29$ та параметру прогнозування $NMC=28$.

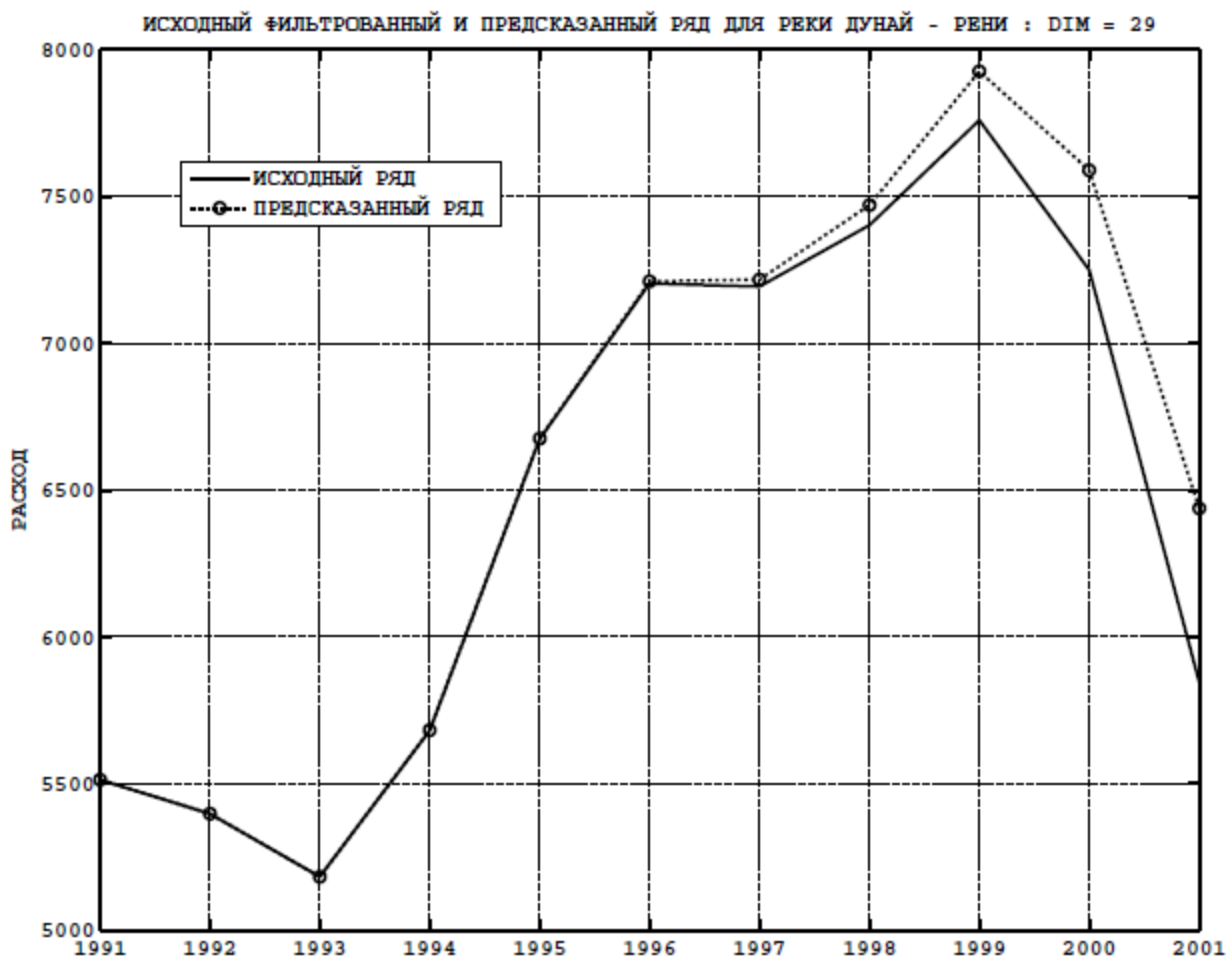


Рисунок 2

Як видно, дані прогнозу добре співпадають із дійсними даними на протязі перших 7 років, а далі спостерігається поступове відхилення даних прогнозу від дійсних даних.

Варіювання значень у межах $DIM=30...34$ практично не впливає на результати прогнозування.

При значенні $DIM=35$ похибки прогнозування для 8...11 року прогнозу дещо зменшуються. При цьому «прогнозна» крива проходить нижче кривої дійсних значень (див.рис.3).

При подальших розрахунках ($DIM=36...38$) одержуємо приблизно такі самі результати прогнозування, як і при значеннях $DIM=29...34$.

Тобто, при зміні величини DIM як мінімум у межах десяти значень ($DIM=29...38$) маємо досить сталі результати прогнозування.

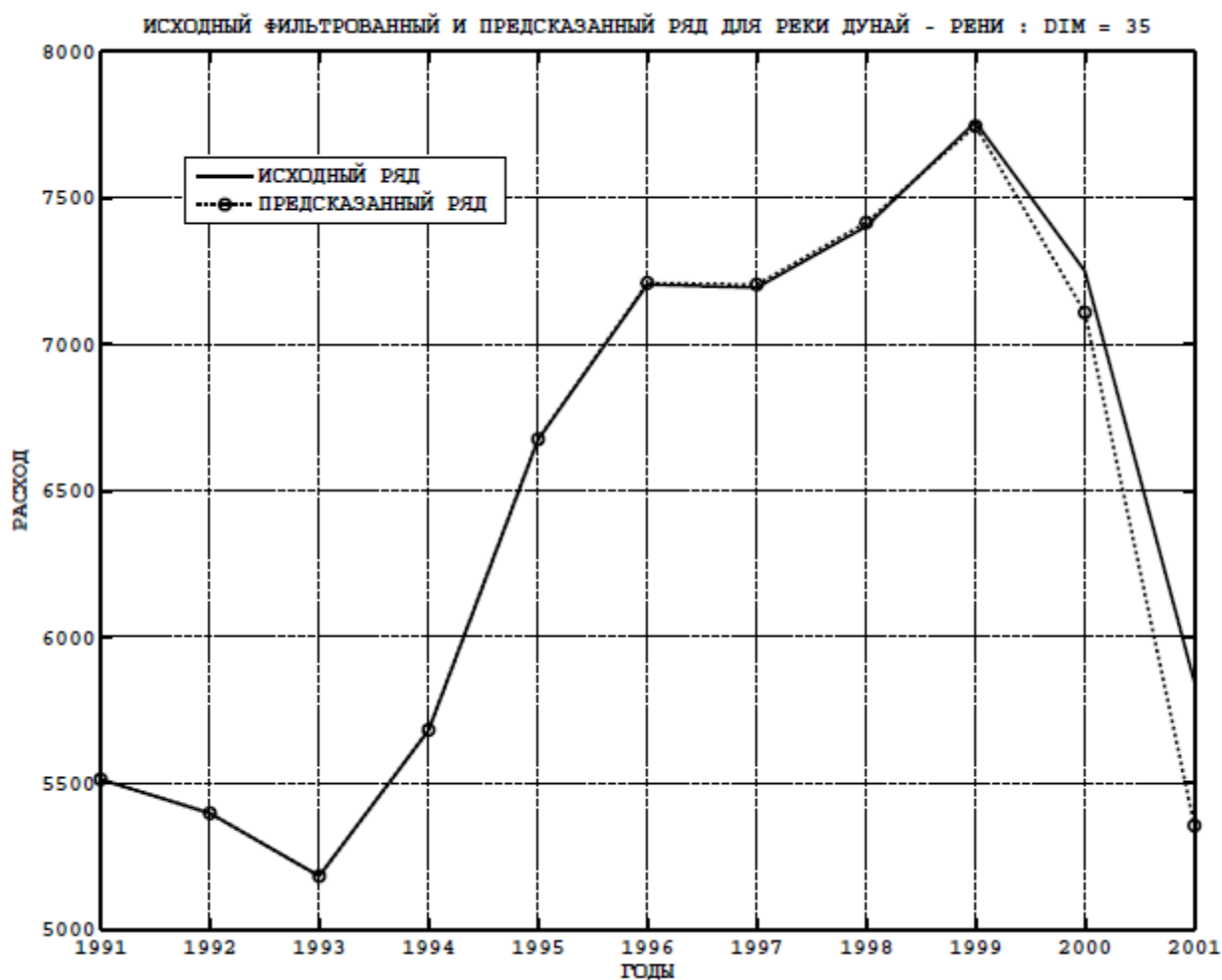


Рисунок 3

Висновки

Наведені результати прогнозування значень середньорічних витрат води р. Дунай (п. Рені) методом SVD – розкладення.

Як свідчать розрахунки, досить точно прогнозування витрат води можливе на період 7...8 років, а при деякому зниженні точності прогнозу (але все ж достатньому для практики) і на 9...11 років. При цьому розроблена авторами процедура дозволяє прогнозувати не тільки довгі, але також і відносно короткі ряди гідрометричної інформації.

Література

1. Андреев О.В. Проектирование мостовых переходов. – М.: Транспорт, 1980. – 215 с.
2. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 420 с.
3. Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 256 с.
4. Руководство по гидрологическим прогнозам. Вып. 1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 359 с.
5. Сванидзе Г.Г. Математическое моделирование гидрологических рядов для водноэнергетических и водохозяйственных расчетов. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 296 с.
6. Привальский В.Е., Панченко В.А., Асарина Е.Ю. Модели временных рядов с приложениями в гидрометеорологии. – С-Пб.: Гидрометеиздат, 1992. – 226 с.
7. Найденов В.И. Нелинейная динамика поверхностных вод суши. – М.: Наука, 2004. – 318 с.
8. Khan S. Nonlinear dependence and extremes in hidrology and climate.- Theses and Dissertations...Ph.D. – University of South Florida. – 2007. – 182 p.
9. Jayawardena A.W., Lai F. Chaos in hydrological time series. – "Extreme Hydrological Events: Precipitation, Floods and Droughts." Proceedings of the Yokohama Symposium, July 1993 // IAHS, Publ. № 213, 1993. – P. 59 – 66.
10. Sivakumar B. Chaos theory in hidrology: important issues and interpretations // Journal of Hydrology, 2000, 227 (1 – 4). – P. 1 – 20.
11. Малинецкий Г.Г., Курдюмов С.П. Нелинейная динамика и проблемы прогноза // Вестник РАН. – 2001. – Том 71. – № 3. – С. 210 – 224.
12. Безручко Б.П., Смирнов Д.А. Математическое моделирование и хаотические временные ряды. – Саратов: Изд-во Гос.УНЦ "Колледж", 2005. – 343 с.
13. Петрович В.В., Артеменко В.А. Застосування апарата нелінійної динаміки для аналізу часових рядів гідрометеорологічної інформації // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – Вип. 80. – К.: Вид-во НТУ, 2011. – С. 121 – 139.
14. Петрович В.В., Артеменко В.А. Прогнозування часових природних рядів на основі методу SVD – розкладення// "Автомобільні дороги і дорожнє будівництво". – Вип. 84. – К.: Вид-во НТУ, 2012. – С. 13 – 29.
15. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. – К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с.