

Использование таблицы «Настройки системы» для хранения параметров для задания фильтров выгодно, во-первых, по причине простой и типизированной реализации, и, во-вторых, в силу минимизации ввода параметров, определяющих печатные формы. Например, достаточно однократного ввода расчетного интервала при формировании месячной отчетности.

Таким образом, при разработке систем экономической направленности с помощью трех типовых методик создания печатных форм вполне реальна реализация печатных форм в достаточно сложных программных проектах.

С.И. ПАРФОМУК, В.М. РАКЕЦКИЙ, И.Г. РАКЕЦКАЯ, И.И. ПАРФОМУК
БрГТУ (г. Брест, Беларусь)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ ОЗЕРА НАРОЧЬ

В основу исследования положены материалы наблюдений за средними годовыми значениями уровней воды в озере Нарочь за 55-летний интервал – с 1956 по 2010 годы. Для моделирования колебаний уровня во избежание ошибок при округлении в вычислениях исходные данные были нормированы с помощью преобразования [1]:

$$Z(t) = \frac{2H(t) - H_{\max} - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}}, \quad (1)$$

где $Z(t)$ – нормированная величина уровня водоема; $H(t)$ – исходный уровень в момент времени $t = 1, \dots, N$; $H_{\max} = \max_{1 \leq t \leq N} H(t)$ – максимальный уровень; $H_{\min} = \min_{1 \leq t \leq N} H(t)$ – минимальный уровень водоема.

Метод построения параметрической регрессии основан на использовании дифференциально-разностной модели:

$$Z(t+1) - Z(t) = \Phi(Z(t)) + \gamma^{(k)}(t), \quad (2)$$

где $\gamma^{(k)}(t)$ – остаточная последовательность модели регрессии порядка k ,

а $\Phi(Z(t))$ определяется из соотношения: $\Phi(Z(t)) = \sum_{i=0}^k a_i Z^i(t)$.

В результате исследований получены результаты, свидетельствующие о стабилизации остаточной суммы квадратов нормированных данных при $k = 8$. Далее была рассчитана функция $\Phi(Z(t))$, описывающая колебания нормированных данных наблюдений и представленная в виде полиномиальной регрессии 8-й степени:

$$\begin{aligned} \Phi(Z(t)) = & -9.8234Z^8(t) - 9.5248Z^7(t) + 20.3185Z^6(t) + 17.6399Z^5(t) - \\ & -13.8939Z^4(t) - 8.3926Z^3(t) + 3.3150Z^2(t) + 0.1504Z(t) - 0.0134. \end{aligned} \quad (3)$$

Равновесные положения уровня водоема являются корнями уравнения $\Phi(Z(t)) = 0$ и принимают для нормированных данных значения $Z_1 = -0,082$, $Z_2 = 0,049$, $Z_3 = 0,349$, что соответствует трем значениям уровня $H_1 = 167,196$ м, $H_2 = 170,069$ м, $H_3 = 176,678$ м, являющимся положениями равновесия [2].

Для моделирования траектории колебаний уровня была исследована остаточная последовательность. Период остаточной последовательности определен с применением спектрально-временного анализа. Для уровня озера Нарочь выявлен 2-летний цикл, что положено в основу построения фазовой диаграммы. Предположив, что фазовая диаграмма остаточной последовательности имеет характерную для сезонных колебаний синусоидальную форму, выражение (2) преобразуется к следующему:

$$Z(t+1) = -9.8234Z^8(t) - 9.5248Z^7(t) + 20.3185Z^6(t) + 17.6399Z^5(t) - \\ -13.8939Z^4(t) - 8.3926Z^3(t) + 3.3150Z^2(t) + 1.1504Z(t) - 0.0134 + \quad (4) \\ + A_0 + A_1 \sin 4\pi t + A_2 \cos 4\pi t + \varepsilon(t)$$

где $A_0 = 0$, $A_1 = 0,03418$, $A_2 = 0,10471$ – рассчитанные коэффициенты уравнения фазовой диаграммы, $\varepsilon(t)$ – остаточная последовательность, имеющая нормальное распределение с параметрами $N(0;0,3805)$.

На рисунке представлена траектория длиной 200 значений, смоделированная с помощью выражения (4). Траектория демонстрирует переходы от верхнего уровня к нижнему, резкие либо постепенные подъемы и падения. За пределы верхнего уровня, равного 191 м, выходят 2 значения, что составляет 1%. Это позволяет говорить о том, что вероятность превышения максимального годового уровня озера Нарочь маловероятна.

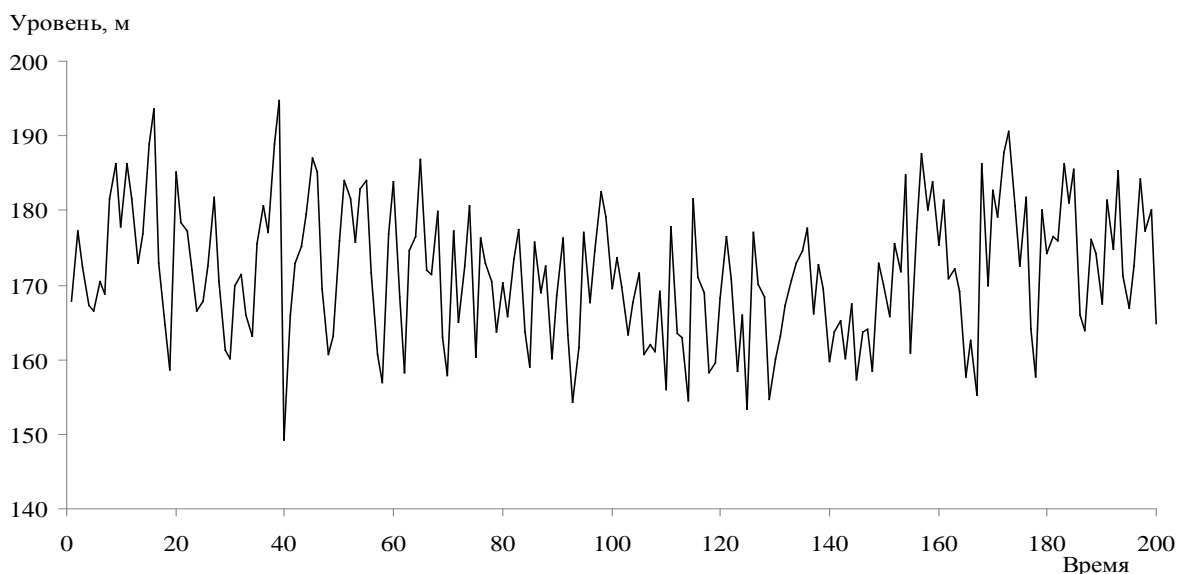


Рисунок. – Моделированная траектория колебаний уровня озера Нарочь

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожевникова, И. А. Моделирование колебаний уровня озера Кинерет / И. А. Кожевникова, В. И. Швейкина // Вод. ресурсы. – 2014. – Т. 41, № 1. – С. 565–572.
2. Понтрягин, Л. С. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Л. С. Понтрягин. – М. : Наука, 1965. – 331 с.