

### Методы определения частоты дискретизации временных рядов стоимостных показателей в финансовых системах автоматизированного мониторинга

В работе приведены исследования и разработка методов оценивания периода временного ряда дискретного представления непрерывных функций – непрерывных сигналов в финансовых системах мониторинга. Исследован метод определения верхней частоты спектральной функции непрерывного процесса, аппроксимированного многочленом Лагранжа с последующим преобразованием Фурье. Также исследован и разработан метод определения верхней частоты спектра табличной функции отсчетов временного ряда с последующим вычислением ДПФ на конечном интервале.

Ключевые слова: период временного ряда, частота дискретизации, дискретное преобразование Фурье, аппроксимация.

При создании телекоммуникационных систем автоматизированного мониторинга возникает задача формирования временных рядов отображения непрерывной функции, в частности, рядов изменения параметров стоимостных показателей в финансовых системах. Поэтому решается задача определения максимального периода отсчетов временного ряда. На рис. 1 представлена экспериментальная функция изменений параметров стоимостного показателя.

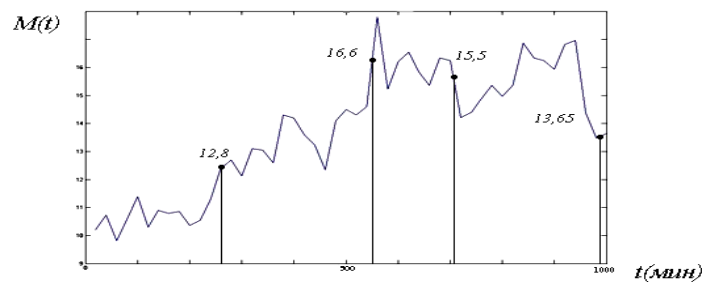


Рис. 1. График функции изменений параметров стоимостных показателей

Для определения максимального периода дискретизации непрерывной функции  $M(t)$  в виде временного ряда, достаточно получить значение верхней частоты спектра  $s(f)$  процесса  $M(t)$ . Для получения математической модели функции  $M(t)$  обратимся к аппроксимирующему интерполяционному полиному Лагранжа [1, с.28]. В этом случае аппроксимация полиномом четвертого порядка ( $n=4$ ), в соответствии с узлами интерполяции на рис. 1, позволяет получить погрешность МАРЕ менее 5% ( $|\delta| < 5\%$ ). Аппроксимация функции получает вид:

$$M(t) = 5,1 + 0,059 t - 1,577 \cdot 10^{-4} t^2 + 2,131 \cdot 10^{-7} t^3 - 1,054 \cdot 10^{-10} t^4 \quad (1)$$

График модели (1) представлен на рис. 2а, функция спектральной плотности представлена на рис. 2б.

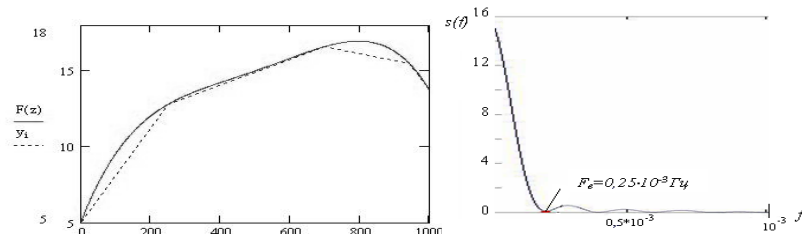


Рис. 2. График аппроксимирующей функции процесса  $M(t)$  и функции спектральной плотности.

Значение частоты  $F_b$ , при которой основной лепесток спектральной функции принимает значение равно нулю ( $S(f)=0$  при  $F_b=0,25 \cdot 10^{-3}$ ), можно принять как верхнюю частоту спектра непрерывного процесса  $M(t)$ . В этом случае максимальный период дискретизации, в соответ-

Секция 8. Модели и структуры автоматизированных вычислительных и телекоммуникационных систем

Степень с теоремой Котельникова, определяется по формуле

$$T_{дискр} \leq \frac{1}{2 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3}} = 2000 \text{сек} = 33,3 \text{мин}.$$

Таким образом, непрерывная функция  $M(t)$ , представленная отсчетами с  $T_{дискр} \leq 33,3$  мин, может быть восстановлена без потерь информации по формуле [2, с.62]:

$$M(t) = \sum_{k=0}^{N-1} M_i(k) \varphi_k(t), \quad \varphi_k(t) = \frac{\sin 2\pi F_0(t-k)}{2\pi F_0(t-k)}. \quad (2)$$

Часто экспериментально получают функцию изменений параметров стоимостных показателей в виде временного ряда

$$M(k) = \sum_{k=0}^{N-1} M(k \cdot t_{омсч}), \quad (3)$$

где  $t_{омсч}$  – период дискретизации в экспериментальном временном ряде.

Значение  $t_{омсч}$  в экспериментальном временном ряде принимается в соответствии с ограничениями  $t_{омсч} \ll T_{технпроц}$  и  $t_{омсч} \in \{1 \div 15\}$  сек, где  $T_{технпроц}$  – время реализации технологического процесса. Пример табличной функции отсчетов экспериментального временного ряда с периодом  $t_{омсч} = 12$  сек. приведен в сокращенном виде в таблице.

Таблица – Таблица отсчетов стоимостных показателей

i, № отсч.	1	2	3	...	601	602	...	1197	1198	1199	1200
$x_i(t_i)$ , сек	12	24	36	...	7212	7224	...	14364	14376	13988	14400
$y_i[M(t_i)]$	5,1	5,25	5,38	...	15,94	15,97	...	5,04	5,05	5,04	5,05

Определение минимальной частоты сбора данных об уровнях стоимостных показателей осуществляется путем определения верхней частоты спектра дискретной функции  $M(i \cdot t_{омсч})$  по ее спектральной функции представленной в виде отсчетов коэффициентов ДПФ, вычисленных методом дискретного преобразования Фурье (ДПФ).

Вычисления коэффициентов ДПФ последовательности конечной длины из N отсчетов стоимостных показателей и, соответственно, вычисление значений функции спектральной плотности процесса осуществляется по выражению [3, 4]:

$$S(jl2\pi f_1) = \frac{1}{N} \sum_{l=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} M(k) e^{-j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot l \cdot k}, \quad (4)$$

По результатам исследований представлены два метода оценивания максимального периода временного ряда, отображающего функцию  $M(t)$  в дискретном времени.

#### Литература

1. Калиткин, Н.Н. Численные методы. -М.: Наука, 1978. — 512 с.
2. Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для высших учебных заведений / И.С. Гоноровский. – М.: «Радио и связь», 1986. – 512 с.
3. Рабинер, Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов/Л. Рабинер, Б. Гоулд.– М.:«МИР», 1978. – 848с.
4. А. Proskuryakov. Intelligent system for time series forecasting. XII International Symposium «Intelligent Systems – 2016». Procedia Computer Science. ISSN 1877-0509