

конструктивных элементов угловой башни перегрузочного комплекса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бауман В.А., Быховский И.И. Вибрационные машины и процессы в строительстве. - М.: Высшая школа. - 1977. - 225 с.
2. Потураев В.Н., Минеев С.П. Пульсационные и волновые эффекты в горном массиве. - К.: Наукдумка. - 1993. - 153 с.

УДК 622.831:681.3.06.069

Алекс.А. Яланский

### **СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ФАЙЛАМИ ГРАФИЧЕСКИХ ФОРМАТОВ**

Розглянуто алгоритм та математичний апарат розробленої програми обробки за допомогою ПЕОМ геофізичних сигналів, наведених у файлах графічних форматів. Визначені динамічний та частотний діапазони сигналів в функції роздільної здатності растру зображення графіка. Іл. 2. Бібліогр.: - 3 найм.

При изучении физических процессов горного производства часто приходится производить обработку сигналов, представленных в графическом виде, например в тех случаях, когда для записи сигналов используются осциллографические шлейфы с фотоносителями, самописцы, ультразвуковые регистрирующие приборы и т. п. Наиболее эффективным способом ввода графической информации в ЭВМ с целью последующей ее обработки является сканирование.

Разработаны алгоритм и программа (в оболочке Mathcad 7 Professional for Windows) перевода файлов графических форматов в текстовые файлы \*.dat мгновенных значений сигнала [1]. Программа соответствует международному стандарту "Worldwide Standard for Technical Calculations" и может использоваться как приложение в интегрирующей среде для математических вычислений MathConnex. Программа позволяет: преобразовывать файлы цветного изображения графика сигнала в файлы монохромного черно-белого изображения (при этом могут

задаваться пределы обработки степеней затемнения) с возможным уничтожением осевых линий, надписей и масштабной сетки по критерию цвета; компенсировать неточности, связанные с недостаточной разрешающей способностью сканирующего устройства и возможными ошибками сканирования; уничтожать осевые линии и линии масштабной сетки по критериям горизонтальности/вертикальности, непрерывности и относительной длины; сохранять результаты всех промежуточных преобразований; производить спектральный анализ исследуемого сигнала.

Оператор "READBMP(file)" программы возвращает двумерный массив  $M(x_{i,j})$ , вмещающий черно-белое представление изображения, содержащегося в файле file, где  $x_{i,j}$  - число от 0 до 255, соответствующее "уровню серого"  $i, j$  - 20 пикселя (пиксель - Picture Element (англ.) - элементарный объект растрового изображения; отношение абсолютных размеров графика к размеру пикселя определяет величину разрешающей способности оцифрованного графика) [2,3]. Преобразование массива элементов  $x_{i,j}$  в одномерный массив мгновенных значений  $y_j$  сигнала производится по формуле

$$y_j = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} \delta(x_{i,j},0) \cdot (n-i+1)}{\sum_{i=0}^{n-1} \delta(x_{i,j},0)}, \quad (1)$$

где  $\delta(a,b)$  - символ Кронекера (1, если  $a = b$ , и 0, если  $a \neq b$ ,  $a$  и  $b$  - целочисленные выражения),  $n$  - число строк матрицы  $M(x_{i,j})$ .

Если при преобразовании необходимо выделять элементы изображения по цвету, то используется арифметико-логическое выражение

$$y_j = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} (a_1 \leq x_{i,j} < a_2) \cdot (n-i+1)}{\sum_{i=0}^{n-1} (a_1 \leq x_{i,j} < a_2)}, \quad (2)$$

где  $a_1, a_2$  - граничные значения яркости пикселя, соответствующие цвету точек графика.

Для правильной интерпретации результатов последующих вычислений необходимо определить динамический и частотный диапазоны исследуемого сигнала, которые в случае графического его представления зависят от разрешающей способности раstra изображения графика. Как видно из рис.1, минимальная амплитуда сигнала фиксируется на графике двумя развернутыми по вертикали пикселями ( $n_{A_{\min}} = 2$ ) и, с учетом масштаба  $m_y$  по оси ординат, составляет  $A_{\min} = n_{A_{\min}} \cdot m_y = 2m_y$ . Максимальная амплитуда  $A_{\max}$  фиксируется всеми пикселями столбца графика ( $n_{A_{\max}} = N$ ) и составляет, следовательно,  $A_{\max} = n_{A_{\max}} \cdot m_y = N \cdot m_y$ . Таким образом, динамический диапазон вычисляется по формуле

$$D = 20 \lg \frac{A_{\max}}{A_{\min}} = 20 \lg(N/2), \quad (3)$$

где  $N$  - число строк графика в случае полной его развертки по вертикали. Частотный диапазон исследуемого сигнала определяется разрешающей способностью раstra изображения графика по оси абсцисс. Период сигнала максимальной частоты  $T_{f_{\max}}$  задается четырьмя пикселями, развернутыми по горизонтали  $m_{f_{\max}} = 4$  (см. рис.2) и, с учетом масштаба времени  $m_t$ , составляет  $T_{f_{\max}} = m_{f_{\max}} \cdot m_x = 4m_x$ . Период сигнала минимальной частоты равен всей длине графика в пикселях

$m_{f_{\min}} = M$  (в случае полной развертки сигнала по горизонтали) и составляет, следовательно,  $T_{f_{\min}} = m_{f_{\min}} \cdot m_x = M \cdot m_x$ . Однако в любом случае динамический и частотный диапазоны ограничены соответствующими параметрами измерительного тракта, с помощью которого был получен обрабатываемый график сигнала.

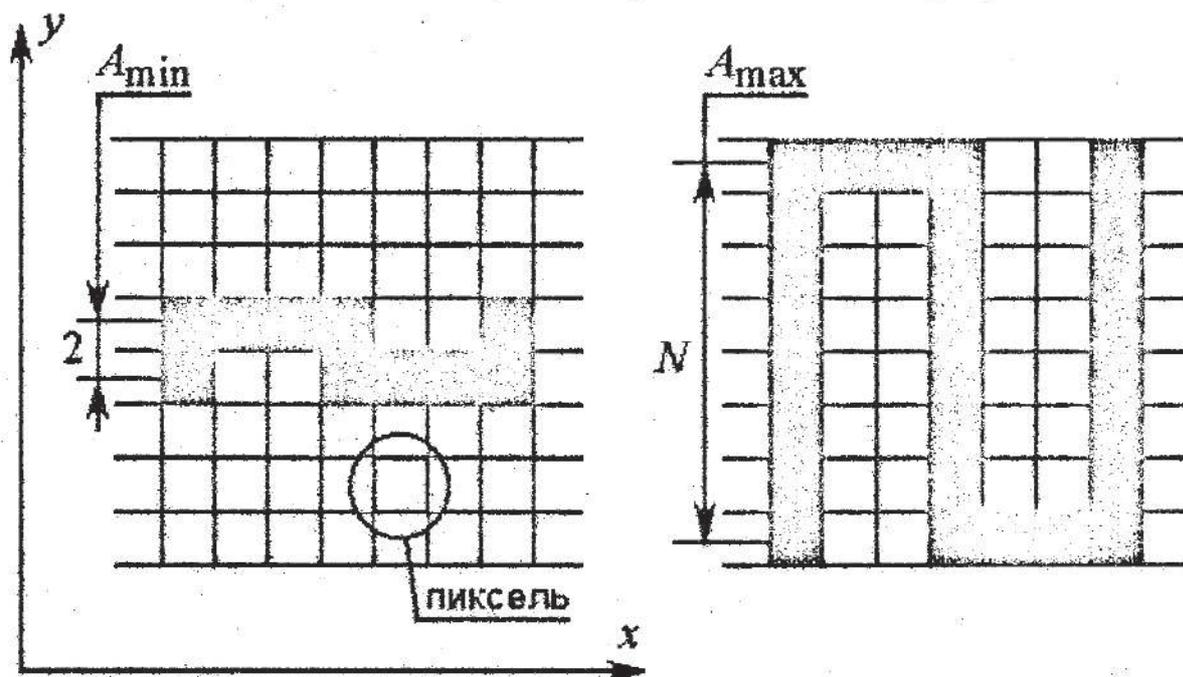


Рис.1. Определение динамического диапазона сигнала

Для компенсации неточностей и ошибок сканирования в программе предусмотрена возможность уточнения значений сигнала методами линейного сглаживания по трем и пяти точкам, нелинейного сглаживания по семи точкам, а также сглаживания методом плавающей медианы с выбираемой шириной окна. Результаты сглаживания можно оценить визуально путем сравнения графиков исходного и уточненного сигналов. Как показала практика, линейное сглаживание по трем точкам и нелинейное по семи можно применять во всех случаях при ширине графика большей 600 пикселей при отсутствии серьезных ошибок сканирования. В случае наличия больших искажений сигнала (по визуальной оценке) применяется сглаживание по пяти точкам, либо сглаживание методом плавающей медианы, однако при этом

(а также когда длина выборки не превышает 600) необходимо учитывать влияние сглаживания на гармонический состав сигнала.

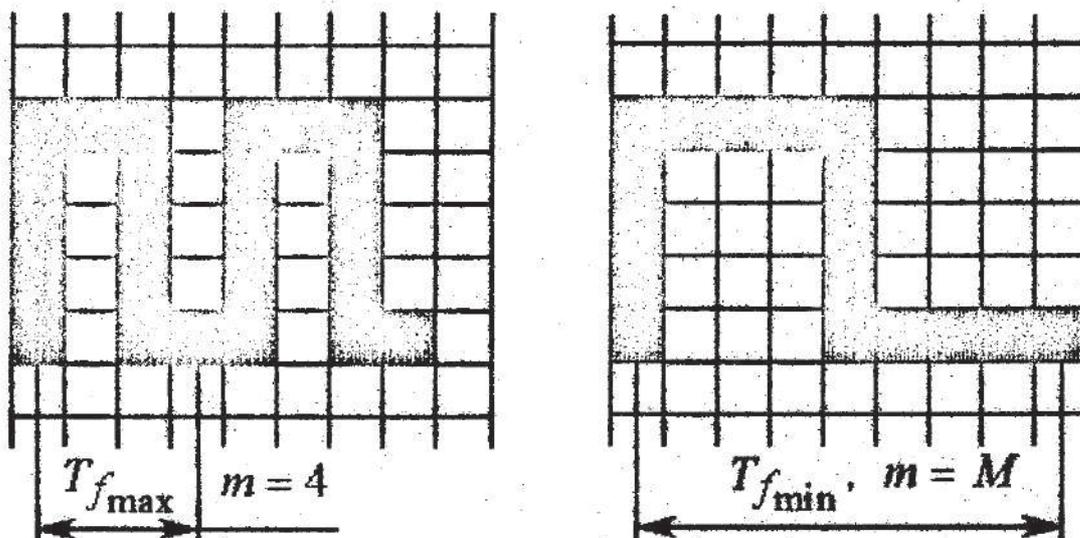


Рис.2. Определение частотного диапазона сигнала, представленного в графическом виде

Блок спектрального анализа позволяет получать комплексные спектры, амплитуды и фазы гармонических составляющих, рассчитывать спектральную плотность, сортировать вектора спектров по возрастанию амплитуд гармоник. Все результаты могут быть представлены в графическом и численном виде.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гюнтер Борн. Форматы данных: Пер. с нем.- К.: Торгово-издательское бюро ВНУ, 1995.-472с.
2. Очков В.Ф. Mathcad PLUS 6.0 для студентов и инженеров.- М.:ТОО фирма "КомпьютерПресс", 1996.-238с.
3. Руководство пользователя пакета Mathcad 7 Professional.- MathSoft, Inc, 1986-1997.