

**ПРОГРАММА WaveInSliv ВЫДЕЛЕНИЯ ВОЛНОВЫХ ГАРМОНИК
ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ**

Волович О.Г.

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский,
olga@emsd.ru*

Введение

В лаборатории сейсмического мониторинга КФ ГС РАН ведутся исследования высокочастотного сейсмического шума (ВСШ) в рамках фундаментальной проблемы сейсмологии, связанной с изучением возможности контроля напряженного состояния среды и процессов подготовки сильных землетрясений по изменению параметров геофизических полей. Основной целью этих работ является изучение характеристик ВСШ, его подверженности внешним воздействиям и установлению связи ВСШ с длиннопериодными деформационными процессами [1, 2]. Изменения ВСШ регистрируются на станциях Карымшина, Начики, Шикотан, Эримо. На протяжении длительного периода времени получены непрерывные ряды данных ВСШ.

В рамках работ, проводимых в лаборатории, создана программа WaveInSliv. Она предназначена для выделения во временных рядах ВСШ периодических компонент с заданными периодами. Указанные компоненты выделяются методом синхронного суммирования [3]. Исходными данными для программы являются результаты первичной обработки зарегистрированных сигналов ВСШ. Первичная обработка включает выделение огибающей ВСШ, вычисление ее ежечасовых осреднений и сохранение результатов в текстовом файле. Программа WaveInSliv позволяет автоматизировать рутинную работу по обработке исходных данных значительного объема.

Исходные данные

Входные файлы (результаты первичной обработки зарегистрированных сигналов) могут иметь различную табличную структуру.

1. Один столбец данных (средних); столбец временных меток отсутствует.

1.1. Заголовка нет.

1.2. В заголовке содержится информация о начале регистрации (дата, время) и шаге дискретизации данных.

2. Один/несколько столбцов данных; имеется столбец временных меток.

2.1. Заголовка нет; один столбец средних значений.

2.2. В файле имеются несколько столбцов средних, в заголовке содержатся имена средних.

Примеры файлов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Фрагменты исходных файлов.

<i>1.1. Заголовка нет; столбца временных меток нет.</i>		<i>1.2. В Заголовке 30.3.92 1:30 90 m информация о начале регистрации данных (дата время) и шаге дискретизации данных</i>		<i>2.1. Заголовка нет. Один столбец данных, есть столбец меток времени</i>			
38.58		30.3.92 1:30 90 m		26.8.03 2:00	259490.53		
29.85		41.04		26.8.03 3:00	283675.06		
41.43		35.87		26.8.03 4:00	25.00		
49.42		34.53		26.8.03 5:00	25.00		
52.50		35.20		26.8.03 6:00	657622.70		
52.03		31.53		26.8.03 7:00	671573.96		
<i>2.2. В заголовке имена средних, несколько столбцов средних, есть столбец меток времени</i>							
Date	H	MeanSqu	10	30	50	70	90
22.06.06	4:00	9.28	2.83	5.17	7.25	9.68	13.77
22.06.06	5:00	9.21	2.82	5.20	7.29	9.74	13.93
22.06.06	6:00	9.08	2.78	5.12	7.17	9.56	13.65
22.06.06	7:00	10.10	2.77	5.15	7.28	9.80	14.36
22.06.06	8:00	9.59	2.84	5.26	7.42	9.97	14.47
22.06.06	9:00	10.91	2.99	5.54	7.80	10.53	15.35

Определение значений входных параметров

Программа имеет удобный для пользователя интеллектуальный интерфейс, позволяющий в диалоговом окне определять/изменять необходимые значения входных параметров (рис. 1). При этом

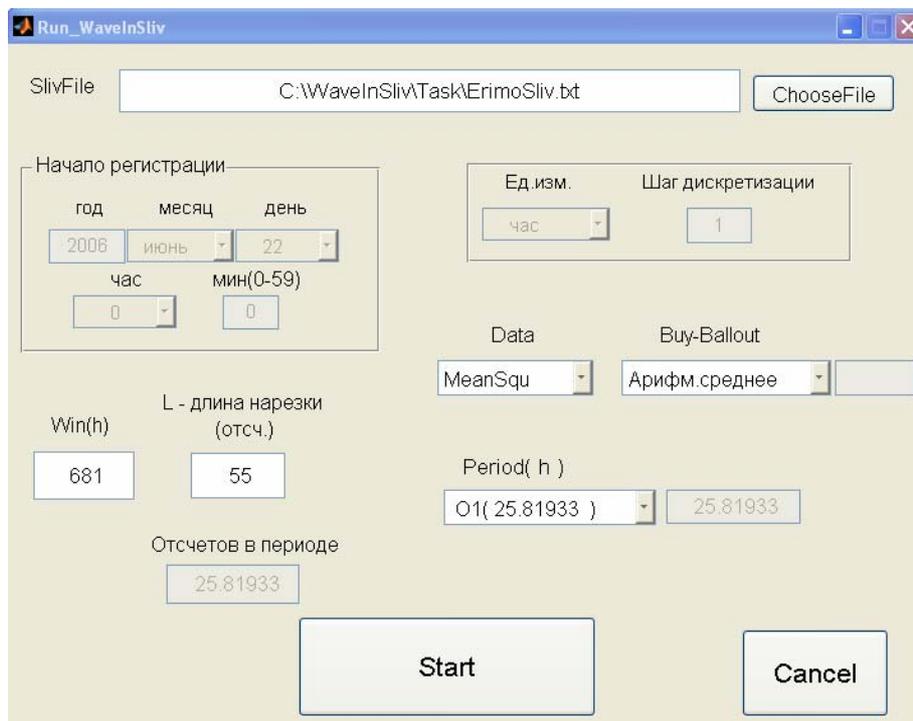


Рис. 1. Пример диалогового окна ввода параметров.

максимально используется информация из входного файла. Пользователю нет необходимости вводить параметры, значения которых определены при первичной обработке, такие как начало регистрации, единицы измерения и шаг дискретизации данных. Такая организация ввода входных данных удобна для пользователя и исключает возникновение наведенных ошибок, которые могут произойти в результате задания неверных значений исходных параметров.

Запустить счет с неопределенными или недопустимыми значениями параметров невозможно. Если значение какого-либо параметра не определено или введено недопустимое значение, программа выдаст предупреждающее сообщение и будет ожидать ввода необходимого значения. На рис. 2 приведен пример сообщения об ошибке при попытке запустить программу с незадаанным значением параметра.

Для исходных файлов типа 1.1 (табл. 1) начало регистрации данных (Начало регистрации), единицы измерения и шаг дискретизации (Ед.изм. Шаг дискретизации) вводятся пользователем вручную. Для файлов типа 1.2, 2.1 и 2.2 значения указанных параметров устанавливаются из исходного файла и не могут быть изменены пользователем. Для файлов типа 2.2 становится доступным для выбора список "средних" (Data).

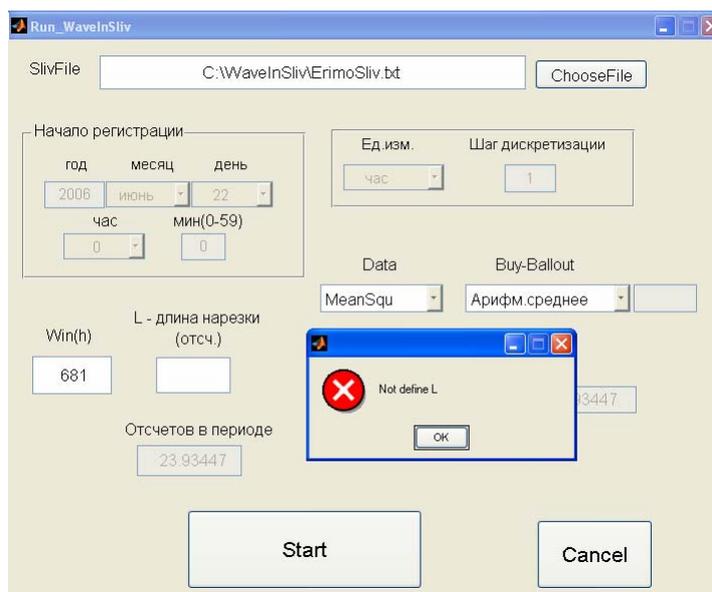
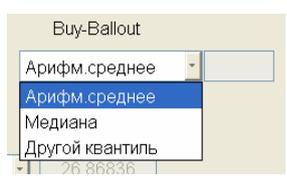
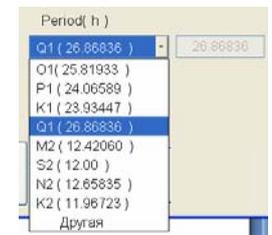
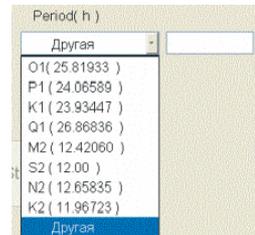


Рис. 2. Пример сообщения об ошибке.

В табл. 2 приведены окошки ввода параметров (фрагменты окна диалога), значения которых пользователь определяет в зависимости от решаемой задачи.

Таблица 2. Пример ввода параметров, определяемых пользователем в зависимости от решаемой задачи.

Win(h) 681	размер скользящего окна (в часах)	L - длина нарезки (отсч.) 55	длина "нарезки" (в отсчетах)
Выбор схемы Бюй-Балло		Заданный период в часах - Period(h)	
		Периоды известных волн 	Произвольный период 
			
			

Алгоритм определения параметров периодической компоненты с заданным периодом во временных рядах (предложен к.ф.-м.н. В.А. Салтыковым)

Пусть

- X - вектор исходных данных (часовые отсчеты)
- $T_w = 25.819$ - Period(h) - заданный период (в часах)
- $St_inPeriod = 25.819$ - число отсчетов в периоде
- L = 55 - длина "нарезки" (в отсчетах)
- Win = 681 (h) - размер скользящего окна (в часах).

1. Подготовительные (предварительные) процедуры

1) формируем вспомогательную матрицу A[,L]:

- A[1,] = [X1 X2 X3 X4 . . . XL]
- A[2,] = [X27 X28 . . . X26+ L]
- A[3,] = [X53 X54 . . . X52+ L]
- A[4,] = [X78 X79 . . . X77+ L]
- A[5,] = [X104 . . . X103+ L]

A[m+1,] = [Xkm . . .], где $km = round(St_inPeriod * m + 1)$

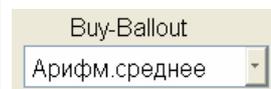
2) на основе матрицы A[,L] формируем рабочую матрицу S[n,L] следующим образом:

$$N_Win = round(Win / T_w) = round(681 / 25.81933) = 27$$

$$TmpX = A(:,i); \quad \% (i\text{-й столбец матрицы } A)$$

$$x_j = TmpX(j : j+N_Win-1); \quad j = 1,2,3, \dots$$

$$S_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } x_j \leq p \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

1	2
$S_{ij} = \frac{1}{N_Win} \sum x_j$	$S_{ij} = \text{quantile}(x_j, p)$
Классическая схема Бюй-Балло 	Модифицированная схема Бюй-Балло 

2. Для каждой строки матрицы S методом наименьших квадратов определяем

1) оптимальную периодическую функцию y(t) с заданным периодом T_w вида

$$Y(t) = A \cos \frac{2\pi t}{T_w} + B \sin \frac{2\pi t}{T_w} + C;$$

2) амплитуда периодической климпоненты $AMP = \sqrt{A^2 + B^2}$ и ее фаза $PHI = \arctg \frac{B}{A}$

3. Результаты вычислений сохраняются в текстовом файле в формате

Заголовок - содержит параметры вычислений, вводимых в окне диалога.

C:\WaveInSliv\Task\ErimoSliv.txt % полное имя входного файла,
Tstep = 3600.000 (sec) % шаг дискретизации (единицы измерения),
Data - MeanSqu % какой столбец средних выбран
Buy-Ballout – SimpleMean % как считали (выбранная схема Бюй-Балло)
WavePeriod = 25.819330 % заданный период, ч
TStepinPeriod = 25.819330 % число отсчетов в периоде
L = 55(otsch.) % длина “нарезки” (в отсчетах)
WIN = 681(h) % размер скользящего окна, ч

Текстовые строки в формате

N Date AMP d_AMP PHI d_PHI C d_C, где

N – номер строки матрицы $S[n, L]$

Date – дата и время последнего отсчета в окне

AMP; d_AMP – амплитуда; ошибка определения амплитуды

PHI ; d_PH – фаза; ошибка определения фаза

Фрагмент результирующего файла приведен в табл. 3

Таблица 3. Пример результирующего файла.

Tstep = 3600.000 (sec)
Data - MeanSqu Buy-Ballout - SimpleMean
WavePeriod = 25.819330 TStepinPeriod = 25.819330
L = 55(otsch.) WIN = 681(h)

<i>N</i>	<i>Date</i>	<i>AMP</i>	<i>d_AMP</i>	<i>PHI</i>	<i>d_PHI</i>	<i>C</i>	<i>d_C</i>
1	21.07.06 3:00	124.65	45.79	2.93	0.22	101.75	27.49
2	22.07.06 5:00	129.27	45.67	2.97	0.26	102.58	27.56
3	23.07.06 7:00	129.51	45.65	2.95	0.26	102.62	27.56
4	24.07.06 9:00	129.75	45.63	2.92	0.26	102.64	27.54
5	25.07.06 11:00	129.19	45.64	2.93	0.27	102.73	27.54
6	26.07.06 13:00	128.32	45.63	2.93	0.28	102.86	27.54
7	27.07.06 14:00	127.29	45.57	2.83	0.21	103.79	27.53
8	28.07.06 16:00	126.01	45.59	2.86	0.23	103.87	27.51

Заключение

В настоящее время программа внедрена в работу лаборатории сейсмического мониторинга. Программа имеет удобный для пользователя интеллектуальный дружественный интерфейс. С ее помощью можно осуществлять автоматизированную обработку временных рядов значительного объема. В настоящее время результаты работы программы используются для анализа связи ВСШ с длиннопериодными деформационными процессами, в частности, для выявления предвестниковых эффектов.

Следует отметить, что программа может использоваться для выделения периодических компонент в изменениях любых временных рядов данных геофизического мониторинга, в том числе, для выявления приливных эффектов.

Список литературы

1. Рыкунов Л.Н., Салтыков В.А., Сеницын В.И., Чебров В.Н. Характерные параметры высокочастотного сейсмического шума перед сильными камчатскими землетрясениями 1996 г. // Доклады РАН. 1998. Т. 361. № 3. С. 402-404.
2. Салтыков В.А., Кугаенко Ю.А., Сеницын В.И., Чебров В.Н. Предвестники сильных землетрясений на Камчатке по данным мониторинга сейсмических шумов // Вулканология и сейсмология. 2008. № 2. С. 40–54.
3. Серебренников М.Г., Первозванский А.А. Выявление скрытых периодичностей. М.: Наука, 1965. 244 с.