

program SVAL – přehled funkcí a pojmů the SVAL program – an overview of its functions

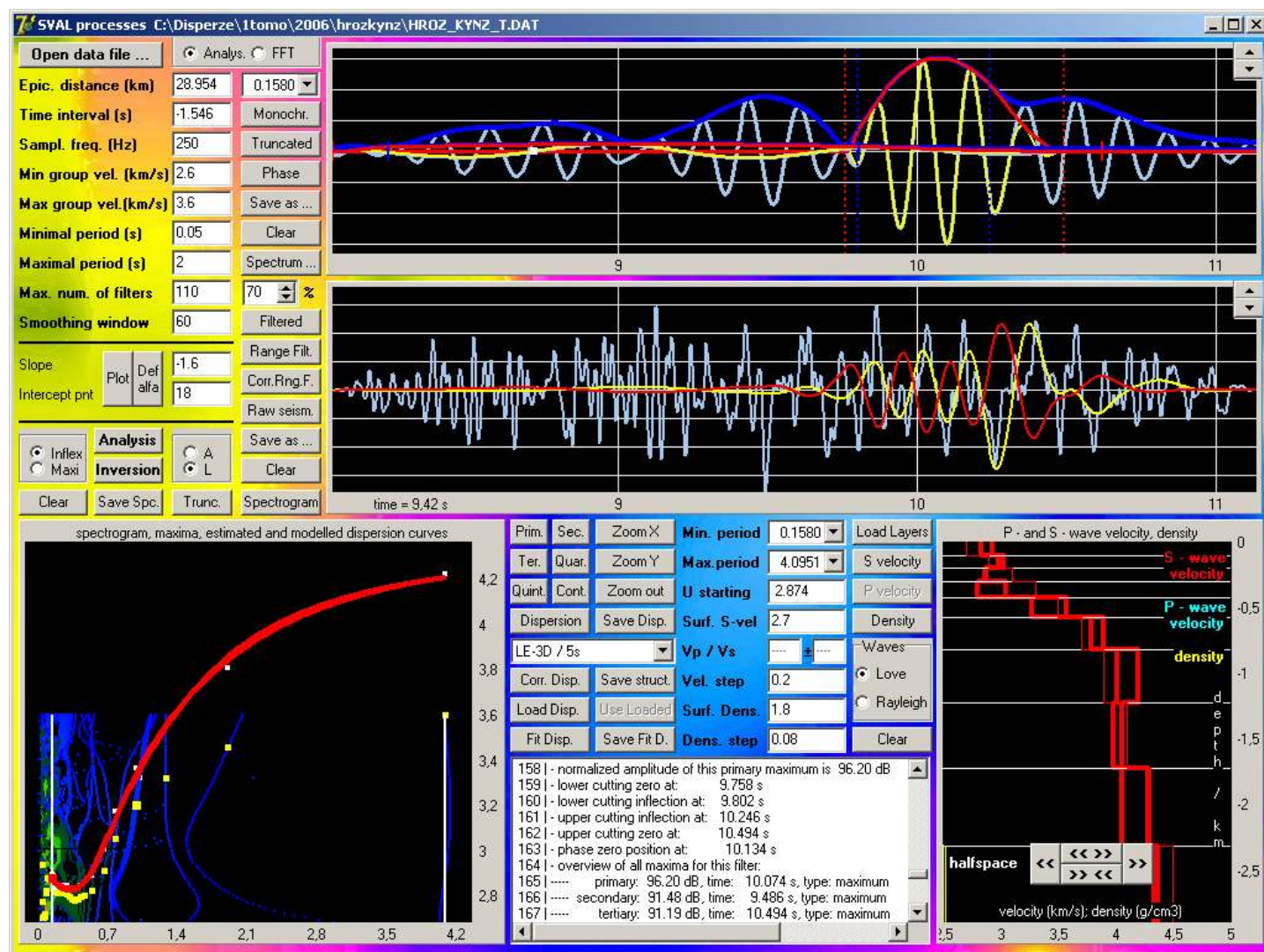
Petr Kolínský

obsah / content

základní charakteristika	2
basic characteristics	2
jak to vypadá.....	3
how does it look like.....	3
vstupy programu ze souborů / program file inputs	4
vstupy programu z klávesnice / program keyboard inputs.....	4
výstupy programu do souborů / program file outputs.....	6
výstupy programu na monitor do hlavního okna / program displayed outputs in the main window	8
výstupy programu do okna spektrální oblasti / program displayed outputs in the frequency domain window	10
výstupy na monitor do okna inverze / program displayed outputs in the inversion window	10
slovníček pojmů / explanatory dictionary.....	11
literatura / references	13
Výstup na horu Říp.....	15

základní charakteristika

Pomocí programu SVAL je možné provést frekvenčně-časovou analýzu záznamu, určit disperzní křivku vybraného modu a invertovat ji na 1D strukturní řez rychlosti a hustoty. V současné době je k dispozici verze, která umožňuje jak inverzi Loveových vln na 1D rychlostní řez S-vln a na řez hustoty, tak inverzi Rayleighových vln na 1D řez P-vln, S-vln a hustoty. Díky grafickému rozhraní je možné sledovat každý výpočetní krok jak v časové tak ve frekvenční oblasti. To umožňuje zpětně měnit parametry výpočtu tak, aby bylo dosaženo výsledků požadovaným a odůvodněným způsobem. Pro frekvenčně-časovou analýzu je použita metoda mnohokanálové filtrace (Petr Kolínský), jako inverzní metoda slouží isometrický algoritmus (Jiří Málek) a pro výpočet úlohy přímé pak maticová metoda (Oldřich Novotný). Rozdělení programu na jednotlivé výpočetní kroky umožňuje provést jen část úlohy. Je například možné provádět pouze analýzu záznamu nebo pouze inverzi disperzních křivek nalezených někdy dříve.



Hlavní okno programu SVAL / The main SVAL window

basic characteristics

The SVAL program is to be used for frequency-time analysis of seismic records. It is possible to estimate the dispersion curve of selected mode and to make an inversion for 1D layered velocity and density model. At current time we provide the program version which can invert both Love wave dispersion for 1D shear wave velocity and density model and Rayleigh wave dispersion for 1D longitudinal and shear wave velocity and density model. As the program uses graphical interface it is possible to check all the computational steps both in time and frequency domain. It is possible to change the parameters of analysis and inversion to obtain the results by requested and reliable way. We use the multi-channel filtering technique for frequency-time analysis (by Petr Kolínský), the isometric algorithm for inversion (by Jiří Málek) and the matrix method for forward modeling (by Oldřich Novotný). As the SVAL program computation is divided into separated blocks, it is possible to go through only a part of the whole task. It is possible for example to make only the analysis of the record or to make only the inversion of the previously estimated dispersion curves.

jak to vypadá

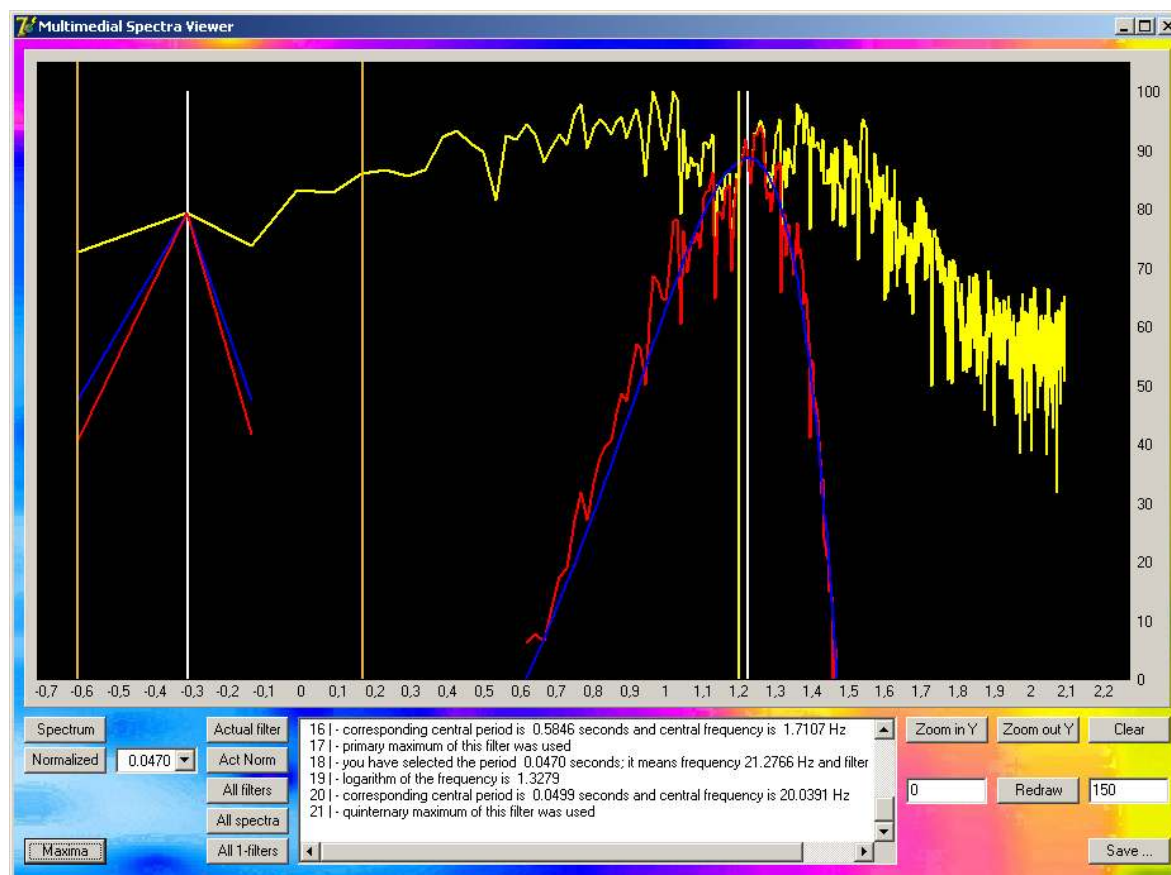
Zdrojový text je napsán v jazyce PASCAL v prostředí Delphi (Borland, verze 7.0). Využívá standardních komponent, které prostředí nabízí, a jednu komponentu, která je volně šířena a lze ji doinstalovat. Program je složen ze čtyř unit obsahujících desítky procedur. Text vznikl překladem několika programů z FORTRANského kódu (Kolínský, Novotný) a následnou kompilací s texty v Delphi (Málek). Použita je také subroutine z Numerických receptů pro FORTRAN, rovněž přeložená do PASCALu. Program lze přenášet a spouštět z jediného *.exe souboru (3 MB). Pro své spuštění nevyžaduje přítomnost žádného dalšího souboru ani viru ve Vašem počítači. Program na monitoru zobrazuje jedno základní a dvě pomocná okna. Základní slouží k zadávání všech parametrů výpočtu a prohlížení kroků výpočtu v časové oblasti a ve frekvenčně-časové rovině. V něm je také zobrazen výsledek inverze. Jedno pomocné okno dovoluje prohlížet filtraci ve frekvenční oblasti a druhé pomocné okno informuje o průběhu obrácené úlohy. Čudlíky jsou aktivovány a deaktivovány podle toho, má-li v dané fázi výpočtu nějaký význam je stisknout. Nyní je program nastaven pro zpracování záznamu až o délce $2^{15} = 32768$ vzorků. Minimální rozměr monitoru je 1024 x 768 pixelů, optimální 1280 x 960 pixelů. Program je volně šířitelný, očekává se, že uživatelé budou citovat zdroj.

how does it look like

The source code is written in PASCAL using Delphi environment (Borland, version 7.0). It uses standard components implemented in the environment and one freeware component. The code consists of four units which contain tens of procedures. The code emerges as a result of translation of other codes from FORTRAN language (Kolínský, Novotný). Then it was compiled together with code written in Delphi (Málek). One FORTRAN subroutine from Numerical Recipes translated to PASCAL is also used. It is possible to distribute and execute the SVAL program using one *.exe file (3 MB). You don't need any other file or virus to be installed in your computer to execute the program. There is one basic and two auxiliary windows to be displayed at the monitor while the program is running. The basic one is used for setting all the parameters and for checking the results in the time domain and in the group velocity-period plane. The result of inversion is also displayed in this window. One of the auxiliary windows allows you to see the filtration in frequency domain and the other displays information about the inversion task progression. Program buttons are enabled and disabled according to the current state of the computation. The program is set to be able to process the record of length up to $2^{15} = 32768$ samples. The minimal monitor resolution is 1024 x 768 pixels, optimal is 1280 x 960 pixels. This is a freeware and users are supposed to cite the respective papers.



*Okno informující o průběhu inverzní úlohy /
Inversion task window*



*Okno spektrální
oblasti / Spectral
domain window*

vstupy programu ze souborů / program file inputs

Open data file ...

- vlastní záznam (seismogram, velocigram – 1 složka) / seismogram or velocigram record (1 component) // ... předpokládá se, že se jedná o textový soubor s hodnotami amplitud v jednom sloupci; žádná hlavička ani jiné informace v souboru být nesmí / it is supposed that the data are in a text file containing one column with the amplitude values; there should not be any header or other information in the file

Load Disp.

- disperzní křivka zjištěná dříve nebo jiným způsobem / the previously estimated dispersion curve // ... předpokládá se vstup v textovém formátu ve dvou sloupcích, kde první sloupec obsahuje hodnoty period v sekundách a druhý sloupec příslušné hodnoty grupových rychlostí; s takto načtenou disperzí je dále možné pracovat stejně jako s disperzí spočítanou přímo v programu SVAL, včetně její opravy na vliv přístroje / it is supposed to be a text file with two columns; the first one contains the values of period in seconds and the second column contains the respective group velocity values; it is possible to work with such loaded dispersion in the same manner as with the computed one including the computation of instrument correction

Load Layers

- rozložení hloubek vrstev, ve kterých chceme zjistit strukturní řez / file containing the depths of layers which will be used for structure estimation // ... soubor obsahuje jeden sloupec; na prvním řádku je počet vrstev bez poloprostoru (celé číslo) a na dalších řádcích tloušťky jednotlivých vrstev v km / the text file contains one column; in the first row there is a number of layers without halfspace (an integer) and in the next rows there are thicknesses of the layers in km

vstupy programu z klávesnice / program keyboard inputs

parametry zemětřesení (odpalu) / earthquake (blast) parameters:

Epic. distance (km) 28.954

- epicentrální vzdálenost (km) / epicentral distance (km)

parametry záznamu / record parameters:

Sampl. freq. (Hz) 250

- vzorkovací frekvence (Hz) / sampling frequency (Hz)

Time interval (s) -1.546

- rozdíl začátku záznamu a počátečního času (s) / time interval between origin time and beginning of the record

LE-3D / 5s
Guralp 30s
STS2 120s
LE-3D / 5s
ZM 500 / 1s

- volba přístroje pro opravu na jeho vliv (zatím Lenartz 3D/5s, STS2 120s, Guralp 30s a ZM 500 1s) / instrument characteristics selection (Lenartz 3D/5s, STS2 120s, Guralp 30s and ZM 500 1s)

parametry filtrace / filtration parameters:

Min group vel. (km/s) 2.6

- minimální a maximální grupová rychlost (km/s) / minimal and maximal group velocity (km/s)

Max group vel. (km/s) 3.6

Minimal period (s) 0.04

- minimální a maximální perioda (s) / minimal and maximal period (s)

Maximal period (s) 1.5

Max. num. of filters 110

- maximální počet filtrů mnohokanálové filtrace / maximal number of filters of the multi-channel filtering

Smoothing window 60

- délka zhlazovacího okna okrajů záznamu (počet vzorků) / length of smoothing window for the record edges (number of samples)

Slope Plot Def -1.6
Intercept pnt Def 11.0
alfa

- parametr α (šířka filtrů) (bezrozměrné), absolutní člen a směrnice závislosti, přednastavené hodnoty, vykreslení závislosti / coefficient α (width of filters) (dimensionless), intercept point and slope of the linear dependence, default value, button for plotting the dependence

Analysis

- spouští vlastní analýzu / starts the analysis

disperzní křivka / dispersion curve:

A
L

- způsob skládání disperzní křivky z bodů maxim filtrů: „A“ od absolutního maxima celého spektragramu, „L“ od posledního filtru / two options how to compile the dispersion curve from the local dispersion points: “A” from the absolute maximum of whole spectrogram, “L” from the last filter

Inflex
Maxi

- volba hledání jen lokálních maxim nebo i inflexních bodů / option for finding only the local maxima or for finding also the inflection points

Analys. FFT

- možnost zvolit jen provedení FFT bez filtrování / option for making FFT without filtration only

inverze / inversion:

Min. period 0.1667

- minimální a maximální nalezená perioda, která se má invertovat (výběr) / minimal and maximal period to be inverted (options)

Max. period 1.9174

U starting 2.858

- startovací hodnota grupové rychlosti pro výpočet přímé úlohy (km/s) / group velocity starting value for the forward problem computing (km/s) / (tuto hodnotu je možné měnit, ale není to nutné, automaticky se nastavuje hodnota grupové rychlosti nejkratší periody vybrané pro inverzi) / (it is possible to change this value but it is not necessary, the value of group velocity of the minimal period selected for inversion is automatically set)

Surf. S-vel 2.4

- přibližná hodnota S-vln v první vrstvě (km/s) / approximate shear wave velocity in the surface layer

Vp / Vs 1.73 ± 0.2

- zvolená hodnota poměru v_p / v_s a rozmezí, ve kterém může fluktuovat / chosen value of the v_p / v_s ratio and range of its variability

Vel. step 0.3

- maximální skok, o který může rychlost S-vln poklesnout v další vrstvě (km/s); zároveň se jedná o konstantní krok, se kterým roste rychlost startovacího modelu; šestkrát tato hodnota představuje maximální nárůst v další vrstvě / maximal decrease of shear velocity in the next layer; it is also the constant step of velocity increase of the starting model; the maximal increase of S-wave velocity in next layer is six times this value

Surf. Dens. 1.8

- přibližná hodnota hustoty v první vrstvě (g/cm^3) / approximate density value in the surface layer (g/cm^3)

Dens. step 0.08

- přibližný krok růstu hustoty v další vrstvě (g/cm^3); jedná se o konstantní krok, se kterým roste hustota ve startovacím modelu; tento startovací model je v inverzi použit jako dodatečná „naměřená“ data a hustota může variovat okolo těchto hodnot v rozmezí (-Dens.step; +6*Dens.step); zacházení s hustotou se tak liší od zacházení s rychlostmi a hustota nemůže být považována za regulérní výsledek inverze, protože její hledání je velmi omezeno zadáním / approximate step of density in next layer (g/cm^3); it is a constant step of density increase of the starting model; this starting model is used as additional „measured“ data and the density can vary within the interval of (-Dens.step; +6*Dens.step); the density handling differs from the velocity one and so the density could not be presented as a unaffected result of inversion because it is strongly constrained

Waves
 Love
 Rayleigh

- volba mezi Loveovými a Rayleighovými vlnami / Love or Rayleigh wave inversion option

Inverse

- spustí obrácenou úlohu / starts the inversion

Stop

- možnost zastavit běh obrácené úlohy (před weekendem :-)) / stop button for the inversion problem progression (before the weekend starts)

otevírání oken / window switching:

Spectrum ...

- otevře okno pro prohlížení ve spektrální oblasti / opens the window for frequency domain viewing

Inversion

- otevře okno pro kontrolu inverzní úlohy a vykreslí startovací rychlostní a hustotní model / opens the window for inversion progression checking and draws the starting velocity and density model

ovládání zobrazení / display controls

Zoom X

- rozšiřuje pohled na vybranou část disperzní křivky ve směru osy X a Y / zooms the view of selected part of the dispersion curve in the direction of the X or Y axis

Zoom Y

Zoom out

- vrací pohled na původní velikost / zooms to the default view

▲

▼

- zvětšuje a zmenšuje amplitudu seismogramů a skoromonochromatických signálů / increases and decreases the amplitude of seismograms and nearly-monochromatic signals

<< >> << >>

- rozšiřuje, zužuje a posouvá okno pro strukturní řez / enlarges, narrows and shifts the window for the structure depiction

Clear

- maže nejbližší graf / clears the nearest plot

výstupy programu do souborů / program file outputs

všechny výstupní soubory obsahují hlavičky, ze kterých je patrné, o jaké veličiny se v odpovídajících sloupcích jedná / all the output files contain headers with information about the quantities in corresponding columns

Save as ...

- jednotlivé kanály: vypisují se sloupce, ve kterých jsou následující hodnoty / separate channels: file columns containing following values are saved:
 - čas měřený od počátečního času (s) / time measured from origin time (s)
 - okamžitá perioda kvasimonochromatického signálu (s) / instantaneous period of nearly monochromatic signal (s)
 - amplituda kvasimonochromatického signálu / amplitude of the nearly monochromatic signal
 - obálka kvasimonochromatického signálu / envelope of the nearly monochromatic signal
 - amplituda ořezaného skoromonoch. signálu / amplitude of the truncated nearly monochromatic signal
 - obálka ořezaného skoromonoch. signálu / envelope of the truncated nearly monochromatic signal... tento soubor je možné uložit pro každý jeden libovolný kanál / it is possible to save this file for each separate channel

Save as ...

- seismogramy nebo velocigramy: vypisují se sloupce, ve kterých jsou následující hodnoty / seismograms or velocigrams: file columns containing following values are saved:
 - čas měřený od počátečního času (s) / time measured from origin time (s)
 - původní záznam / original record
 - filtrovaný seismogram buď pro celý obor filtrů nebo jen jeho vybranou část / filtered seismogram for whole filtered period range or for the selected narrower period range only
 - filtrovaný seismogram nebo velocigram očištěný od vlivu přístroje (jen pro vybraný obor period) / filtered seismogram or velocigram which is instrument independent (for selected period range only)

Save Spc.

- spektrogram: jméno tohoto souboru je potřeba zadávat bez koncovky, je doplněna automaticky / the name of this file should be set without the extension – it is set automatically

soubor *.spc (as spectrogram): vypisují se sloupce, ve kterých jsou následující hodnoty / *.spc file: columns containing following values are saved:

- okamžitá perioda (s) / instantaneous period (s)
- grupová rychlost (km/s) / group velocity (km/s)
- syrová amplituda / raw amplitude
- amplituda normalizovaná od 0 do 100 dB / amplitude normalized into 100 dB scale

soubor *.trc (as truncated spectrogram): vypisují se sloupce, ve kterých jsou následující hodnoty / *.trc file: columns containing following values are saved:

- logaritmus okamžité periody (s) / log of instantaneous period (s)
- grupová rychlost (km/s) / group velocity (km/s)
- ořezaná syrová amplituda / truncated raw amplitude
- ořezaná amplituda normalizovaná od 0 do 100 dB / truncated amplitude normalized into 100 dB scale
- ořezaná amplituda normalizovaná tak, že vybrané maximum každého filtru má hodnotu 1 / truncated amplitude normalized in such a way that selected maximum of each filter has the 1 value

soubor *.crs (as corrected spectrogram): vypisují se sloupce, ve kterých jsou následující hodnoty / *.crs file: columns containing following values are saved:

- okamžitá perioda (s) / instantaneous period (s)
- grupová rychlost opravená na přístroj (km/s) / instrument-corrected group velocity (km/s)
- syrová amplituda / raw amplitude
- amplituda normalizovaná od 0 do 100 dB / amplitude normalized into 100 dB scale

soubor *.crt (as corrected truncated spectrogram): vypisují se sloupce, ve kterých jsou následující hodnoty / *.crt file: columns containing following values are saved:

- logaritmus okamžité periody (s) / log of instantaneous period (s)
- grupová rychlost opravená na přístroj (km/s) / instrument-corrected group velocity (km/s)
- ořezaná syrová amplituda / truncated raw amplitude
- ořezaná amplituda normalizovaná od 0 do 100 dB / truncated amplitude normalized into 100 dB scale
- ořezaná amplituda normalizovaná tak, že vybrané maximum každého filtru má hodnotu 1 / truncated amplitude normalized in such a way that selected maximum of each filter has the 1 value

... tyto soubory slouží pro zobrazení 3D plochy, například v Surferu atd. / these files are used for imaging the spectrogram as a 3D plane, for example in Surfer (Golden Software)

Save Disp.

- disperzní křivka (body): vypisují se sloupce, ve kterých jsou následující hodnoty / dispersion curve (points): file columns containing following values are saved:

- okamžitá perioda (s) / instantaneous period (s)
- čas šíření (s) / propagation time (s)
- grupová rychlost (km/s) / group velocity (km/s)

- čas šíření opravený na vliv přístroje (s) / propagation time corrected with respect to instrument transfer function
- grupová rychlost opravená na vliv přístroje (km/s) / group velocity corrected in the same way as the propagation time (km/s)
- normalizovaná (na rozsah 100 dB) amplituda příslušného disperzního bodu (jako ve spektrogramu) / normalized amplitude (100 dB scale) of the corresponding dispersion point (the same as in spectrogram)
- okamžitá perioda nulové fáze, která je nejbližší grupového maxima (s) / instantaneous period of the phase zero point which is near the group maximum (s)
- čas příchodu nulové fáze, která je nejbližší grupového maxima (s) / arrival time of the phase zero point which is near the group maximum
- ... do tohoto souboru se dále vypisuje interpolovaný převod dané křivky / also interpolated dispersion curve is saved into this file:
- perioda (s) s krokem 0,05 s / period (s) with the 0.05 s step
- opravený čas šíření (s) interpolovaný pro kulaté hodnoty period / corrected and interpolated (to the period values) propagation time (s)
- opravená grupová rychlost (km/s) interpolovaná pro kulaté hodnoty period / corrected and interpolated group velocity (km/s)

Save struct.

- strukturální řez / structure model: jméno tohoto souboru je potřeba zadávat bez koncovky, je doplněna automaticky / the name of this file should be set without the extension – it is set automatically
- soubor *.zal: vypisují se sloupce, ve kterých jsou následující hodnoty / *.zal file: columns containing following values are saved:
 - tloušťka vrstvy (km) / thickness of layer (km)
 - rychlost P-vln (km/s); pro inverzi Rayleighových vln se jedná o rychlosti spočtené podle nalezeného v_p/v_s poměru, v případě inverze Loveových vln se vypíše jako 1,73x rychlost S-vln / P-wave velocity (km/s); in case of Rayleigh wave inversion this is the velocity computed according to the real found v_p/v_s ratio and in case of Love wave inversion this velocity is saved as 1.73*S-wave velocity
 - rychlost S-vln (km/s) / S-wave velocity (km/s)
 - hustota (g/cm^3) / density (g/cm^3)
 - poměr v_p/v_s ; skutečný pro inverzi Rayleighových vln a fixní (1.73) pro inverzi Loveových vln / v_p/v_s ratio; it is real inverted ratio for Rayleigh wave inversion and it is a constant (1.73) ratio for Love wave inversion
- soubor *.dat: vypisují se sloupce, ve kterých jsou následující hodnoty / *.dat file: columns containing following values are saved:
 - hloubka horního a spodního okraje každé vrstvy (km) (dva řádky) / depth of top and bottom of the layer (km) (two lines)
 - rychlost P-vln na okrajích vrstvy (dvě shodné hodnoty); pro inverzi Rayleighových vln se jedná o rychlosti spočtené podle nalezeného v_p/v_s poměru, v případě inverze Loveových vln se vypíše jako 1,73x rychlost S-vln / P-wave velocity at the layer boundaries (two identical values); in case of Rayleigh wave inversion this is the velocity computed according to the real found v_p/v_s ratio and in case of Love wave inversion this velocity is saved as 1.73*S-wave velocity
 - rychlost S-vln na okrajích vrstvy (dvě shodné hodnoty) / S-wave velocity at the layer boundaries (two identical values)
 - hustota na okrajích vrstvy (dvě shodné hodnoty) / density at the layer boundaries (two identical values)
- ... slouží k zobrazení v programu Grapher, jedná se o souřadnice lomené čáry, která představuje strukturální řez / it is used for imaging in Grapher (Golden Software), these are coordinates of the pointed line presenting the structure slice
- soubor *.mod: je speciálně vytvořen jako vstup do jiného programu pro počítání syntetických povrchových skupin; obsahuje stejná data jako předešlé dva soubory / it is especially designed as an input of other software for computing the synthetic surface wavegroup; it contains the same data as the latter two files

Save Fit D.

- disperzní křivka odpovídající nalezenému řezu: vypisují se sloupce, ve kterých jsou následující hodnoty / dispersion curve corresponding to the resultant structure model: file columns containing following values are saved:
 - perioda (s) s krokem odpovídajícím výpočtu přímé úlohy / period (s) with the step according to the forward modeling computation
 - grupová rychlost (km/s) / group velocity (km/s)

Save ...

- spektrální oblast : vypisují se sloupce, ve kterých jsou následující hodnoty / frequency domain: file columns containing following values are saved:
 - frekvence (Hz) / frequency (Hz)
 - reálná část spektra / real part of the spectrum
 - imaginární část spektra / imaginary part of the spectrum
 - amplitudové spektrum / amplitude spectrum
 - amplitudové spektrum normalizované od 0 do 100 dB / normalized amplitude spectrum normalized into the 100 dB scale

výstupy programu na monitor do hlavního okna / program displayed outputs in the main window

SVAL processes C:\Disperze\tomo\dataT\HROZ_KYNZ_T.DAT

- cesta a název souboru se zpracovávaným záznamem / file name and path of the record file

SVAL has loaded C:\Disperze\tomo\disperze\Ciha-Kac.dat

- nebo cesta a název souboru s načtenou disperzní křivkou / or file name and path of the previously estimated dispersion curve

Layers file: C:\Disperze\programy\NOSVAL\layers.dat

- cesta a název souboru s údaji o hloubce vrstev / file name and path of the file containing layer thicknesses

```
296 | - starting group velocity is 2.858 km/s
297 | - S-wave surface velocity is 2.4 km/s
298 | - the velocity can drop max. by 0.3 km / s
299 | - surface density is 1.8 g/m3
300 | - the density can jump up only by 0.08 g/cm3 in next layer
301 | - corrected group velocity values were sent to inversion
302 | - the minimal difference of the two closest filters (No. 2 and N
303 | - ... periods 0.1773 and 0.1847 and has the value 0.0074 s
304 | - period step for matrix method is set to 0.0067 s
```

- textové pole obsahující informace o všech důležitých krocích výpočtu: kontrolně hodnoty zadaných parametrů, hodnoty spočtených parametrů, případně opravené hodnoty minimální a maximální periody, počet použitých filtrů, informace o průběhu FFT, výpis nalezených disperzních bodů a kvalita maxim, kde byly nalezeny atd., dále informace o parametrech obrácené úlohy, o kroku přímé úlohy a o výsledcích / text box containing information about all important computational steps: input parameters for checking, estimated parameters of filtration, corrected values of minimal and maximal period, number of used filters, information about FFT, list of estimated dispersion points and type of their maxima, information about the inversion parameters, about the period step of forward modeling and about the results of inversion

0.1371
0.1371
0.1403
0.1434
0.1462
0.1488
0.1515
0.1546
0.1580
0.1617
0.1667
0.1773
0.1847
0.1931
0.2056
0.2238

- výběr okamžité periody filtru pro její zobrazení v rovině perioda-grupová rychlost a pro vykreslování skoromonochromatických signálů a jejich obálek a ořezaných skoromonochromatických signálů a jejich ořezaných obálek / option for selecting an instantaneous period of filter for its depiction in the period-group velocity plot and for drawing of nearly monochromatic signals, their envelopes, truncated nearly monochromatic signals and their truncated envelopes

Monochr.

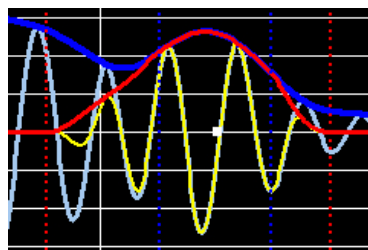
- vykreslení průběhu a obálky každého jednotlivého zvoleného skoromonochromatického signálu / selected nearly monochromatic signals and their envelopes are displayed

... do grafu závislosti grupové rychlosti na periodě je taktéž vykreslena obálka zvoleného skoromonochromatického signálu; je tak vidět změna okamžité periody s časem (rychlostí); barevně je v grafu závislosti grupové rychlosti na periodě zároveň označena amplituda (zřetelně zobrazená v časovém zobrazení) / the envelope of selected nearly monochromatic signal is also drawn in the group velocity – period plot; the variation of instantaneous period with time (velocity) can be seen; the envelope amplitude (to be clearly seen in the time plot) is depicted by colour in the group velocity – period plot

Truncated

- vykreslení průběhu a obálky každého jednotlivého zvoleného ořezaného skoromonochromatického signálu / selected truncated nearly monochromatic signal and its envelope is displayed

... do grafu závislosti grupové rychlosti na periodě je opět barevně vynesena ořezaná obálka stejně jako je tam v předešlém případě vynesena obálka kompletní / the truncated envelope is depicted by colour in the group velocity – period plot in the same manner as the complete envelope by the previous button



... zároveň je bílým čtverečkem vyznačena i nulová fáze, jejíž čas a okamžitá perioda jsou uloženy do výstupního souboru čudlíkem “Save Disp.” / at the same time the zero phase is depicted by a white square – the arrival time and instantaneous period of this zero phase is saved in file by “Save Disp.” button

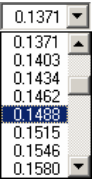
... jsou také vyznačeny časy, mezi kterými zůstává ořezaná obálka vůči obálce původní nezměněna (modré tečkované čáry) a časy, od kterých na obě strany je už ořezaná obálka nulová (červené tečkované čáry); mezi červenou a modrou čarou je na obou stranách ořezaná obálka zhlazena cosinovým oknem / the times where the truncated envelope remains to be the same as the original one are depicted (blue dotted lines) and also the times from which the truncated envelope is zero to both sides are depicted (red dotted lines); the truncated envelope is smoothed by a cosine window between the red and blue line on both sides

Phase

- vykreslení průběhu fáze každého zvoleného jednotlivého skoromonochromatického signálu / phase of the selected nearly monochromatic signals is displayed


100 %	- škálovací faktor amplitudy filtrovaného seismogramu (procenta, výběr z možností) / scale factor of filtered seismogram amplitude (percents, options)
Filtered	- vykreslení filtrovaného velocigramu pro celý obor period, pro který byl záznam filtrován / filtered velocigram for the whole used period range is displayed
Range Fil.	- vykreslení filtrovaného velocigramu pro zvolený užší obor period / filtered velocigram for selected period range is displayed
Corr. Rng. F.	- vykreslení filtrovaného velocigramu pro zvolený užší obor period a očištěného od vlivu přístroje / filtered velocigram for selected period range and with instrumental correction applied is displayed
Raw seism.	- vykreslení původního velocigramu (seismogramu) / original raw velocigram (seismogram) is displayed
Spectrogram	- vykreslení spektrogramu / spectrogram is displayed
Trunc.	- vykreslení ořezaného spektrogramu / truncated spectrogram is displayed
Prim. Sec. Ter. Quar. Quint. Cont.	- vyznačení bodů v čase, kde se nachází 1. až 5. lokální maximum daného signálu a vykreslení 1. až 5. lokálních maxim v rovině perioda – grupová rychlost (tedy různé disperzní hřbety) / arrival times of 1 st to 5 th maximum of each filter are marked and the 1 st to 5 th maxima of each filtered signal are displayed in the group velocity-period plane (different dispersion ridges) - vrstevnice spektrogramu / spectrogram contours
Dispersion	- vykreslení hrubé disperzní křivky / raw dispersion curve is displayed
Corr. Disp.	- vykreslení disperzní křivky opravené na přístroj / dispersion curve with instrumental correction is displayed
Use Loaded	- nastaví disperzní křivku nataženou ze souboru do polí, jako kdyby byla analyzována / prepares the loaded dispersion curve for the program arrays in the same manner as if it would be computed
Fit Disp.	- vykreslení disperzní křivky pro nalezenou strukturu (pro porovnání s naměřenou disperzní křivkou) / dispersion curve for final structure is displayed (for comparing with the measured dispersion curve)
Starting Disp	- vykresluje teoretickou disperzní křivku pro startovací model a i tento startovací model (čudlík je v okně pro inverzi); teoretická křivka i startovací model jsou spočteny tak, že je inverzní úloha zastavena po spočtení první přímé úlohy / draws the theoretical dispersion curve for the starting model and also this starting model (the button is in the inversion window); the theoretical dispersion and starting model are computed by the inversion which is canceled after the first forward computation is done
Min. period 0.1667 Max. period 1.9174	+ Corr. Disp. - vykreslení jen zvoleného oboru period křivky opravené na vliv přístroje / instrument-corrected dispersion for selected period range is displayed
S velocity	- vykresluje průběh rychlostí S-vln ve zvolených vrstvách (výsledek obrácené úlohy) / displays S-wave velocity distribution in the previously set layers (result of the inversion)
P velocity	- vykresluje průběh rychlostí P-vln ve zvolených vrstvách (výsledek obrácené úlohy) / displays P-wave velocity distribution in the previously set layers (result of the inversion)
Density	- vykresluje průběh hustoty ve zvolených vrstvách (výsledek obrácené úlohy, dodatečné podmínky) / displays density distribution in the previously set layers (result of the inversion, strongly constrained)
period = 1.49 s velocity = 3.53 km/s	- aktuální poloha kurzoru myši v grafu závislosti grupové rychlosti na periodě / current mouse position in the group velocity-period plane diagram
time = 8.90 s	- aktuální poloha kurzoru myši v grafech časového zobrazení / current mouse position in the time plots
Vel. = 3.92 km/s	- aktuální poloha kurzoru myši v grafu závislosti rychlosti na hloubce; označuje rychlost / current mouse position on the velocity-depth plot; shows the velocity
H = 0.89 km	- aktuální poloha kurzoru myši v grafu závislosti rychlosti na hloubce; označuje hloubku / current mouse position on the velocity-depth plot; shows the depth

výstupy programu do okna spektrální oblasti / program displayed outputs in the frequency domain window

- Spectrum** - vykreslení amplitudového spektra / amplitude spectrum is displayed
- Normalized** - vykreslení normalizovaného log-log zobrazení amplitudového spektra / normalized amplitude log-log spectrum is displayed
-  - výběr periody filtru pro zobrazení ve spektrální oblasti / options for selecting the periods of filters in the frequency domain
- Actual filter** - vykreslení každého jednotlivého gaussovského zvonu a vyfiltrovaného spektra v amplitudovém zobrazení / draws each separate Gaussian filter and corresponding filtered spectrum in amplitude spectrum representation
- Act Norm** - vykreslení každého jednotlivého gaussovského zvonu a vyfiltrovaného spektra v log-log zobrazení / draws each separate Gaussian filter and corresponding filtered spectrum in normalized amplitude log-log representation
- All filters** - vykreslení všech gaussovských zvonů najednou v amplitudovém nebo amplitudovém log-log zobrazení, filtry mají svojí proměnnou výšku / all Gaussian filters are displayed together as amplitude spectrum or in normalized amplitude log-log representation, the filters have their actual heights
- All spectra** - vykreslení všech filtrovaných spekter najednou v amplitudovém nebo amplitudovém log-log zobrazení / all filtered spectra are displayed together as amplitude spectrum or in normalized amplitude log-log representation
- All 1-filters** - vykreslení všech gaussovských zvonů najednou v amplitudovém nebo amplitudovém log-log zobrazení, filtry mají stejnou výšku / all Gaussian filters are displayed together as amplitude spectrum or in normalized amplitude log-log representation, the filters have the same height
- v případě posledních tří čudlíků je vykresleno amplitudové nebo amplitudové log-log spektrum v závislosti na tom, jestli byl před jejich zmáčknutím naposledy zvolen čudlík "Spectrum" nebo "Normalized" / in the case of latter three buttons the amplitude spectrum or amplitude log-log spectrum is displayed according to the last selection of buttons "Spectrum" or "Normalized"
- Maxima** - vyznačení, kde se nacházejí okamžité frekvence 1. až 5. lokálního maxima vybraného signálu / instantaneous frequencies of 1st to 5th maxima of the selected filter are marked

```
4 | - 1024 samples were used for FFT
5 | - the unique part of spectrum contains 512 samples
6 | - you have selected the period 0.0452 seconds; it means frequency 22.1239 Hz and filter r
7 | - logarithm of the frequency is 1.3449
8 | - corresponding central period is 0.0440 seconds and central frequency is 22.7273 Hz
9 | - secondary maximum of this filter was used
```

- informace o spektrální oblasti / information about the frequency domain

- Zoom in Y** - rozsah osy Y je zmenšen na polovinu ⇒ amplituda spektra je dvakrát větší / the range of the Y axis is set to the half of the previous value ⇒ amplitude of the spectrum is doubled
- Zoom out Y** - rozsah osy Y je zdvojnásoben ⇒ amplituda spektra je dvakrát menší / the range of the Y axis is doubled ⇒ the amplitude of the spectrum is half of the previous value
-  - nastavování rozsahu frekvencí na ose X / setting of the frequency range at the X axis

výstupy na monitor do okna inverze / program displayed outputs in the inversion window

- Dist. (m/s)** not estim.
- Iteration** 0
- informace o průběhu obrácené úlohy, aktuální hodnota průměrné vzdálenosti mezi naměřenými disperzními body a teoretickou disperzní křivkou (a její grafické znázornění), tato vzdálenost je úměrná misfit funkci / information about the inversion progression, current distance between the measured dispersion points and the theoretical dispersion curve (and its graphical depiction), this distance is proportional to the misfit function

slovníček pojmů / explanatory dictionary

FREKVENČNĚ-ČASOVÁ ANALÝZA

FREQUENCY-TIME ANALYSIS (FTAN / SVAN)

- obecné označení souboru metod, kterými nahlížíme do časové a spektrální oblasti zároveň
- general expression for methods which can display time and frequency domain together

MNOHOKANÁLOVÁ FILTRACE

MULTI-CHANNEL FILTERING, MULTIPLE FILTERING

- konkrétní metoda FTAN, pracující na základě Fourierovy transformace, rozklad je prováděn ve spektrální oblasti
- one of the methods of FTAN, it works with Fourier Transform, the decomposition is done in frequency domain

VÁHOVÁ FUNKCE

WEIGHTING FUNCTION

- obecné označení jakékoli funkce, která jiné přiřazuje váhu
- in general these are all the function which give a weight to other function

GAUSSOVSKÝ FILTR

GAUSSIAN FILTER

- konkrétní váhová funkce, která má tvar gaussovského zvonu – to pro optimální rozlišení
- special case of weighting function, it has the shape of Gaussian function – good for an optimal resolution

KONSTANTNÍ RELATIVNÍ ROZLIŠOVACÍ SCHOPNOST

CONSTANT RELATIVE RESOLUTION FILTERING

- šířku zvonu měním tak, aby poměr vzdálenosti aktuální frekvence od centrální a této centrální zůstával konstantní, tedy šířka filtrů se zvětšuje pro vyšší frekvence
- the width of filters changes so as the ratio of the distance of current and central frequency to the central one is constant, the filter width grows for higher frequencies

ŠÍŘKA FILTRU

BANDWIDTH, WIDTH OF A FILTER

- v tomto pojetí spíše intuitivní označení šířky zvonu, zde ho potřebujeme jen relativně (větší, menší)
- in our case a subjective expression for the width of the Gaussian function, we use it only relatively (broader, narrower)

KOEFICIENT α

COEFFICIENT α

- pomocí tohoto koeficientu bud' to posilují nebo oslabují vliv konstantní relativní rozlišovací schopnosti, určuje šířku gaussovského zvonu
- by using this coefficient we can intensify or weaken the effect of constant relative resolution filtering, it gives the width of the Gaussian function

HOMOGENNÍ FILTRACE

HOMOGENEOUS FILTERING

- ponechávám výše uvedený poměr konstantní a do šířky filtrů již nezasahuji, koeficient $\alpha = \text{konst.}$
- the above mentioned ratio is left and no other changes of filter width are made, coefficient $\alpha = \text{const.}$

OPTIMÁLNÍ FILTRACE

OPTIMAL FILTERING

- pomocí koeficientu α ještě znovu upravuji šířku filtrů, „optimální“ je spíše básnické označení, ve SVALu je rozšiřování filtrů dané konstantní relativní rozlišovací schopností poněkud zmírňováno, $\alpha = \alpha(\text{periody})$.
- using the coefficient α we can again change the filter width, the term “optimal” seems to be too poetic, in SVAL program the broadening of filters due to constant relative resolution filtering is weakened using α coefficient, $\alpha = \alpha(\text{period})$

CENTRÁLNÍ FREKVENCE / PERIODA

CENTRAL FREQUENCY / PERIOD

- frekvence / perioda nejvyššího bodu gaussovského zvonu, zvon je na ní „centrován“
- frequency / period of the maximum of the Gaussian function, the filter is “centered” to this frequency / period

OKAMŽITÁ FREKVENCE / PERIODA

INSTANTANEOUS FREQUENCY / PERIOD

- každému bodu signálu přísluší nějaká jeho okamžitá frekvence / perioda
- each moment of the signal has an instantaneous frequency / period

FREKVENČNĚ-ČASOVÁ ROVINA / REPRESENTACE

FREQUENCY-TIME REPRESENTATION

- základní zobrazení frekvenčně časové analýzy, nahlížíme časovou i spektrální oblast zároveň
- the basic FTAN representation, we see both time and frequency domain together

GRUPOVÁ RYCHLOST	GROUP VELOCITY
<ul style="list-style-type: none"> - rychlost šíření energie balíku vln - the velocity of wavegroup energy propagation 	
FILTROVANÝ / SKOROMONOCHEMICKÝ SIGNÁL	FILTERED / NEARLY MONOCHROMATIC SIGNAL
<ul style="list-style-type: none"> - komplexní signál v časové oblasti, který vznikl zpětnou FT filtrovaného spektra - complex signal in time domain, it comes as a result of inverse FT of a filtered spectrum 	
OŘEZANÝ FILTROVANÝ SKOROMONOCHEMICKÝ SIGNÁL	TRUNCATED FILTERED NEARLY MONOCHROMATIC SIGNAL
<ul style="list-style-type: none"> - výše uvedený komplexní signál, ze kterého vyřiznu (a zhladím) jen požadovanou vlnovou skupinu - the same as above mentioned complex signal, but only required (and smoothed) wavegroup remains 	
OBÁLKA SIGNÁLU	SIGNAL ENVELOPE
<ul style="list-style-type: none"> - velikost analytického signálu příslušejícího filtrovanému signálu - the modulus of an analytical signal corresponding to the filtered signal 	
SPEKTROGRAM	SPECTROGRAM
<ul style="list-style-type: none"> - 3D zobrazení frekvence – čas – amplituda nebo perioda – grupová rychlost – amplituda, je poskládán z obálek analytického signálu zmíněných výše - 3D representation using frequency – time – amplitude or period – group velocity – amplitude, it is created by the above mentioned envelopes of the analytical signal 	
OŘEZANÝ SPEKTROGRAM	TRUNCATED SPECTROGRAM
<ul style="list-style-type: none"> - výše uvedený spektrogram, který obsahuje jen požadovaný disperzní hřbet - the same as above mentioned spectrogram, but only the required dispersion ridge is present 	
GRAF ZÁVISLOSTI GRUPOVÉ RYCHLOSTI NA PERIODĚ	GROUP VELOCITY – PERIOD DIAGRAM
<ul style="list-style-type: none"> - víceméně jako spektrogram, ale používá se v případě vykreslování disperzních křivek, tedy jako 2D zobrazení bez přítomnosti amplitud - similar to the spectrogram but it is used while imaging only the dispersion curve, it is only 2D representation, no amplitudes are depicted 	
PRIMÁRNÍ, SEKUNDÁRNÍ, TERCÍÁRNÍ ... LOKÁLNÍ MAXIMUM	PRIMARY, SECONDARY, TERTIARY ... LOCAL MAXIMUM
<ul style="list-style-type: none"> - první, druhé, třetí atd. nejvyšší maximum obálky každého filtrovaného signálu, v konkrétním provedení programu SVAL jsou pod toto označení zahrnuty i inflexní body obálky signálu, kde je derivace minimální (pokud je tato možnost zvolena) - first, second, third etc. highest maxima of the filtered signal envelope, in SVAL program by the term „maxima“ we mean also the inflection points with the lowest derivation (if the option is selected) 	
DISPERZNÍ BOD	DISPERSION POINT
<ul style="list-style-type: none"> - bod v rovině perioda – grupová rychlost příslušející nějakému lokálnímu maximu nějakého filtrovaného signálu, přísluší mu samozřejmě i jistá hodnota amplitudy a lze ho proto zobrazovat ve 3D prostoru - a point in the group velocity-period plane, it corresponds to a local maximum of a filtered signal, certain amplitude value also corresponds to this point and we can image it in 3D space 	
DISPERZNÍ KŘIVKA	DISPERSION CURVE
<ul style="list-style-type: none"> - obecně: závislost grupové rychlosti šíření vlny na periodě této vlny - konkrétně zde: soubor disperzních bodů, které přísluší jednomu modu povrchových vln, tedy jednomu disperznímu hřbetu spektrogramu - in general: the group velocity-period dependence - specially: a set of dispersion points which corresponds to certain surface wave mode and to the certain dispersion ridge 	
DISPERZNÍ HŘBET	DISPERSION RIDGE
<ul style="list-style-type: none"> - část spektrogramu, která přísluší jednomu modu povrchových vln – nejedná se tedy jen o maxima, ale i o jejich okolí (není zcela zřejmé, jak široké... viz povídka o lezení na horu Říp) - the part of the spectrogram corresponding to certain surface wave mode – this concerns not only the maxima, but also its vicinity (it is not clear how broad this vicinity is... see the story of Rip Mountain climbing (in Czech only)) 	
ZÁKLADNÍ MOD	FUNDAMENTAL MODE
<ul style="list-style-type: none"> - nejpomalejší mod povrchových vln, obvykle amplitudově nejsilnější směrem k delším vlnám - the slowest surface wave mode, usually has the highest amplitudes for longer waves 	
VYŠŠÍ MODY	HIGHER MODES / OVERTONES
<ul style="list-style-type: none"> - rychlejší mody povrchových vln, v oblasti krátkých period mohou amplitudově zastínit základní mod - faster modes, in the short period range their amplitudes can be higher than the fundamental ones 	

- část seismogramu, která jeví disperzi a přísluší jednomu modu a typu vln, obvykle se různé mody slévají přes sebe a na jedné složce je možné pozorovat oba typy povrchových vln
- the dispersive part of a spectrogram containing one mode and type of waves, usually different modes comes in the same time and we can see both types of waves at one component

ČASOVÁ KOREKCE

TIME CORRECTION

- pro očištění od vlivu přístroje: podle fázové charakteristiky přístroje, která je závislá na periodě, určíme pro každou periodu časový interval, o který je nutné např. maximum na této vlně posunout, abych eliminoval vliv přístroje
- je zcela jedno, určíme-li disperzi ze záznamu posunutí, rychlosti nebo zrychlení – ačkoli záznam vypadá jinak, jeho obálka, resp. maxima obálek jednotlivých složek jsou stále na stejném místě v čase
- instrumental correction: according to the period-dependent phase characteristic we compute the time shift – this shift is then applied for example to the time arrival of the maximum of the envelope of the signal filtered at this period
- it does not make any difference if we estimate the dispersion using displacement, velocity or acceleration record – although the records look different, the envelopes maxima for all the nearly-monochromatic components arrive at the same time

literatura / references

Jedná se o pracovní seznam, jsou zde uvedeny i zdroje, které se obvykle v zahraničních časopisech necitují. Jsou to například diplomové práce, skripta a nepublikované články. / It is an operative list and also the sources which are usually not cited in literature are listed below. These are diploma thesis, lecture notes and unpublished papers.

- frekvenčně časová analýza (metoda mnohokanálové filtrace) / frequency-time analysis (multichannel-filtering technique):

- Canitez, N.: 1977, *Optimum Filter for Surface-Wave Group-Velocity Determination*, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 67, No. 1, 79-85.
- Cara, M.: 1973, *Filtering of Dispersed Wavetrains*, Geophys. J. R. astr. Soc., Vol. 33, 65–80.
- Dziewonski, A., Bloch, S. and Landisman, M.: 1969, *A Technique for the Analysis of Transient Seismic Signals*, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 59, No. 1, 427-444.
- Dziewonski, A., Mills, J. and Bloch, S.: 1972, *Residual Dispersion Measurement – a New Method of Surface Wave Analysis*, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 62, No. 1, 129-139.
- Kacooglu, A.H. and Long, L.T.: 1993, *A Review of Time-frequency Analysis Techniques for Estimation of Group Velocities*, Seismological Research Letters, Vol. 64, No. 2, 157-167.
- Levshin, A., Pisarenko, V.F. and Pogrebinsky, G.A.: 1972, *On a Frequency-Time Analysis of Oscillations*, Ann. Geophys., Vol. 28, No. 2, 211-218.
- Levshin, A.L., Ratnikova, L. and Berger, J.: 1992, *Peculiarities of Surface-Wave Propagation Across Central Eurasia*, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 82, No. 6, 2464-2493.
- Levshin, A.L.: 2002, *Surface Wave Analysis and Phenomenology*, 5th (6th, 7th) Workshop on Three-Dimensional Modeling of Seismic Waves Generation and their Propagation. The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, 2000 (2002, 2004).
- Levshin, A. L., Yanovskaya, T. B., Lander, A. V., Bukchin, B. G., Barmin, M. P., Ratnikova, L. I. and Its, E. N., *Interpretation of Surface Wave Observations – Frequency-time Analysis*, In *Seismic Surface Waves in a Laterally Inhomogeneous Earth* (ed. Keilis-Borok, V. I.) (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London 1989) pp. 153-163.
- Shapiro, N. M. and Singh, S. K.: 1999, *A Systematic Error in Estimating Surface-wave Group-velocity Dispersion Curves and a Procedure for its Corrections*, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 89, No. 4, 1138-1142.

- přímá úloha (maticová metoda) / forward modeling (matrix method):

- Proskuryakova, T.A., Novotný, O. and Voronina, E.V.: 1981, *Studies of the Earth's Structure by the Surface-Wave Method (Central Europe)*, Nauka, Moscow, (Izuchenie stroeniya Zemli metodom poverkhnostnykh voln (Tsentral'naya Evropa). Nauka, Moskva, in Russian).
- Novotný, O.: 1999, *Seismic Surface Waves*, Lecture Notes for Post-graduate Studies, Instituto de Física, Instituto de Geociências, Salvador, Bahia (skripta).

- obrácená úloha (isometrická metoda) / inversion problem (isometric algorithm):

- Málek, J., Horálek, J. and Janský, J.: 2005, Appendix B “*Isometric Inverse Algorithm*” of: *One-dimensional qP-Wave Velocity Model of the Upper Crust for the West Bohemia/Vogtland Earthquake Swarm Region*, Stud. Geophys. Geod., 49, 501–524.
- Málek, J.: 2003, *Isometric method for solving non-linear inverse problems*, nepublikovaná, ale velmi užitečná práce.
- Tarantola, A., *Inverse Problem Theory* (Elsevier Science B.V., Amsterdam 1987).

- konkrétní provedení programu (SVAl) / factual program features (SVAl):

- Čermák, F.: 1990, *Frequency and Time-Frequency Methods of Surface Wave Dispersion Estimation*, Diploma thesis, Department of Geophysics, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, 140 pp. (*Spektrální a spektrálně časové metody výpočtu disperze povrchových vln*, Diplomová práce, KG MFF UK, Praha, 140 stran, in Czech.)
- Kolínský, P.: 2003, *Dispersion of Seismic Surface Waves Along Selected Eurasian Paths*, Diploma thesis, Department of Geophysics, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague. (*Disperze povrchových seismických vln podél vybraných euroasijských tras*, Diplomová práce, KG MFF UK, Praha, in Czech.)
- Kolínský, P.: 2004, *Surface Wave Dispersion Curves of Eurasian Earthquakes: the SVAl Program*, Acta Geodyn. Geomater., Vol. 1, No. 2 (134), 165–185.
- Kolínský, P.: 2005, *Seismic Velocity Model in the Vicinity of Eger Rift from Dispersion of Surface Waves*, Final report about the Internal Start Project of the Grant Agency of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Acta Research Reports, No. 14, 67 – 71.
- Kolínský, P., Brokešová, J.: 2006, *The Western Bohemia Uppermost Crust Shear Wave Velocities from Love Wave Dispersion*, Journal of Seismology, submitted.
- Sekereš, J.: 1983, *Frequency-time Analysis*, Diploma thesis, Department of Geophysics, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague. (*Frekvenčně-časová analýza*, Diplomová práce, KG MFF UK, Praha, in Slovak.)
- Veselý, M.: 1997, *Frequency-time Analysis and its Use*, Diploma thesis, Department of Geophysics, Faculty of Mathematics and Physics, Charles university, Prague. (*Frekvenčně časová analýza a její použití*, Diplomová práce, KG MFF UK, Praha, in Czech.)

Petr Kolínský
Oddělení seismologie, Ústav struktury a mechaniky hornin, Akademie věd České republiky
Katedra geofyziky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze
Department of Seismology, Institute of Rock Structure and Mechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic
Department of Geophysics, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University in Prague
únor / February 2006

Výstup na horu Říp

Sešli jsme se nad patnácti stránkami rukopisu článku pojednávajícího o jakémisi seismickém problému s určováním rychlosti povrchových vln. Základní práce byla hotova, zbývalo dodělat pár detailů. Už několik dní jsem se trápil otázkou, jak z funkce obsahující mnohá lokální maxima vybrat její maximum absolutní i s jeho příslušným okolím. Jinými slovy – jak si definovat, co je to kopec. Chtěl jsem určit, jak by vypadal daný kopec, kdyby vedle něj už žádný další nebyl. Zkrátka jak vyříznout horu z hor.

Nemáme asi problém s tím, co je to nejvyšší hora, protože nejvyšší bod nějakého území najdeme snadno a to jak na horách, tak u záznamu zemětřesení. Ovšem jak od sebe jednotlivé kopce oddělit, to už není zcela triviální. Před časem jsem si s tím poradil jednoduše – od nejvyššího místa scházím po kopci postupně na obě strany, až sejdu deset procent jeho výšky. Oblast vymezená těmito dvěma body je vrchol, který je neměnný. Pak scházím dál, až sejdu dalších deset procent. Od tohoto místa dál už pro mě kopec neexistuje a mezi devadesáti- a osmdesátiprocentní hranicí okraj kopce zahladím nějakým vtipným oknem, abych nedostával ošklivé nepřirozené zuby. Funkce zkrátka také erodují a to dokonce mnohem rychleji než Nízké Tatry. Fungovalo to několik měsíců bezvadně, zpracoval jsem tak mnoho záznamů a obhájil na to konto svou diplomovou práci. Ovšem toho rána v pracovně Ústavu mi byla položena otázka:

„Proč zrovna devadesát procent? Proč pak ještě osmdesát? Kde se to vzalo? To jste si jen tak vymyslel? Jaký je fyzikální argument považovat za vrchol kopce jen oblast vymezenou tak úzkým procentem jeho výšky?“

Venku mrzlo a mozkové závity mi poránu ještě neběžely naplno. Obratně jsem se zaplétal do argumentace snaže se obhájit tuto volbu:

„Vyzkoušel jsem mnoho různých případů volby procentuálních hranic a na záznamech několika zemětřesení se devadesát a osmdesát procent ukázalo jako ideální pro výběr kopců, které umožňovaly jakousi interpretaci a spekulace o svém původu.“

„Aha. Takže v případě záznamů například blízkých zemětřesení, které by byly mnohem složitější než tyto, byste byl ochoten změnit svou definici toho, co je to kopec?“

Nemusel jsem poslouchat dál – vím přece, co je to „dobrá“ definice a rozhodně to není ta, která se mění podle toho, jak na horách vítr fouká.

„Navrhoval bych něco jiného,“ začal opatrně kolega. „Co takhle zkusit vybrat jeden kopec podle toho, kde začíná kopec druhý?“

No jasně, že mě to nenapadlo. Zkrátka půjdu z kopce dolů tak dlouho, až začnu lézt na další. Tam to nechám zerodovat a mám zmapováno. Odběhl jsem do své pracovny, zastyděl se za nevalnou invenci a pustil se do programování. Za dvě hodiny bylo hotovo, odladěno a začal jsem vykreslovat pohoří a přes ně nově vybrané jednotlivé kopce, pro jistotu červeně, abych dodal důležitost svému počínání.

Vykreslení šestého příkladu mi ale opět sebralo náladu. Postupoval jsem systémem hledání lokálních minim funkce na obou stranách vedle jejího absolutního maxima. Jenže teď jsem zíral na kopec, který vedle sebe minimum neměl. Metoda fungovala celkem dobře v Krkonoších, kde jsem se po slezení z každého kopce na chvíli zastavil v d'olíku, odpočinul si a unaven vzdal snahu vylézt na úbočí kopce vedlejšího. Ovšem z monitoru na mě nyní zíral Říp. Tápál jsem zvolna směrem k Labi, někam k Horním Počaplům. Sešel jsem zprvu ze strmého kopce, ale pak se terén vyrovnal. Stále jsem však pozvolna klesal. Po několika kilometrech bylo už intuitivně jasné, že kopec mám dávnou za sebou, ale pořád jsem se nemohl zastavit v jakémkoli d'olíku. Obálka filtrovaného signálu obdržená jako velikost komplexního analytického signálu příslušejícího původnímu filtrovanému a s imaginární částí rovnající se Hilbertově transformaci, který jsem úspěšně vyrobil zpětnou Fourierovou transformací pouze kladné části spektra časového signálu, vykazovala v případě filtrace na periodě 43.2 sekundy od svého maxima neustálý pokles amplitudy. Aha, hledání d'olíků funguje jen u hor, které d'olíky mají.

Poseděl jsem chvíli na břehu Labe (ostatně jeho řečiště bylo oním formálním minimem, bohužel nepoužitelným) a začal se pozvolna šourat zpět k Řípu. Direktissimou jsem se vydal opět vzhůru k rotundě na vrcholu a zcela utmácen jsem hloubal nad tím, jaké další význačné místo je na každém kopci, když už jsem, zjistil, že d'olík vedle něj to není a samotný vrchol, který skutečně je na vrcholu každého kopce, mi nepomůže.

Zastavil jsem se, abych se vydýchal, pohlédl jsem na svah nad sebou a pak pod sebou a došlo mi to. Inflexní bod. Odted' budu definovat kopce pomocí inflexního bodu. Ať mi nikdo neříká, že najde kopec, který inflexní bod nemá. Půjdu vždy dolů až tam, kdy se sklon svahu začne zmírňovat a dál už mě kopec nezajímá. Ať se táhne stepí, pampou či savanou, jakmile přestal být jednou pořádně strmý a začal to vzdávat, s lezením končím. Ještě vymyslím, jak ho oeroduji tak, aby to ostatní moc nepoznali, nejlepší ale bude asi klasická nepřízeň počasí. Něco jako kosinové okno, možná že část gaussovského zvonu by byla lepší, ale zase bude těžší ji napojit tak, aby se Praotec Čech nenaštval, že se mu hrabu v cestičce.

Technická poznámka: Pro případ kopce typu Kriváň, které mají své stěny proložitelné přímkou, jež inflexi opravdu nemá, lze použít alternativní náhled: Rovné úbočí protáhneme až na hladinu moře a je to. Obálka reálného signálu ovšem vypadá vždy jako Šumava nebo Říp, nikdy ne jako Vysoké Tatry.

Petr Kolínský