

PROHLÍŽEČ SEISMICKÝCH SIGNÁLŮ (ČASOVÝCH ŘAD)

Petr Kolář

Geofyzikální Ústav AV ČR

Abstrakt

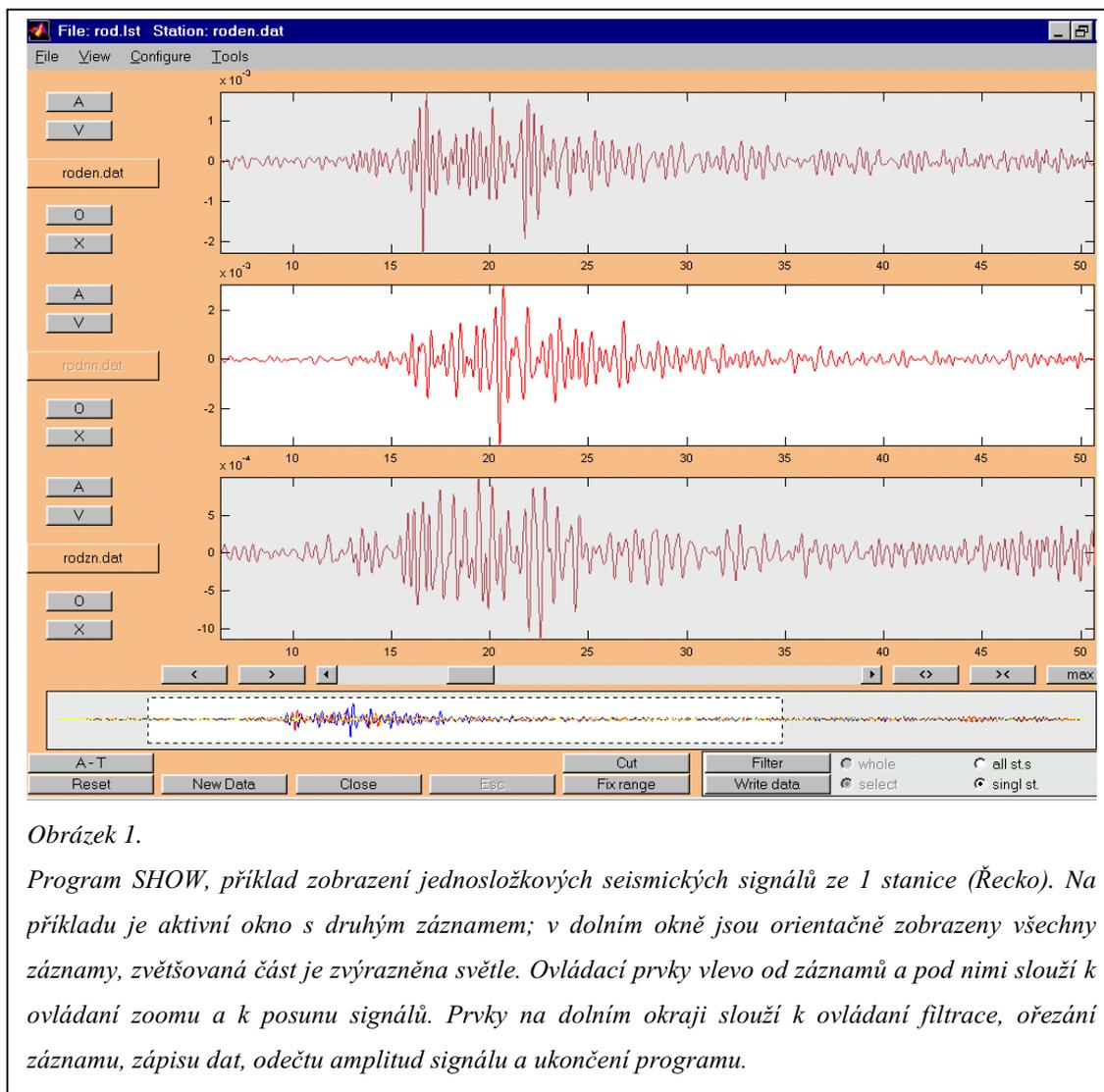
Ke stávajícím programům pro dávkovou analýzu seismických signálů byla vytvořena grafická nadstavba (v MATLABu ver. 5.3) umožňující prohlížet a/nebo předzpracovávat I/O soubory. Prohlížeč respektuje charakter seismických signálů, to jest časových řad s konstantním krokem, které mají 1, 3, n složek (kanálů) z 1 – m seismických stanic (registračních bodů). Prohlížeč umožňuje načtení dat ve variabilním formátu, jejich zobrazení, zooming, označení vybraných částí, ořezávání a filtraci. Dále je k dispozici převzorkování signálu, vykreslení mechanismu zdroje a převod obrázků z PS formátu.

Úvod

V Geofyzikálním ústavu AV ČR (GFÚ) je používán soubor programů na zpracování seismických signálů (Šílený, 1998). Konkrétně slouží tyto programy k určování procesů ke kterým došlo při vzniku zemětřesení v jeho ohnisku. Výpočet se provádí pomocí inverze seismických signálů. Pro úspěšné použití těchto programů je nutné zaškolení uživatele a ani pak není při rutinních opakovaných výpočtech práce s programy příliš komfortní. Cílem našeho snažení mělo být vytvoření uživatelského rozhraní, které by umožňovalo snadnější a jednodušší obsluhu v duchu současných standardů. Jednotlivé části byly vytvářeny podle konkrétních aktuálních požadavků uživatelů a byť již existuje funkční verze, v případě nových požadavků je systém dále vyvíjen a doplňován.

Při vytváření uživatelského rozhraní bylo nutno zohlednit několik následujících požadavků: především specifický charakter seimických záznamů (viz níže) a dále pak požadavky na jistou variabilitu formátu vstupních dat. Platforma MATLABu (ver. 5.3) byla zvolena s ohledem na komfort vytvářeného uživatelského rozhraní a kvalitu grafiky tohoto programovacího nástroje.

V dalších odstavcích jsou popsány jednotlivé programy, některé problémy a obtíže se kterými jsme se setkali a zvolené programátorské řešení.



Obrázek 1.

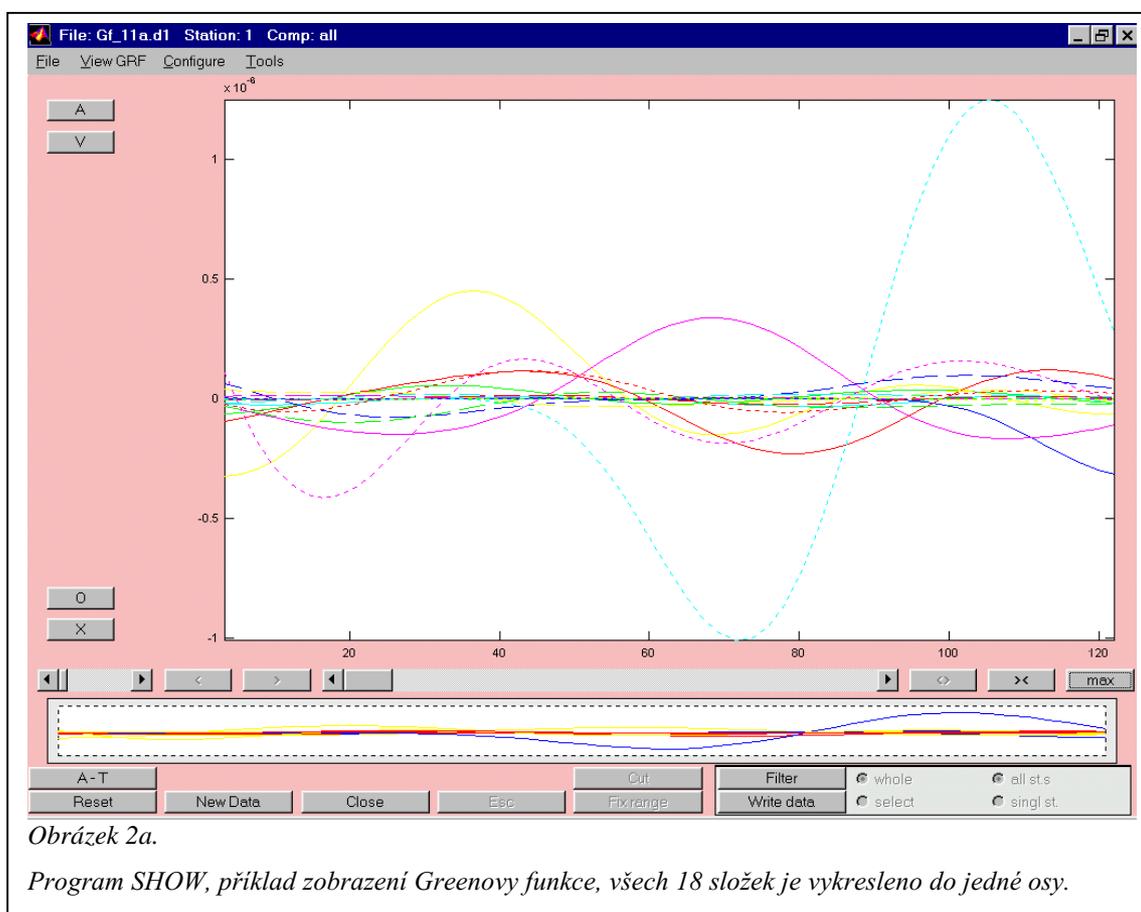
Program SHOW, příklad zobrazení jednosložkových seismických signálů ze 1 stanice (Řecko). Na příkladu je aktivní okno s druhým záznamem; v dolním okně jsou orientačně zobrazeny všechny záznamy, zvětšovaná část je zvýrazněna světle. Ovládací prvky vlevo od záznamů a pod nimi slouží k ovládní zoomu a k posunu signálů. Prvky na dolním okraji slouží k ovládní filtrace, ořezání záznamu, zápisu dat, odečtu amplitud signálu a ukončení programu.

Seismické signály – časové řady

Seismické signály, které seismologové zaznamenávají na seismických stanicích a následně analyzují, představují z hlediska obecného počítačového zpracování časové řady s konstantním vzorkovacím krokem. Záznam z jedné stanice může být jednosložkový (jednokanálový), častěji však tříložkový (dvě kolmé horizontální složky, zpravidla orientované ve směru světových stran, plus jedna vertikální). Pro analýzu konkrétního seismického jevu (zpravidla zemětřesení) se používají záznamy z více stanic (tj. z více pozorovacích bodů).

Pro úplnost ještě uvedme, že pro popis vlivu prostředí na seismický signál šířící se z ohniska k bodu pozorování se používá tzv. Greenova funkce, což je jednotková odezva prostředí, která má v aktuálně použitém formalismu 18 složek (viz např. Aki a

Richards, 1980). Pro účely zobrazování zacházíme s touto funkcí stejně jako se seismickým signálem avšak s příslušně zvětšeným počtem složek.

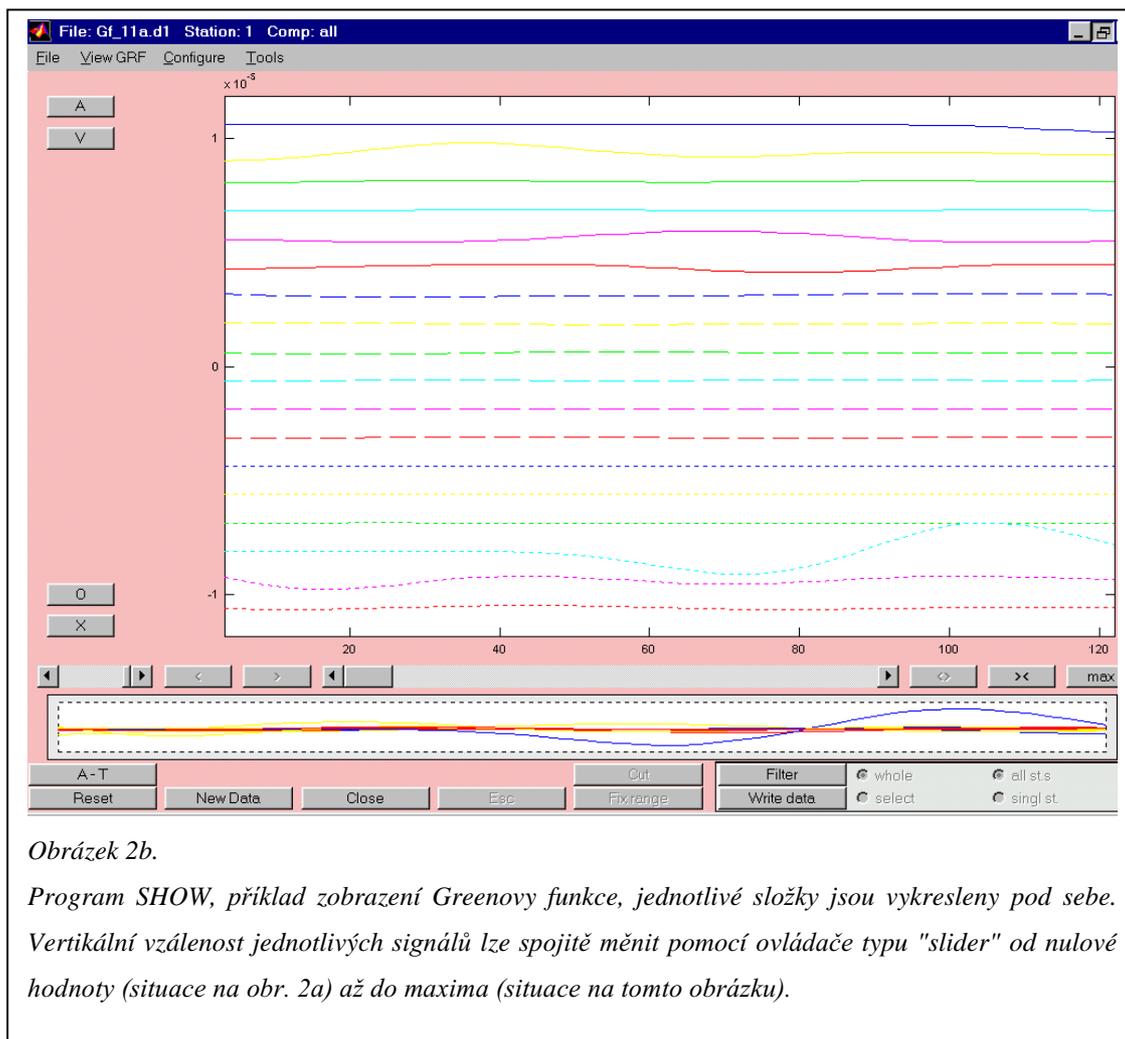


Obrázek 2a.

Program SHOW, příklad zobrazení Greenovy funkce, všech 18 složek je vykresleno do jedné osy.

Program SHOW

Nejpodstatnější částí popisovaných programů je vlastní prohlížeč SHOW, který umožňuje zobrazení signálů, zooming, označení vybraných částí záznamů, jejich ořezání, filtraci (viz níže); je možno rovněž zobrazit spektra signálů. Kromě ovládacích prvků a orientačního zobrazení celého signálu se v 1-3 oknech zobrazují vlastní seismogramy, které mohou mít 1-3 složky; příklad je na obr.1. Barevně je odlišen aktivní záznam a případně též označené úseky záznamů. Při zobrazování složek Greenovy funkce se všechny složky vykreslí přes sebe do jednoho okna – obr. 2a. V případě potřeby je možno složky vykreslit pod sebe – obr. 2b.



Obrázek 2b.

Program SHOW, příklad zobrazení Greenovy funkce, jednotlivé složky jsou vykresleny pod sebe. Vertikální vzálenost jednotlivých signálů lze spojitě měnit pomocí ovládače typu "slider" od nulové hodnoty (situace na obr. 2a) až do maxima (situace na tomto obrázku).

Zobrazení záznamů více stanic

Pro snadnější zobrazení signálů z více stanic je možno předem připravit seznam požadovaných stanic (uloženo v jednoduchém formátu v ASCII souboru). Program SHOW pak jednoduše přepíná mezi jednotlivými stanicemi. Seznam stanic může být vytvořen buď prostřednictvím libovolného editoru nebo pomocí speciálního programu. Seznam rovněž obsahuje údaje o označených úsecích záznamů.

Z charakteru seismických signálů (viz výše) je odvozena struktura proměnných použitých v programech – jedná se o tříindexovou proměnnou ve tvaru `signál[stanice,složka,vzorek]`. Na začátku běhu programu se načtou vždy všechna požadovaná data. Protože však celkový počet uvažovaných záznamů může být větší než zobrazený počet (max. 3 záznamy) je provedeno přiřazení aktuálně požadovaných dat do nové proměnné, která je rovněž tříindexová, obsahuje však již pouze

zobrazovaná data. Pokud uživatel provádí nějaké operace pouze se zobrazenými daty, obsah datových proměnných se nemění, což urychluje odezvy. Při požadavku na zobrazení jiných signálů se provede nové přiřazení do zobrazované proměnné z rozsáhlejší proměnné obsahující všechna data; následně pak dojde k vykreslení nového obsahu oken. Poznamenejme, že do zobrazované proměnné se načítá zásadně nezkrácený signál, proto při jakékoliv operaci zoomingu nebo posunutí obrazu není nutno provádět nové přiřazení. Pokud je celkový počet uvažovaných stanic roven zobrazenému, postup je formálně zachován, i když v tomto speciálním případě je vlastně nadbytečný.

Filtrace

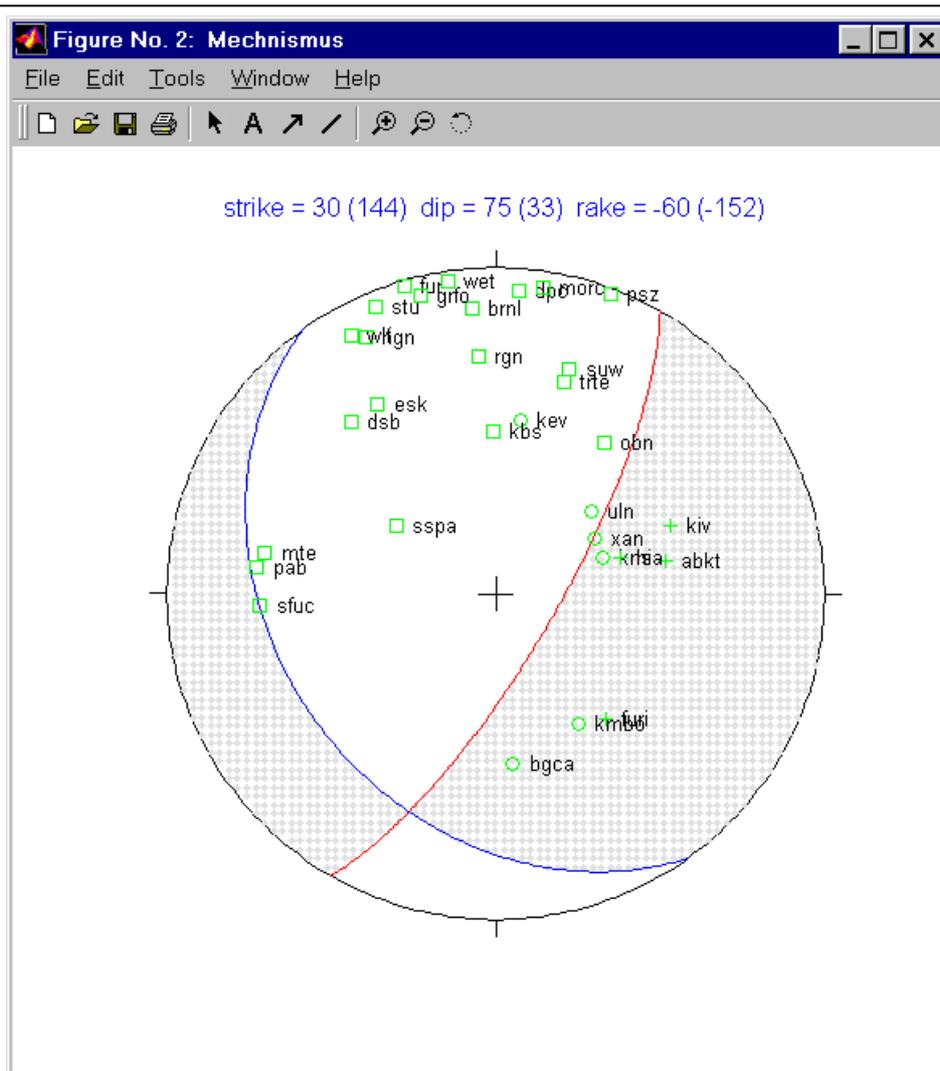
Filtrace je častou operací prováděnou se seismickými daty. Používají se standardní knihovní funkce (pro dolní a horní propust, bandpass a bandstop). Ovládací okno umožňuje vybrat typ filtru, nastavit příslušné parametry, provést testovací filtraci, výsledek porovnat s originálním signálem a též uložit nastavení filtru pro příští použití (uložení se provádí do ASCII souboru v jednoduchém formátu).

Formát dat

Zpracovávané seismické záznamy jsou zpravidla k dispozici ve formě ASCII souboru. Dle přání uživatelů bylo rozhodnuto nepřevádět originální záznamy do nějakého jednotného formátu, ale prodržet vždy formát původní. Proto je vždy při načítání dat nutno blíže specifikovat jejich formát (několik nejčastěji používaných formátů je již předdefinováno). V případě zápisu dat (po filtraci či ořezání) je nutno pro každý nově použitý formát dat zkontrolovat (a případně doplnit) příslušné parametry zápisu.

Doplňkové programy

V tomto odstavci jsou popsány doplňkové programy, které se ukázaly jako užitečné pro práci se seismickými záznamy:



Obrázek 3.

Příklad mechanismu zdroje (typu dvojitého dipolu). V použitém formalismu se mechanismus zobrazuje jako stereografická projekce dvou kolmých rovin; navíc je obvyklé dva kvadranty vybarvit. Projekce rovin je konstruována bod po bodu s malým konstantním krokem. Při vybarvování vybraných ploch se počítají příslušné hodnoty v pravouhlé síti bodů, místa ležící uvnitř příslušných kvadrantů jsou pak zvýrazněna symbolem barevného bodu. Tento postup je výpočetně poměrně náročný.

Další důležitou vlastností stereografické projekce je, že zachovává azimutální rozložení bodů pozorování (seismických stanic) vůči zdoji (ohnisku zemětřesení).

Vykreslení mechanismů: pro zobrazení mechanismu zemětřesení (orientovaného pohybu na obecně orientované ploše) se v seismologii standardně používá stereografické projekce na jednotkovou kouli (viz např. Aki a Richards, 1980,

kapitola 4). Byl vytvořen program pro zobrazení takovýchto projekcí; příklad je na obr. 3.

Převod obrázků z PS formátu do MATLABu: původní FORTRANské programy, pro které vytváříme nadstavbu, mají grafický výstup v PS formátu. Pro snadnější manipulaci s obrázky (hlavně snadnější tisk a včleňování obrázků do dalších textů) byl vytvořen konvektor těchto obrázků do MATLABu. Konvektor v žádném případě neobsahuje kompletní sadu příkazů PS formátu, naopak podporuje pouze základní příkazy, typu vykreslení čáry, znaku, pohybu pera, které jsou využívány v původních FORTRANských programech (v případě potřeby je možné doplnění o další příkazy).

Převzorkování signálu: seismické signály je někdy před vlastním zpracováním třeba převzorkovat. Pro spouštění knihovní převzorkovací funkce byl vytvořen vlastní ovladač.

POP – předběžný ovládací panel: jednotlivé programy je samozřejmě možno spouštět zavoláním jejich jména, pro větší pohodlí uživatele však byl vytvořen POP, který umožňuje jednotlivé programy spouštět kliknutím na ovládacím panelu.

Zkušenosti z práce s MATLABem

Naše zkušenosti s prací s MATLABem (nad výše popisovanou problematikou) jsou veskrze pozitivní. Zde zmíníme pouze několik drobných potíží, na které jsme narazili v průběhu práce. Především je v manuálech uvedeno, že formát pro načítání dat (hlavně instrukce *fscanf*, *sscanf*) používají konvence jazyka C. Tato konvence je však použita v mírně modifikované podobě. Z tohoto hlediska je tvrzení o identitě formátu mírně zavádějící (námi používané soubory obsahují zpravidla veličiny udané v různých formátech a jejich správné načtení je zásadní).

Dále není jednoduše možné nastavit vykreslení os nějakého grafu, tak aby byl popsán každý n-tý dílek (např. v programu GRAPHER je tato možnost velmi snadno ovladatelná).

Příkaz *uigetfile*, přestože jím vytvářené interaktivní okno vypadá naprosto shodně s oknem pro WINDOWS, neumožňuje hromadný výběr souborů. Stejně se chová např.

i příkaz *uicontrol('style','popupmenu')*. Soudíme, že možnost hromadného výběru by mohla být užitečná.

Pokud není vstupní box (příkaz *uicontrol('style','edit')*) dostatečně velký, nezobrazí se kurzor. Rovněž je problém se zmenšováním velikosti oken (např. při použití obrazovky s menším počtem bodů – např. na notebooku), neboť nejsou k dispozici malé fonty.

Pro funkci *uicontrol('style','slider')* by bylo vhodné mít možnost nastavit i vertikální orientaci (např. ve WINDOWS takové ovládání existuje).

Závěr

Seismické signály jsou svým obsahem značně speciálním typem dat, formálně se však jedná o časové řady s konstantním krokem, které jsou nepochybně objektem velmi častým. Snad by tedy mohl existovat nějaký obecnější zájem i o programy sloužící k zpracovávání seismogramů. Jednotlivé dílčí programy lze používat samostatně (např. program pro vykreslení mechanismu seismického zdroje), rovněž však se mohou volat vzájemně. Náš konkrétní vývoj pak nevychází z nějaké důkladně připravené koncepce. Naopak, vznik jednotlivých částí se řídil a řídí potřebami uživatelů, případná vylepšení a zdokonalení vznikají na základě jejich zpětných reakcí.

Poděkování

Poděkování patří Janu Šílenému (GFÚ AV ČR), který celou práci inicioval a rovněž zahrnul do grantu Stanovení parametrů zemětřeseného zdroje s použitím nepřesného modelu prostředí (GA AV A3012904). Dále pak Ludku Vecseovi (rovněž GFÚ AV ČR), který je autorem první verze prohlížeče SHOW a programu pro zadávání formátu vstupních dat.

Litereatura

Aki K. a P. G. Richards, 1980, Quantitative Seismology, Freeman, San Francisco

Šílený J., 1998, Earthquake source parameters and their confidence regions by a genetic algorithm with a 'memory', Geophys. J. Int., 134, pp. 228-242

Kontaktní adresa:

P.Kolář: GFÚ AVČR, Boční II 1401, Praha 4, Spořilov, tel.:+420-2-67 103 012,
kolar@ig.cas.cz