

VYUŽITÍ PROSTŘEDKŮ GIS PŘI ZOBRAZENÍ SEISMICKÝCH JEVŮ
APPLICATION GIS FOR VIEW SEISMIC EVENTS

Abstract

In our paper the results of using GIS tools for seismic events visualization are presented. On the example of utilization of databases from spatially different areas – the Upper Silesian Basin and the earth, the methodological approach to spatial visualization of seismic events in arbitrary area including possible partial outputs is proposed.

Keywords: GIS, earthquake, seismic events

Úvod

Studium seismologické aktivity naší země se neobejde bez prostorové představy o seismických jevech obecně (pro účely tohoto článku bez rozlišení na jevy vzniklé v důsledku přirozené či indukované seismicity), které neustále vznikají v různé hloubce, na různých místech a lze je charakterizovat různým magnitudem. Jejich prostorová distribuce je především vázána na několik zemětřesných pásem, u nichž převládá horizontální rozměr nad vertikálním. I přes neustále probíhající intenzivní výzkum je velmi obtížné předpovídat vznik zemětřesení. Jedním z prostředků, který může pomoci při studiu seismologické aktivity libovolné oblasti je její časoprostorová analýza.

Jedná se o možnost provádět analýzu seismických jevů, vzniklých v určité oblasti vymezené souřadnicemi φ a λ . Dalším navazujícím krokem může být zobrazení míst vzniku zvolené skupiny seismických jevů podle předem zvolených kritérií. Jedná se zejména o volbu intervalu časového, hloubkového, energetického a jejich vzájemných závislostí [Vaš2], [Haj4].

Prezentace a prostorová analýza jevů v definované oblasti je pak podmíněna:

- Existencí vhodných databází (pro různá měřítka) zpracovávaných seismických jevů.
- Požadovaným rozměrem vizualizace (v ploše 2D a 3D v prostoru, 4D v prostoru a čase).
- Vhodným softwarovým řešením (komerční, OpenSource) pro vizualizaci a analýzu dat v různých měřících.
- Způsobem zpracování dat (různá měřítka vyžadují odlišné metody pořizování a zpracování dat).

Problematika dat

Základem pro vizualizace seismických jevů v *globálním měřítku* jsou data, která lze rozdělit do dvou skupin.

První skupinu představují *data topografického podkladu*. Jedná se zejména o znázornění reliéfu zemského povrchu a mořského dna (zcela dostačující jsou globální data typu ETOPO2, ETOPO5, SRMT3 - zdroj dat USGS, NIMA, NASA). Dále to mohou být např. data hranic litosférických desek (dnes existuje dostatek zdrojů pro pořízení těchto dat), významných zlomů, případně vymezení seismicky aktivních zájmových oblastí, apod.

Druhou skupinu tvoří *data seismických jevů*. Globální seismická data pak představují data pro velké oblasti (regionální měřítko až celé zemské těleso). Tato data jsou Jeden z nejuplněnějších zdrojů,

¹ VŠB-Technická universita Ostrava, fakulta hornicko-geologická, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, ales.polacek@vsb.cz

² VŠB-Technická universita Ostrava, fakulta hornicko-geologická, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, david.vojtek@vsb.cz

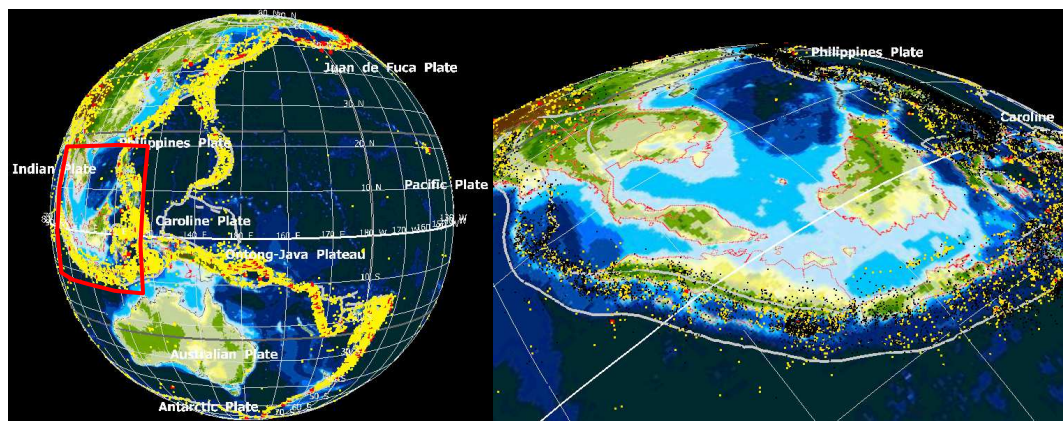
kterým je možné velmi dobře zpracovat prostředky Geografických informačních systémů (GIS), lze nalézt například dlouhodobě sledována a archivována. na stránkách *International Seismological Center (ISC)* [<http://www.isc.ac.uk/>].

Data získaná z tohoto zdroje jsou ukládána ve standardu IMS 1.0, *ISF* [<http://www.isc.ac.uk/Bulletin/descrip.html>]. Počet seismických jevů, které jsou ISC zaznamenány, se pohybuje v řádech 10^6 zemětřesení.

Opakem vizualizace v globálním měřítku je vizualizace v **lokálním měřítku**. Při vizualizaci jsou sbírány a vizualizovány informace o relativně malých zájmových územích (plocha řádově 10^2 km²). Jako příklad lze uvést vizualizaci seismologické aktivity Hornoslezské pánve nebo seismologické aktivity v západních Čechách. Počet jevů obsažených v datech seismických jevů pro lokální měřítko, se kterými se pracuje, je relativně malý, řádově jde o 10^3 až 10^4 jevů. Data topografického podkladu v lokálním měřítku mají oproti globálním měřítkům své specifické vlastnosti. Tyto vlastnosti budou popsány níže.

Problematika vizualizace a software

Vizualizace globálních dat je podmíněna sjednocením souřadnicových systémů, ve kterých jsou popisované jevy zaznamenány. Zde je předností, že všechna data, jak topografického podkladu, tak vlastních seismických událostí jsou v zeměpisných souřadnicích s definovanou hloubkou hypocentra a souřadnicemi epicentra. Při vizualizaci je nutné zohlednit rozdíly mezi referenčními elipsoidy, na kterých jsou zeměpisné souřadnice určovány. Je nutné provést přepočty souřadnic na jediný elipsoid, například na elipsoid WGS-84.

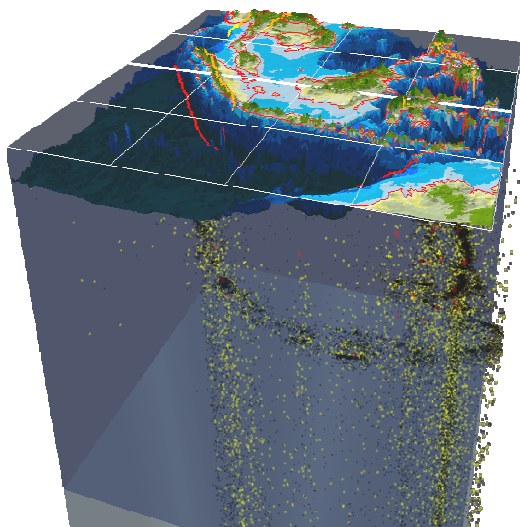


Obr.1 Na obrázku je znázorněn postup od výběru zvolené oblasti na zemském tělese (vlevo červeně) a následně v pravé části pomocí „zaostření“ na zvolenou oblast Sumatry. Bodově s barevným rozlišením jsou znázorněna hypocentra zemětřesení. $M > 7$ (červená), $M 3 - 7$ (žlutá), $M < 3$ (černá)

Základní vlastností a předností GIS a 3D vizualizace je schopnost plynule přecházet mezi lokálními a globálními měřítky. To ovšem vyžaduje, aby byla data vhodně zpracována. tzn. že musí mít:

- správně definován souřadnicový systém
- v prohlížeči nastavené mezní hranice, kdy data zobrazit a kdy nezobrazovat vzhledem k originálnímu měřítku dat a z toho vyplývající generalizace dat.

GIS umožňují provádět také výběr relevantních dat, pro zobrazení v daném měřítku. Tento problém je presentován na ukázce prostorového řešení seismologické aktivity oblasti Sumatry, kde na obr. 1 a 2 je postupně v různém měřítku (od nejmenšího po největší) znázorněna na základním podkladu zemského tělesa seismologická aktivita do roku 2000.



Obr.2 Menší prostorový obraz v 3D projekci ukazuje rozložení ohnisek zemětřesení ve směru pohledu JJZ-SSV.

Využitím programového vybavení lze pak volit libovolný směr pohledu a dále volit podrobnější (potřebné) měřítko k zisku nejnázornější představy o prostorové distribuci hypocenter.

Hornoslezské pánve [Vaš1]. Jedná se o oblast na severu ohraničenou Dětmarovickým zlomem, z jihu pak Bludovickým výmolem, z východu pásmem Michálkovičké poruchy a ze západu státní hranicí s Polskem. Jedná se o oblast přibližně mezi Karvinou, Petřvaldem a Havířovem. Je patrné, že jsou zde kladeny větší nároky na detailní znalost průběhu tektonických poruch a dalších významných vertikálních i horizontálních rozhraní. Rozdíly jsou patrné také ve vertikálním rozsahu sledované oblasti ve srovnání s globálními seismickými daty (hloubka je cca 1 km u lokálních dat vs. $n \times 10^1$ až 10^2 km u globálních dat).

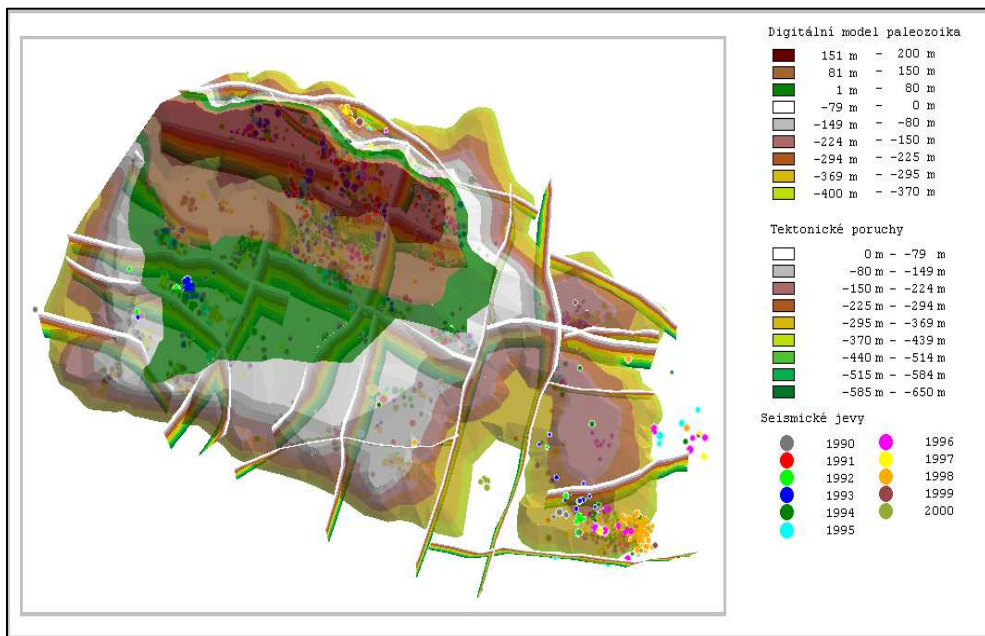
Je nutné upozornit, že i v případě vizualizace v lokálních měřítcích je nutné, vzhledem k omezení možností vizualizace geodat v prostředí GIS, provádět některá zjednodušení. Ta se týkají hlavně vizualizace povrchů. Povrchy tvořené z geodat ve většině programových prostředků GIS jsou tzv. 2.5 (tzn. 1 bodu o souřadnici X,Y může být přiděleno jen jedno Z).

Na obr. 3 je transparentní model paleozoika v 3D. Detailní pohled na seismicitu mezi zvolenými poruchami pak představuje obr. 4. Poslední podrobný pohled na časový postup vzniklých otřesů v závislosti na postupu porubu pak znázorňuje obr. 5. Jedná se o seismické jevy, k nimž docházelo v roce 1996.

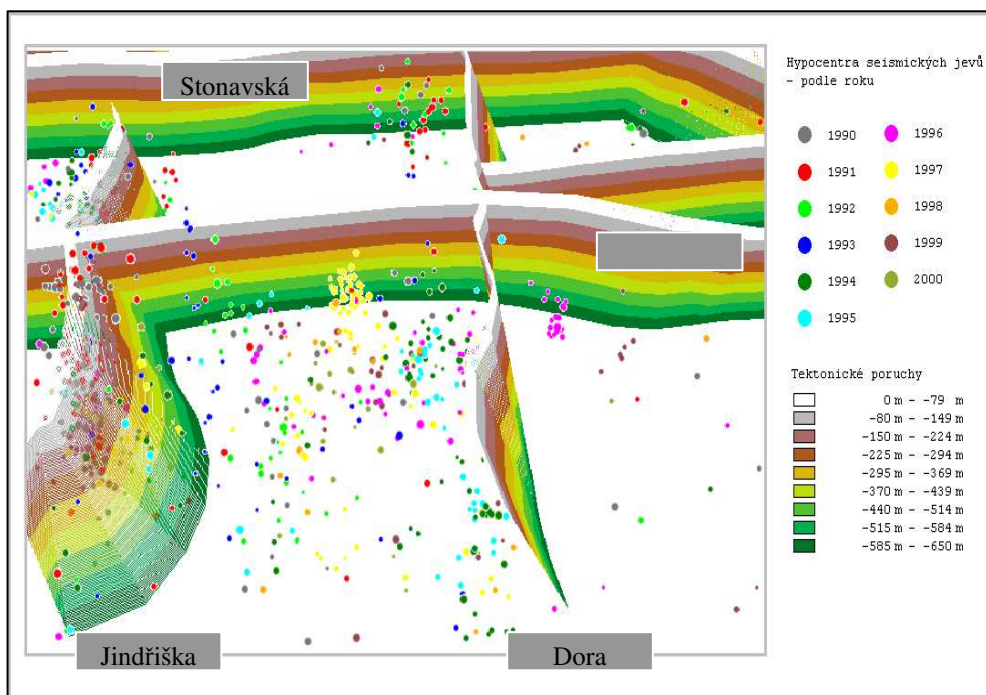
Dalším potenciálním problémem, kterému je nutné věnovat náležitou pozornost, je otázka ceny dat **topografického podkladu**. Zde dochází vzhledem k požadované úrovni detailu k nárůstu ceny z data. Lze říct, že obecně platí pravidlo: „Čím větší detail, tím větší náklady na data a jejich zpracování“. Například v našich podmínkách je nutné za přesnější data digitálního modelu reliéfu, jako je například reliéf v DMÚ25, zaplatit na rozdíl od globálních výškových dat, která jsou volně dostupná. Budeme-li se pak bavit o lokálních poruchách, pak se k ceně přidává problém dosažitelnosti potřebných dat. Data nejsou centrálně zpravována.

Postupným přiblížením si lze udělat základní představu o prostorové distribuci seismických jevů. Přiblížením se pak dostáváme na úroveň menších plošných a prostorových celků, v nichž je možné detailně sledovat seismologickou aktivitu ve 3D zobrazení. Další možností, mimo prostou vizualizaci seismických jevů, je užší výběr seismických jevů podle zvolených kritérií (například čas, hloubka, magnitudo, atd.), případně provádět další prostorové a matematické analýzy.

Při vizualizaci lokálních dat může dojít (a také dochází) ke značným změnám nejen v počtu sledovaných seismických událostí (z počtu statisíců se dostáváme k stovkám maximálně tisícům jevů), ale také ke změnám v množství a obsahu dat topografického podkladu. U topografického podkladu nevycházíme z globálních generalizovaných dat popisujících litosférické desky a hlavní zlomy, ale dostáváme se k relativně přesným datům popisujícím lokální situaci s větším detailem (lokální poruchy, geologie, atd.). Množství dat je pak závislé na míře detailů, které chceme zobrazit. To je dobře ilustrováno na vizualizaci seismologické aktivity (testovaný vzorek představuje seismické jevy z období 1990 – 2000 s energií větší než 10^4 J) české části



Obr.3 Obrazová sekvence (obr. 3 – 5) postupně poskytuje s využitím legendy prostorovou představu o seismicitě v popisované české části Hornoslezské pánve. Na obr. 4 je pak provedenou detailizací znázorněna seismologická aktivita mezi poruchami Stonavskou a Gabrielou (S-J) a Jindřiškou a Dorou (V-Z). Na obr. 5 pak je možné zcela názorně pozorovat časový vývoj vzniku otřesů v blízkosti konkrétní tektonické poruchy.

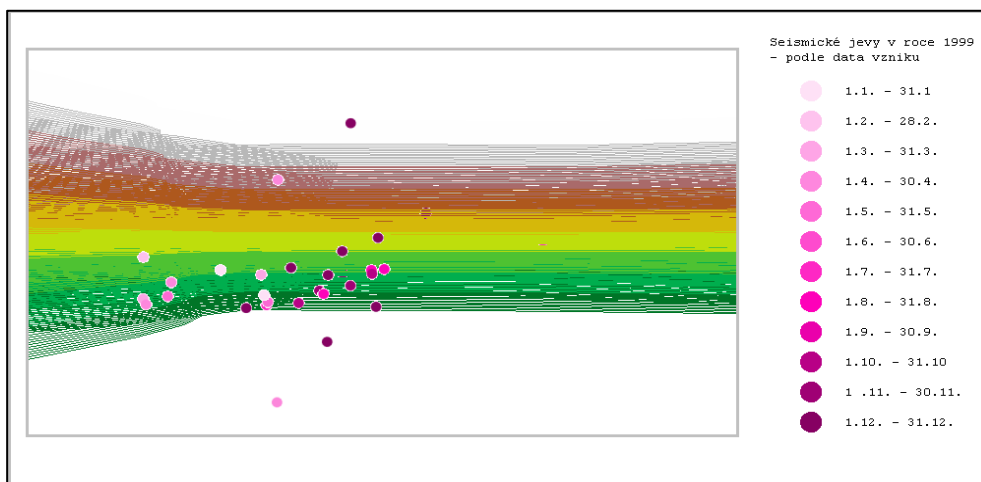


Obr.4

Dalším problémem lokálních dat může být nejednotný souřadnicový systém. Souřadnice mohou být vyjádřeny jak zeměpisnými souřadnicemi, tak rovinnými kartézskými souřadnicemi v různých projekcích. Je třeba sjednotit tyto rozdíly v souřadnicových systémech předtím, než může dojít k vizualizaci a případným analýzám dat.

Z hlediska rozměrnosti je možné v rámci GIS považovat za plně 3D (X,Y,Z) pouze seismické jevy, u všech ostatních dat jde pak o 2.5D (X,Y a Z je jen vlastností liniového, nebo plošného prvku). Při vizualizaci je pak nutné věnovat zvláštní péči znázorňování zlomů, které jsou ve své podstatě 3D. V GIS jsou však převáděny na 2.5D (generalizace, zjednodušení). Data vymezující hranice zájmových oblastí mohou být a zpravidla i jsou jen 2D (X,Y).

Rozměrnost samotné vizualizace lze chápat jako způsob zobrazení. 2D vizualizace odpovídá klasické mapě, ať už ve formě papírové nebo digitální. 3D odpovídá digitální vizualizaci s možností prohlížení scény z různých úhlů pohledu 4D odpovídá digitální vizualizaci 3D se zapojením časové složky. Například časoprostorový vývoj seismicity české části Hornoslezské pánve rok 1990-2000.



Obr.5

Pozor, zde rozměr není chápán zcela stejně, jako v případě geodat (absence 2.5D)! V současné době jsou zajímavé všechny tři typy vizualizace, je nutné však přiznat že 3D a 4D je mnohem atraktivnější a názornější než 2D.

2D vizualizace

V současnosti je zde široká podpora různých technologií pro 2D zobrazení dat, například mapových serverů (publikace geodat na webu), tvorba map na desktop aplikacích (lokální stanice s programovým vybavením a lokálními daty) nebo prosté publikování statického obrázku [<http://earthquake.usgs.gov/eqinthenews/2005/usweax/>].

Nevýhodou tohoto řešení je ztráta hloubky jako třetí souřadnice. Hloubka zkoumaného jevu je pak většinou vyjádřena barvou, popřípadě velikostí symbolu, textovým popiskem. Jako příklad lze uvést stránky [http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/mag8.html].

Vizualizace na základě využití mapového serveru má oproti statickému obrázku tu výhodu, že uživatel může provádět volbu informací, které mají být zobrazeny, má také volbu výřezu měřítka. Jsou-li dobře navrženy a vytvořeny postupy zpracování měřených (aktuálních) dat, může vizualizace probíhat automatickým způsobem nad vždy aktuálními daty. Řešení vizualizace pomocí mapového serveru, je možné doplnit také o vizualizaci řezů. Tato řešení však v současnosti nejsou příliš rozšířena.

V současnosti už jsou připravována řešení 3D vizualizace prostřednictvím mapových serverů.

3D vizualizace

Tento způsob vizualizace je mnohem atraktivnějším způsobem vizualizace takových prostorových dat, jako jsou například zde popisovaná zemětřesení. Je však již nutné rozlišovat dva způsoby vizualizace. Prvním způsobem je vizualizace dat zobrazených do roviny, většina 3D modulu komerčních aplikací tuto možnost má. Existuje také dostatek volně šiřitelných aplikací, které mají tyto funkce. Druhým způsobem pak je vizualizace na tzv. Globe. V současné době těchto aplikací mnoho není. Jako komerční příklad lze uvést modul ArcGlobe produktu ArcGIS 9 firmy ESRI. Ukázky v této práci byly vytvořeny právě v tomto prostředí. Existují také volně dostupná řešení jako například aplikace World Wind 1.3 [<http://worldwind.arc.nasa.gov/>], ale i v případě volně šiřitelných řešení je tento typ aplikací zatím ojedinělý. Aplikace World Wind vznikla v rámci projektu Digital Earth na půdě NASA.

Vizualizace dat zobrazených do roviny je realizovatelná s výše popsanými daty relativně jednoduše, a to ať v globálním či lokálním měřítku. Její základní znaky se vyznačují možností zobrazit jakýkoli objekt nad povrchem, na povrchu a pod povrchem. Tento způsob je vhodný pro zobrazení ve velkých měřítcích (např. 1:100 až 1:100000). Nástroje pro tento druh vizualizace jsou součástí velkého množství komerčních i volně šiřitelných aplikací GIS a technologie je dostatečně ověřená.

Nedostatkem tohoto způsobu vizualizace je pak nepřírozené zobrazování globálních dat (celý zemský povrch), značné zkreslení při kartografické projekci do roviny (v závislosti na zvoleném druhu projekce).

Naproti tomu vizualizace na Globe je poměrně nová jako prostředek vědecké vizualizace. Jako taková se prakticky neobjevuje v GIS aplikacích. Existují výjimky jako například ArcGIS 9, nebo program World Wind. Dá se očekávat, že se tento stav změní.

Možnosti programu World Wind jsou v současnosti prověřovány na pracovišti Institutu geoinformatiky VŠB -TU Ostrava.

4D vizualizace

Jako příklad aplikací, které umí tento typ vizualizace lze uvést:

- GRASS (Open Source)
- World Wind (volně ke stažení)
- ArcGIS (komerční aplikace)

V případě ArcGIS ale nelze hovořit o automatizovatelném zpracování dat a generování výsledku. Tato oblast vizualizace je stále záležitostí aplikací zaměřených na modelování a simulace procesů a jevů.

Závěr

V tomto článku je diskutována problematika grafické prezentace seismických jevů v různých měřítcích. Omezení týkající se dimenze zobrazovaných dat a vlastní technologie zobrazování. Ilustrace je provedena na české části Hornoslezské pánve (lokální měřítko) a na v poslední době mediálně známé části Jihovýchodní Asie – Sumatra (regionální měřítko).

Poděkování

Příspěvek vznikl za finanční podpory grantového projektu č. 205/03/0999.

Literatura

- [130] Svoboda, P. (2001): „3D GIS seismických jevů vybrané části OKR – analýza vazby seismicity na hlavní tektonické poruchy.“ Diplomová práce VŠB-TU Ostrava.
- [131] Vašíček, D. (2002): „GIS seismických jevů v Evropě.“ Bakalářská práce VŠB-TU Ostrava.

- [132] Hajný, P. (2004): „Možnosti GIS při tvorbě trojrozměrných map zemětřesení.“ Diplomová práce VŠB-TU Ostrava.
- [133] (---): <http://earthquake.usgs.gov/eqinthenews/2005/usweax/> - on-line 16.6.2005
- [134] (---): <http://www.isc.ac.uk/> - on-line 16.6.2005
- [135] (---): <http://www.isc.ac.uk/Bulletin/descrip.html> -on-line 16.6.2005
- [136] (---): <http://neic.usgs.gov/neis/qed> - on-line 16.6.2005
- [137] (---): http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/mag8.html - on-line 16.6.2005
- [138] (---): <http://worldwind.arc.nasa.gov/> - on-line 16.6.2005
- [139] (---): <http://www.esgs.gov> - on-line 16.6.2005

