

## GRASS jako pomůcka při výuce GIS a DPZ

Martin Landa  
1. prosince 2004

České vysoké učení technické – ČVUT v Praze  
Fakulta stavební, katedra mapování a kartografie  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice

web: <http://gama.fsv.cvut.cz/~landa>  
e-mail: [landa@gama.fsv.cvut.cz](mailto:landa@gama.fsv.cvut.cz)

### Abstrakt

GIS GRASS [2] je typickým představitelem free/open-source softwaru publikovaného pod licencí GNU GPL [1]. Postupem času se stal velmi oblíbeným a vyhledávaným nástrojem především v akademickém prostředí. V poslední době proniká razantně také do sektoru soukromého, tj. firemního jako alternativa k velmi drahým proprietárním GISům. Právě poměr funkcionality a ceny by mohl být rozhodující pro širší nasazení GRASSu i v prostředí českých vysokých škol.

Otázka ceny je jednoduchá – ve své podstatě je zdarma. Přičemž širší problémů, které lze s GRASSem řešit je obrovská. Systém má modulární, tj. velmi flexibilní strukturu. A co je důležité – nefunguje na principu „černé skříňky“ – uživatel má možnost studia na nejnižší myslitelné úrovni – na úrovni zdrojového kódu. Toto privilegium je samozřejmé – je dáno licencí GNU GPL. Navíc existuje velmi slušná a relativně rozsáhlá dokumentace.

Tyto aspekty hrály významnou roli při prvním pokusu využít GRASS jako plnohodnotný nástroj při regulérní výuce na katedře mapování a kartografie [15] (ČVUT v Praze, Fakulta stavební). Došlo k tomu během zimního semestru 2003/2004 v rámci volitelného předmětu *Zpracování obrazových záznamů v DPZ*. Byl tedy využit pouze zlomek možností, které GRASS nabízí. Studenti primárně pracovali s moduly určenými pro zpracování rastrových a obrazových dat.

Do budoucna se počítá s testováním GRASSu při výuce GIS s důrazem na vektorová data a jejich zpracování. Tady je potřeba striktně oddělit stabilní (GRASS 5.4), resp. testovací (GRASS 5.5) větve od větve experimentální (GRASS 5.7). GRASS 5.4 používá starý formát 2D vektorových dat, který neumožňuje další vývoj. Za největší nevýhodu lze považovat možnost uložení pouze *jednoho* atributu na vektorový element. Navíc modul určený pro vektorizaci pracuje s konzolově orientovaným ovládacím panelem, který může být pro mnoho studentů nepřekonatelnou překážkou.

GRASS 5.7 na rozdíl od svého předchůdce disponuje zcela novým vektorovým formátem, který vedle 2D podporuje i 3D vektorová data [16]. Samozřejmě došlo i na možnost uložení atributů v externím DBMS (PostgreSQL, MySQL, ODBC, dBase). Nedávno vznikla celá řada modulů umožňující provádět např. síťové analýzy. Tyto nové prvky mohou významně pomoci k širšímu prosazení GRASSu při výuce GIS, kde bývá velmi často kladen důraz právě na správu dat vektorových.

## Abstract

GRASS GIS [2] epitomizes a free/open-source software published under GNU GPL [1] license. It became very popular and much-sought-for above all in academic environment. In addition, many private companies are going to use GRASS instead of the very expensive proprietary GIS. Very good ratio between capabilities and price might be decisive for larger assignment of GRASS at Czech universities.

Price question is simple – in its substance it is free of charge. Whereas it is possible to use GRASS for solving various problems. System has modular, i.e. very flexible structure. And what is very important – there is no limitation. User is allowed to study software on the lowest thinkable level – its source code. This privilege is based on GNU GPL license. In addition, relatively extensive documentation is available.

These aspects have been very important for using GRASS as full-value tool in GIS lessons teaching by Department of Mapping and Cartography [15] (CTU in Prague, Faculty of Civil Engineering). GRASS has been used in *Image data processing* course (autumn semester 2003/2004). Students have exploit only part of capabilities which GRASS offers. They primarily have worked with raster and imagery modules.

There is possibility to use GRASS software in GIS lessons with emphasis on vector data and their processing. It is necessary to distinguish between stable or testing branch (GRASS 5.4 or GRASS 5.5) and experimental branch (GRASS 5.7). GRASS 5.4 use old 2D vector engine, which is relatively out of date. There is the huge disadvantage – it is possible to store only *one* attribute for vector element. In addition, a program used for vector digitizing, editing, labeling consists of a multiple menu-driven environment that can be very difficult to use for many students.

GRASS 5.7 has many new features. The improvements of the vector architecture cover the new 3D [16] multiattribute, multilayer vector library. Also DBMS (SQL based interface for PostgreSQL, MySQL, ODBC, dBase) is integral part of the system. Many new programs have been developed, for example shortest path vector networking. This can be very useful for GIS lessons based on vector data management.

## 1 Velmi jemný úvod do GRASSu

GRASS je především *topologický* GIS.

Thierry Laronde: „There are enough people who already make the very same things. Let the evolving GRASS still be what it is: a topological GIS. Do not make the same errors as other, make our own ;)“

GIS GRASS (*Geographical Resources Analysis Support System*) můžeme specifikovat jako geografický informační systém určený pro správu geoprostorových dat (rastrových a vektorových), obrazových záznamů (družicových i leteckých snímků), produkci vysoce kvalitní grafiky, prostorové modelování a vizualizaci dat.

Jedná se o free/open-source [13] software publikovaný pod licencí *GNU General Public License (GNU GPL)* [1]. GRASS je napsán (téměř kompletně) v programovacím jazyce C a s přibližně 1.5 milionem řádků zdrojového kódu patří k nejrozsáhlejším open source projektům na světě.

## 1.1 GRASS včera, dnes a zítra

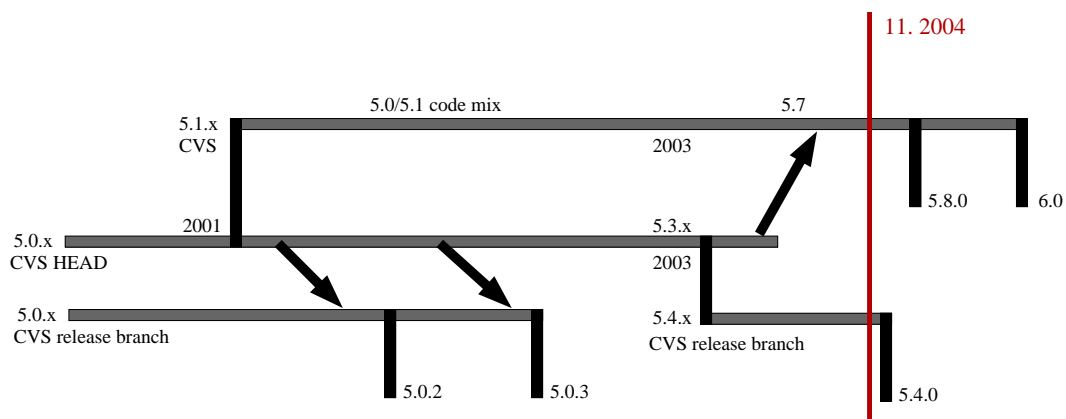
GRASS má za sebou velmi bohatou a svým způsobem i vzrušující historii, která sahá až do 80-tých let. Na jeho vývoji se zpočátku podílela celá řada státních organizací, univerzit, jednotlivců či soukromých společností, především z U.S.A.

Projekt později získal oficiální záštitu *United States Army Construction Engineering Research Laboratories (USA-CERL)* a byl dále vyvíjen jako nástroj pro uzemní správu a plánování primárně určený pro americkou armádu. USA-CERL publikoval roku 1992 verzi GRASS 4.1, v roce 1995 se vzdal jeho dalšího vývoje a nabídl jeho kompletní zdrojový kód široké komunitě.

Tento krok rozhodně neznamenal pro GRASS zánik, ba naopak, krátce poté, v roce 1997, byla na Baylor University připravena nová verze – GRASS 4.2. V následujících letech byla přidána řada nových modulů. Vše vyvrcholilo v roce 1998, kdy byl již pod dohledem Markuse Netelera vydán GRASS 4.2.1.

Zlomovým datem se stal 6. říjen 1999, kdy byl vydán GRASS 5.0 již nově pod licencí GNU GPL. To vše za úzké spolupráce Baylor University a koordinátora celého projektu Markuse Netelera. Během tohoto roku se pomalu zformoval *GRASS Development Team*, jak jinak než pod vedením Netelera. V současnosti jde přibližně o 20–30 osob s poměrně bohatou českou a slovenskou účastí. Na tomto místě lze vyzdvihnout zásluhy Radima Blažka, který v podstatě stojí za aplikací nového nativního vektorového formátu navrženého pro GRASS 5.7.

Vývojáři se přibližně před rokem rozhodli k relativně razantnímu přecíslování jednotlivých verzí GRASSu. Tento krok mohl u některých uživatelů vyvolat určité zmatení. Je však nutno podotknout, že toto přecíslování lze po čase hodnotit jako smysluplné a koneckonců i vhodné (viz. obr. 1).



Obrázek 1: GRASS roadmap

## 1.2 Instalace

Podporována je celá řada platforem od Intel x86 přes Sun SPARC až po HP PA-RISC – v tomto ohledu je prostor dostatečně široký. Podobná situace je u podporovaných operačních systémů zahrnující (samozřejmě) Linux/Intel, Linux/PowerPC, Solaris/SPARC, Solaris/i86,

Mac OS X a Windows NT/Cygwin.

Při samotné instalaci lze využít předkompilované (binární) balíčky (více na oficiálních stránkách GRASSu [2], sekce „Download Software“, nebo binární balíček z Vaší oblíbené distribuce GNU/Linuxu). Máte však přirozeně možnost stáhnout kompletní zdrojový kód (garantováno licencí GNU GPL) a zkompilovat GRASS vlastními silami.

Kompilace zdrojového kódu je přirozeně výhodnější – GRASS je ušit „na míru“ Vašeho hardwaru a navíc máte šanci ovlivnit, které moduly bude a nebude GRASS obsahovat. Lze tak postavit systém úzce specializovaný pouze na vybranou činnost. Samotná kompilace je relativně jednoduchá. Je však nutno nainstalovat všechny povinné (či volitelné) závislosti (např. knihovny), které některé moduly GRASSu pro svůj běh niterně vyžadují.

Problematika instalace (či kompilace) GRASSu však není předmětem tohoto příspěvku – v případě jakýchkoliv nesnází bez zdráhání využijte československé e-mailové konference, více informací naleznete na stránkách *Českého sdružení uživatelů GISu GRASS* [3], sekce „CS e-konference“.

### 1.3 V říší verzí

V současné době (stav k listopadu 2004) jsou k dispozici tyto větve GRASSu:

- GRASS 4.0, 4.1, 4.3, 5.0 – zastaralé, nelze doporučit.
- GRASS 5.4 – zveřejněn na počátku listopadu jako stabilní verze (nástupce GRASS 5.0.3).
- „experimentální“ GRASS 5.7 – asi nejznatelnějším vylepšením je zcela nový nativní vektorový formát a kompletně přepsané moduly pro zpracování vektorových dat. Rozhodně se nebojte přízviska „experimentální“, GRASS 5.7 za vyzkoušení rozhodně stojí!

## 2 Praktická zkušenost: Zpracování obrazových záznamů v DPZ

„Zpracování obrazových záznamů v DPZ“ je volitelným předmětem vyučovaným na katedře mapování a kartografie [15] ČVUT v Praze, Fakulta stavební.

*Oficiální anotace předmětu:* Formulace přímé a obrácené úlohy DPZ. Rektifikace a restaurace obrazu, geometrické a radiometrické korekce. Techniky zvýraznění obrazu – filtry, konvoluce, Fourierova analýza, texturová filtrace, aj. Klasifikace řízená a neřízená, neuronové sítě, přesnost klasifikace. Radarová analýza, geometrie a princip záznamu radarových dat. Interpretace a zpracování radarových dat, korekce, klasifikace a stereosnímky. Analogové a digitální výstupy. Letecká a družicová fotografie, její interpretace.

GRASS byl využit jako plnohodnotný nástroj právě na cvičeních k tomuto předmětu (v zimním semestru 2003/2004 a aktuálně i 2004/2005). Šlo o první podobné nasazení GRASSu v rámci oboru geodzie a kartografie a pravděpodobně i na celé stavební fakultě ČVUT v Praze. A to především zásluhou ing. Vojtěcha Honzíka za nezbytné podpory ing. Leny Halounové, CSc.

Výuka probíhala pod operačním systémem *Debian GNU/Linux* (nainstalován GRASS 5.0), což řadě studentů na prvních cvičeních činilo druhotné komplikace. V tomto ohledu se situace na výše zmíněném oboru „nepatrně“ změnila – do studijního plánu (1.semestr) byl zařazen povinný předmět „Informatika 1“, kde se probírají právě základy práce s operačním systémem GNU/Linux.

Náplň cvičení dovoľovala použít již v té době poměrně zastaralý GRASS 5.0. Studenti totiž pracovali primárně s rastrovými daty či družicovými snímky. V tomto ohledu GRASS 5.0 neznamenal žádné výraznější omezení.

Na úvod byli studenti seznámeni s filozofií GRASSu – jako *svobodného* softwaru následovanou popisem jednotlivých skupin příkazů GRASSu (viz. tab. 1).

Je vhodné poznamenat, že bylo preferováno volání jednotlivých modulů z příkazové řádky. Studenti tak mohli snadno listovat v historii příkazů, zpětně je vyvolat, jemně pozměnit parametry a znovu aplikovat. Tento způsob práce byl však pouze doporučen, část studentů tak využívala i možností grafického uživatelského prostředí „TclTkGRASS“. Rozvržení plochy GRASSu ukazuje obr. 2.

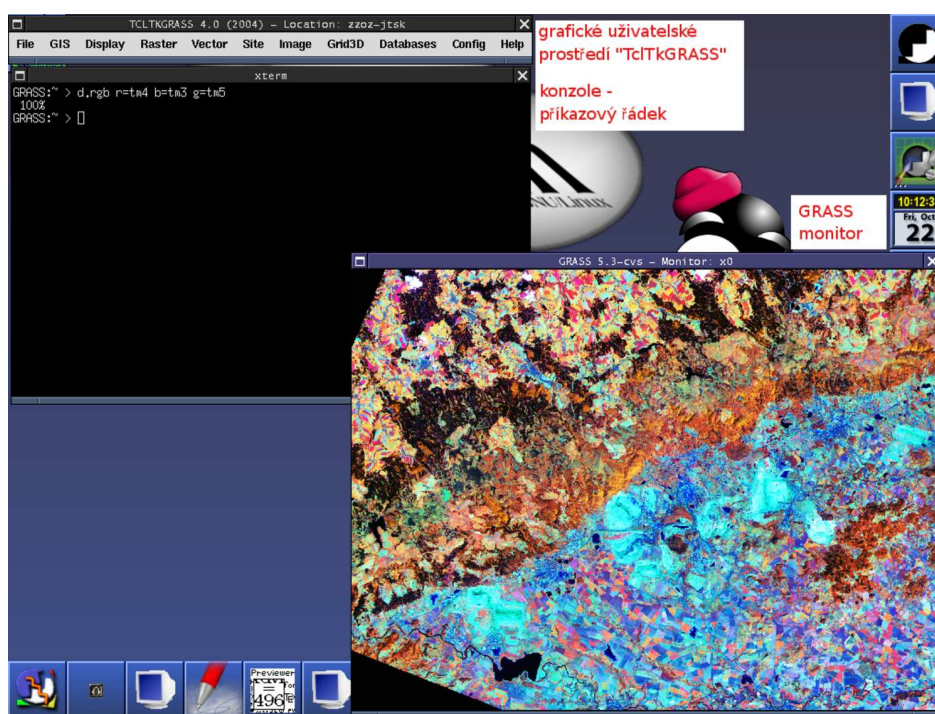
Jako datový podklad pro jednotlivé úlohy sloužil dataset `zoz-jtsk`, který obsahoval následující data:

- družicové snímky Landsat 5 TM, kanály 1 až 7 (`tm1` - `tm7`) pokrývající oblast hnědouhelných pánví v severních Čechách
- družicová data Spot, tři kanály z oblasti střední Moravy
- dva radarové snímky také z oblasti střední Moravy
- vektorové vrstvy – silniční (`silnice`), železniční (`zelez`) síť, vodní toky a plochy (`voda`) korespondující s družicovými snímky Landsat

Tabulka 1: Třídy příkazů GRASSu

předpona	třída	krátký popis
<code>db.*</code>	database	práce s externími databázovými systémy
<code>d.*</code>	display	grafické výstupy a vizuální dotazy
<code>g.*</code>	general	obecné příkazy pro manipulaci s daty
<code>r3.*</code>	grid 3D	zpracování 3D rastrových dat (volume)
<code>i.*</code>	imagery	zpracování obrazových dat
<code>m.*</code>	misc	různé příkazy
<code>p.*</code>	paint	příkazy určené pro tvorbu mapových výstupů
<code>photo.*</code>	photo	práce s leteckými snímky
<code>ps.*</code>	postscript	příkazy pro tvorbu map ve formátu PostScript
<code>r.*</code>	raster	zpracování rastrových dat
<code>s.*</code>	sites	zpracování bodových dat <sup>1</sup>
<code>v.*</code>	vector	zpracování vektorových dat

<sup>1</sup>Speciální formát pro bodová data není v GRASSu 5.7 podporován.



Obrázek 2: Pracovní plocha GRASSu

Dodatečně se ještě využil i testovací dataset *spearfish* z oficiálních stránek GRASSu [2].

Studenti se nejprve naučili efektivně pracovat s jednotlivými GRASS monitory (modul *d.mon*), nastavovat *region* (tj. území, které se zobrazí v aktuálním GRASS monitoru) – modul *g.region*. Dalším ostře sledovaným modulem byl *d.rast* sloužící k zobrazení rastrových, resp. obrazových dat v aktuálním GRASS monitoru. Podobně tomu bylo i u modulu *d.vect* pro zobrazení dat vektorových. Studenti tak byli schopni korektně zobrazit veškerá data obsažená v datasetu *zzoz-jtsk*.

V další fázi byli studenti seznámeni s pojmem *tabulka barev* a prakticky si vyzkoušeli její nastavení (předdefinované i vlastní). Jinými slovy pracovali s modulem *r.colors*. Při této příležitosti byl objasněn i princip *histogramu* a jeho zobrazení v prostředí GRASSu (modul *d.histogram*).

Na řadu přišla i tvorba *barevné syntézy* (skládání pásem) – princip, praktické využití jednotlivých kombinací. Studenti se tak blíže seznámili s moduly *d.rgb* a *r.composite*.

Dále bylo zaostřeno na *zvýraznění obrazu* metodou *filtrace*. Na základě teoretických znalostí si studenti vyzkoušeli aplikovat rozličné filtry (s nízkou a vysokou propustností, různé operátory pro detekci hran, ostřicí operátory, prahování, atd.). K tomu používali většinou modul *r.mfilter* a „všemocný“ *r.mapcalc*.

Studenti se tak nezávazně seznámili s pojmem *rastrová algebra* a otestovali její možnosti právě pomocí modulu *r.mapcalc*. Jednoduchou aplikací tohoto modulu může být například

výpočet *vegetačního indexu* podle dobře známého vztahu:

$$NDVI = \frac{TM_4 - TM_3}{TM_4 + TM_3} \quad (1)$$

V řeči GRASSu vypadá „zápis“ asi takto:

```
GRASS:~ > r.mapcalc 'ndvi=1.0*(tm4-tm3)/(tm4+tm3)'
```

GRASS umí velmi dobře i *Fourierovu transformaci*, o čemž se mohli studenti přesvědčit na vlastní kůži. Tato metoda byla využita pro odstranění případných šumů obsažených v satelitních datech, které lze identifikovat ve Fourierově spektru jako viditelné pruhy.

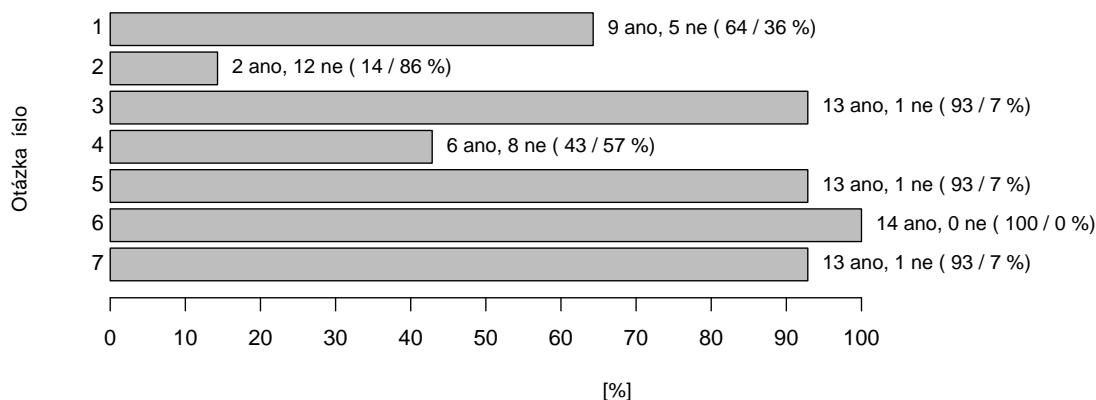
Nejprve tedy studenti vytvořili data ve Fourierově spektru pomocí modulu (*i.fft*). Po zobrazení těchto dat (např. reálné části Fourierova spektra) bylo možné rozpoznat pruhy, které byly posléze „maskovány“. Příslušná maska byla vytvořena pomocí modulu *r.digit*. Studenti se tak poprvé seznámili s možností vektorizace, v tomto případě s přímým vytvořením rastrové mapy. V tomto okamžiku byl přirozeně osvětlen i pojem *maska*, *maskování*, její vytvoření a manipulace v GRASSu (modul *r.mask*). Po úspěšné aplikaci masky mohli studenti spustit modul pro *inverzní Fourierovu transformaci* (*i.ifft*) a zobrazit i výsledný modifikovaný snímek. Nakonec byl vytvořen rastrový soubor obsahující rozdíl původních a transformovaných dat a na základě něho byla zhodnocena i celá úloha.

Závěrečná látka se dotýkala problematiky *klasifikace* – neřízené a řízené. Princip neřízené, resp. řízené klasifikace byl demonstrován na praktickém příkladu. Studenti tak poznali obě metody v praktické rovině. Před samotnou klasifikací bylo nutno vytvořit *skupinu* obsahující „vstupní“ obrazová data. Řeč přišla na modul *i.group*.

V případě *neřízené* klasifikace byli studenti nejprve seznámeni s parametry (minimální velikost třídy, minimální dělení třídy, procentuální konvergence, maximální počet iterací a vytvoření bloků) modulu *i.cluster*. Tento modul vytvoří soubor důležitý pro další výpočty a také informační soubor (tzv. „report file“). Lze tak při různém nastavení parametrů sledovat příslušné změny. Dále bylo využito metody (statistického klasifikačního pravidla) „Maximum-Likelihood“, tj. modulu *i.maxlik*. Vstupním parametrem je soubor vytvořený modulem *i.cluster* a výstupem naopak soubor obsahující klasifikovaný snímek a „zamítací soubor“, který reprezentuje chyby vzniklé při přiřazení pixelu k dané třídě. Studenti si posléze oba rastrové mapy zobrazili (a pečlivě prostudovali) na monitoru.

Podobně se postupovalo i při praktické demonstraci *řízené* klasifikace. Kromě skupiny obrazových dat byla vytvořena i barevná syntéza (modul *i.composite*), která později pomohla při výběru vhodných trénovacích ploch. Tento krok lze provést přímo pomocí (*i.class*), či nepřímo pomocí standardních modulů (*r.digit* a *v.digit*) určených pro vektorizaci. Studenti využili přímé cesty a pracovali výhradně s modulem *i.class*. Po vytvoření trénovacího souboru a výpočtu příznaků pro jednotlivé třídy přišel opět na scénu dobře známý modul *i.maxlik*, který vytvořil výsledný klasifikovaný snímek.

Na posledním cvičení měli studenti možnost vyplnit připravený dotazník. Na tomto místě si dovoluji uvést „zkomprimovaný“ výsledek této ankety (obr. 3) s důrazem na pozitivní a negativní stránky cvičení – z pohledu studentů.



Obrázek 3: Výsledek ankety k předmětu ZZ03/04

Otázka číslo	
1	Setkali jste se s OS (operační systém) GNU/Linux na tomto cvičení poprvé?
2	Znemožňovala Vám případná neznalost práce v tomto OS pochopit látku probíranou na cvičeních?
3	Myslíte si, že je GIS GRASS využitelný při výuce na FSV? A to jak při DPZ a GIS?
4	Domníváte se, že byste dané látce porozuměli lépe při nasazení nějakého proprietárního software pod OS Windows?
5	Vnímali jste cvičení jako přirozený a praktický doplněk k přednáškám?
6	Považujete náplň cvičení za dostačující či vyváženou?
7	Pokud byste věděli co Vás na cvičení čeká, zapsali byste si ho?

### 3 Výhledově: GRASS při výuce GIS

GRASS nelze srovnávat s ostatními GISy, které jsou v drtivé většině „uzavřené“, proprietární. Má zase sebou poměrně dlouhý vývoj (téměř 25 let). Postupem času se vyléčil z dětských nemocí a stal se ve svém oboru velmi silným hráčem. Zachoval si však svoji tvář.

Při praktickém nasazení je nutno uvážit pod jakým operačním systémem (OS) budete GRASS provozovat. Jednoznačně lze doporučit GNU/Linux (jde o primární OS GRASSu) – vyhnete se tak řadě problémů. Alternativně lze GRASS provozovat pod všemi podporovanými operačními systémy jako např. MS Windows či Mac OS X.

V druhé fázi je záhodno zvážit jakou verzi GRASSu použít – což do jisté míry může záviset na povaze a náplni výuky. Obecně lze doporučit kombinaci GRASS 5.4 + 5.7. GRASS 5.7 se vyplatí především při práci s vektorovými daty, bohužel však nebyly do této doby z větve 5.3 portovány všechny funkční nástroje. Proto je vhodné provozovat současně obě dvě verze. Je to poněkud krkolomné, ale GRASS 5.7 za to stojí. Doufejme, že se časem tato situace změní a GRASS 5.7(6.0) se stane zcela soběstačným. Nic není tak růžové, jak se může zdát.

GRASS se pomalu ale jistě stává *hybridním* GISem. Toto tvrzení lze opřít o nové vlastnosti

GRASSu 5.7. Dřívější verze GRASSu byly zaměřeny především na zpracování a vizualizaci dat rastrových. Možnosti zpracování vektorových dat byly poměrně omezené a nástroje částečně zastaralé. Nutno však podotknout, že právě v oblasti rastrových GISů překonává řadu velmi drahých proprietárních systémů.

GRASS je free/open-source software. Tato *otevřenost* se netýká pouze zdrojového kódu, dokumentace, ale např. také vnitřní struktury uložených geografických dat. Studenti tak mají možnost se s touto logickou a *komplexní* strukturou podrobně seznámit.

Všechna data, ke kterým GRASS přistupuje, jsou uložena v jednom adresáři (proměnná \$GISDBASE). Tento adresář obsahuje jednotlivé *lokace* (*location*). Lokace zahrnuje data, která mají souvislost s daným projektem (v našem případě např. *gis-vyuca*). Lokace je dána souřadnicovým systémem (kartografickým zobrazením) a velikostí zájmového území. Lokace obsahuje podadresáře – *mapsety* (*mapsets*), které mohou být spojeny s určitým podprojektem nebo uživatelem (to v případě, že na projektu pracuje více lidí). Základním mapsetem je „PERMANENT“. Je přirozené, že i jednotlivé mapsety mají svojí hierarchickou strukturu (rastrová, vektorová data, skupiny, atd). Znalost této vnitřní struktury je velmi užitečná a výhodná při řešení celé řady úloh.

GRASS lze ovládat jak z příkazové řádky (velmi silnou zbraní mohou být skripty), tak z grafického uživatelského prostředí (GUI) „TclTkGRASS“. GRASS 5.7 navíc obsahuje „GIS Manager“ (modul *d.m.*, viz. obr. 4), díky němuž může být práce v GRASSu efektivnější především v oblasti vizualizace jednotlivých datových vrstev.

### 3.1 Rastrová data

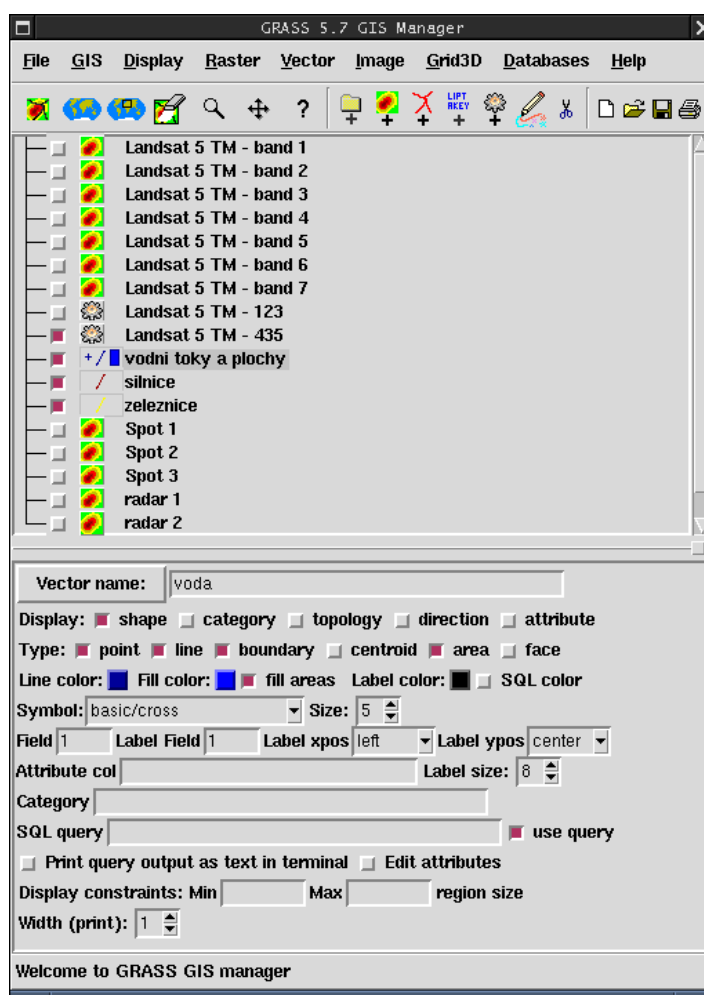
Zpracování rastrových dat je dlouhodobě silnou stránkou GRASSu. GRASS 5.3/5.4 obsahuje celkem 149 modulů určených pro jejich správu, z toho 108 již bylo portováno do GRASSu 5.7.

Z tohoto pohledu by neměl vyvstat vážnější problém. GRASS navíc podporuje i 3D rastrová data (*voxel*, skupina příkazů *r3.\**), více informací na [4]. Import, resp. export do externích rastrových formátů je díky modulu *r.in/out.gdal* bezproblémový. Tento modul využívá dobře známou knihovnu GDAL [6], která podporuje skutečně velký počet rastrových formátů (více informací najdete na [7]).

Jak bylo dříve uvedeno, možnosti zpracování rastrových dat jsou v GRASSu opravdu bohaté, zdůrazníme tedy pouze některé.

GRASS přirozeně obsahuje moduly umožňující konverzi mezi rastrovým a vektorovým formátem (*r.to.vect* a *v.to.rast*). Studenti tak mohou na základě praktických zkušeností posoudit výhody a nevýhody obou datových formátů a jejich případné využití.

*Mapová algebra* je v GRASSu zastoupena modulem *r.mapcalc*. Za poznámku stojí fakt, že jednotlivé rastrové mapy umístěné v mapsetu mohou mít individuální rozlišení. Před jejich vytvořením se jednoduše změní rozlišení pomocí modulu *g.region*. Podobně lze velmi snadno vytvářet i jednotlivé výřezy rastrové mapy pouhou změnou regionu a posléze aplikací *r.mapcalc*. Všechny kroky jsou dobře viditelné a uživatel, tj. student, má možnost plné kontroly.



Obrázek 4: Nový „GIS Manager“ v GRASSu 5.7

Velmi zajímavým tématem může být interpolace, v GRASSu jsou k dispozici algoritmy RST (Regular Spline with Tension) – `v.surf.rst` a IDW (Inverse Distance Weighted) – `r.surf.idw`. Navíc modul `v.surf.rst` obsahuje řadu zajímavých parametrů, které přímo ovlivňují vlastnosti vygenerované plochy.

Nabízí se tak např. vytvoření digitálního výškového modelu (DEM) z existující vektorové vrstvy vrstevnic. Či naopak z existujícího DEM vytvořit vektorovou vrstvu obsahující vrstevnice ve zvoleném intervalu (modul `r.contour`). Zajímavou úlohou může být výpočet viditelnosti ze zvoleného stanoviska (`r.los`).

Jednou z dalších úloh mohou být např. *hydrologické* analýzy. Z digitálního modelu terénu tak můžeme vytvořit mapu *hustoty povrchového odtoku*, či mapu povodí a rozvodí. Jako příklad lze uvést modul `r.water.fea` určený pro komplexní hydrologické simulace.

Možnosti, které GRASS v oblasti rastrových dat poskytuje, jsou skutečně nadmíru bohaté a pro výuku GIS (v obecné rovině) dostačující. Pro pokročilé studenty může být „bonbónkem“ úvod do problematiky 3D rastrových dat a základy jejich zpracování.

### 3.2 V zajištění vektorových dat

GRASS <=5.4 disponuje poměrně zajímavými nástroji pro zpracování vektorových dat. Je však nutné poznamenat, že zde existují poměrně nepříjemná omezení (např. pouze jeden atribut na vektorový prvek), která přímo vybízejí k nasazení GRASSu 5.7.

Co tedy GRASS 5.7 oproti svému předchůdci nabízí nového? Především byla implementovaná nová vektorová knihovna a s tím související nativní vektorový formát. Takovéto zásadní změny přirozeně znamenaly nutnost přepsání všech existujících modulů v.\*. Většina z nich již byla přepsána a lze říci, že jejich funkcionalita je na velmi vysoké úrovni.

Zdůrazníme si tedy hlavní změny, které na tomto poli GRASS 5.7 přináší.

**Geometrie:** Nová vektorová knihovna podporuje *multiformát*, tzn. externí datové formáty bez nutnosti jejich konverze do nativního GRASS formátu. Tuto vlastnost zabezpečuje integrovaná knihovna OGR (součást knihovny GDAL), jmenovitě jde o modul v.*external*. V neposlední řadě byl také implementován *prostorový index* (modul v.*build*).

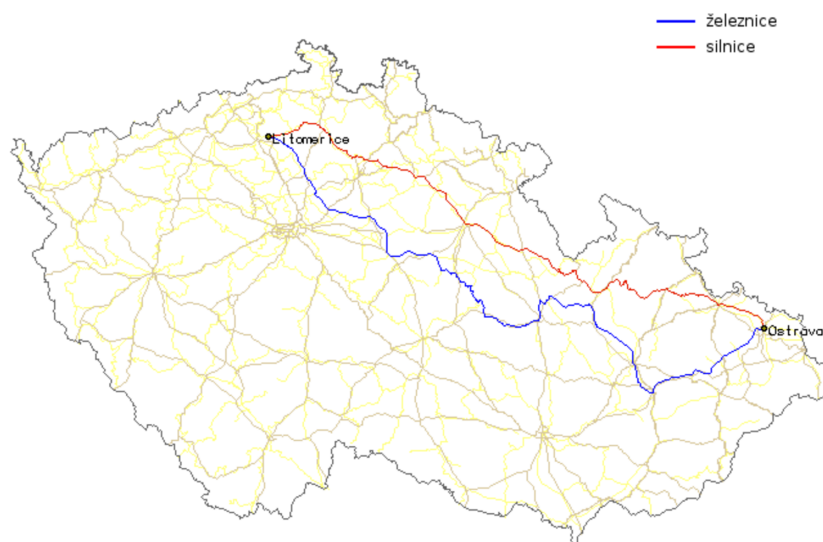
**Atributová data:** Na druhé straně byla *radikálně* vylepšena podpora atributových, tj. popisných dat. Tato data mohou být uložena v databázových systémech (DBMS) podporující strukturovaný dotazovací jazyk (SQL). Konkrétně lze atributová data skladovat ve formátu dBase (soubory dbf), a nebo lépe v externím databázovém systému (PostgreSQL, MySQL, atd.) – toto řešení přináší přirozeně řadu výhod.

Zajímavou vlastností je možnost připojit k vektorové vrstvě hned *několik* různých databázových tabulek (např. první k bodům (křížovatky) a druhou k liniím (komunikace) ve vektorové mapě silnice).

**2D/3D vektorový formát:** Zcela novou vlastností je podpora 3D vektorových dat a jejich vizualizace nástrojem NVIZ, který je interní součástí systému GRASS.

**Síťové analýzy:** Jde o podskupinu příkazů v.*net\** postavených na knihovně *DGLIB* (Directed Graph Library) [9].

- v.*net* – údržba vektorové sítě
- v.*net.alloc* – vytvoří podsíť korespondující s daným prvkem, resp. prvky. Jako příklad můžeme uvést vytvoření spádových oblastí jednotlivých školních zařízení.
- v.*net.iso* – výpočet dostupnosti prvku, resp. prvků v rámci vektorové sítě. Ukázkovou úlohou může být dostupnost vybraných škol (do zvolené vzdálenosti, resp. vzdáleností) řešená v rámci sítě ulic.
- v.*net.path* – nalezení nejkratší cesty. Váha může být přiřazena jak liniím (délka či atribut – možnost rozlišení směru), tak jednotlivým uzlům sítě. Takto lze například najít „nejrychlejší“ cestu, kdy zvolíme jako váhu „délka linie/rychlostní limit“. Na obr. 5 můžete vidět ukázkovou aplikaci tohoto modulu – nalezení nejkratší cesty z Litoměřic do Ostravy po silnici (červená barva) a železnici (modrá barva).
- v.*net.salesman* – jak název napovídá jde o řešení dobře známého „problému obchodního cestujícího“.
- v.*net.steiner* – v terminologii teorie grafů se jedná o úlohu „minimální Steinerův strom“.



Obrázek 5: Nejkratší cesta z Litoměřic do Ostravy po silnici a železnici

- **d.path** – pomocí tohoto modulu lze zobrazit nejkratší cestu přímo v GRASS monitoru bez nutnosti vytvářet novou vektorovou mapu. Váhou jednotlivých linií může být jejich délka či zvolený atribut.

**GUI pro modul v.digit:** Připomeňme si pouze, že modul `v.digit` slouží pro vektorizaci. Při výuce GIS se velmi často ručně vektorizuje, přičemž se studenti seznamují s principy a „zlatými pravidly“ tohoto procesu. Výše zmíněný modul se v GRASSu 5.3/5.4 ovládá pomocí textově orientovaného menu, což může řadě studentů činit nepřekonatelné problémy. GRASS 5.7 přišel s nově navrženým *grafickým uživatelským prostředím* (GUI) pro `v.digit`. Pro drtivou většinu studentů (uživatelů) je toto řešení rozhodně vhodnější, jde o jakési zvýšení uživatelského komfortu. Bohužel však v porovnání se svým předchůdcem neobsahuje některé užitečné funkce – jako například hromadné mazání prvků.

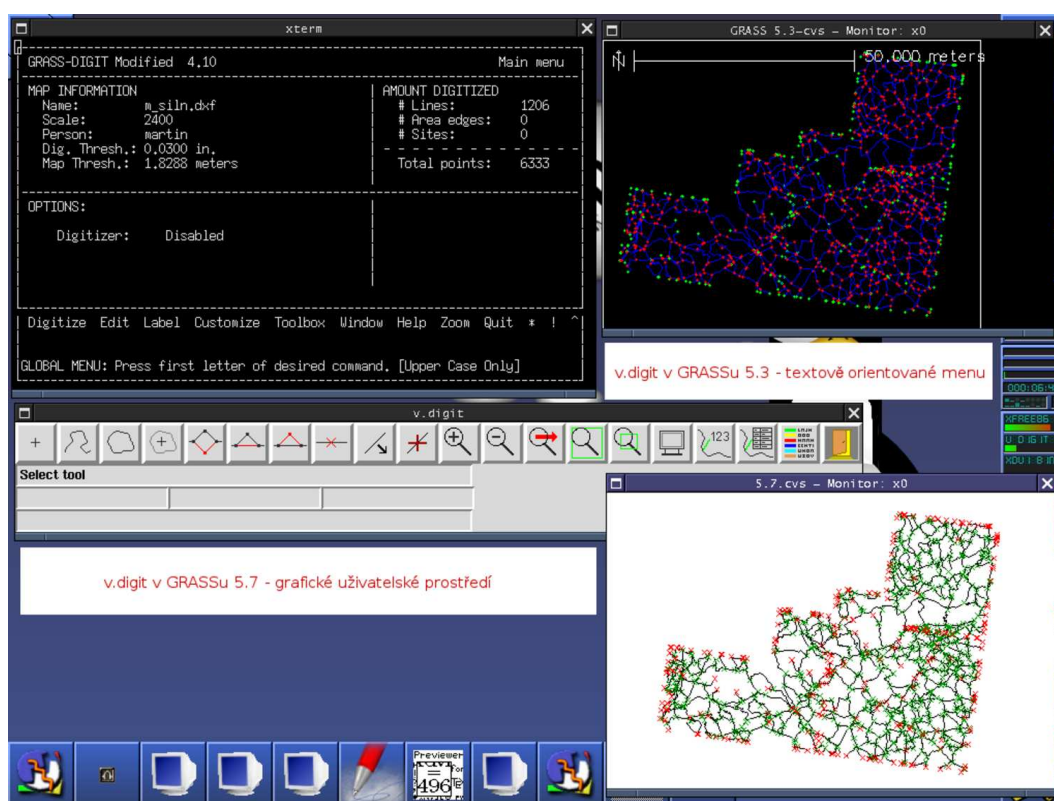
Porovnání uživatelského prostředí modulu `v.digit` ve verzi 5.3/5.4 a 5.7 poodkrývá obr. 6.

**lokalizace:** Ve verzi 5.7 byly implementovány nástroje nutné pro lokalizaci („primárním jazykem“ GRASSu, jak tomu bývá, je angličtina). Případnou lokalizaci do češtiny tak ocení hlavně ti studenti, kteří neovládají angličtinu na potřebné úrovni.

**co se plánuje:** Uvedme například implementaci *Lineárního referenčního systému* [10].

### 3.3 Transformace mapové projekce

GRASS obsahuje programové funkce (`r.proj` a `v.proj`) pro převod polohových dat z jedné mapové projekce do druhé. GRASS  $\leq 5.4$  navíc obsahuje modul `m.proj2` umožňující přepo-



Obrázek 6: Porovnání uživatelského prostředí modulu `v.digit` v GRASSu 5.3/5.4 a 5.7

čet jednotlivých bodů (i dávkově).

Je podporována široká škála mapových projekcí a to díky integrované knihovně PROJ.4 [8], která patří ve svém oboru ke špičce. V GRASSu tedy není problém pracovat v souřadnicových systémech jako S-JTSK, S-42 či UTM.

Mapovou projekci lze přirozeně změnit i po založení dané lokace a to pomocí modulu `g.setproj`. Informaci o používané mapové projekci podává modul `g.proj`.

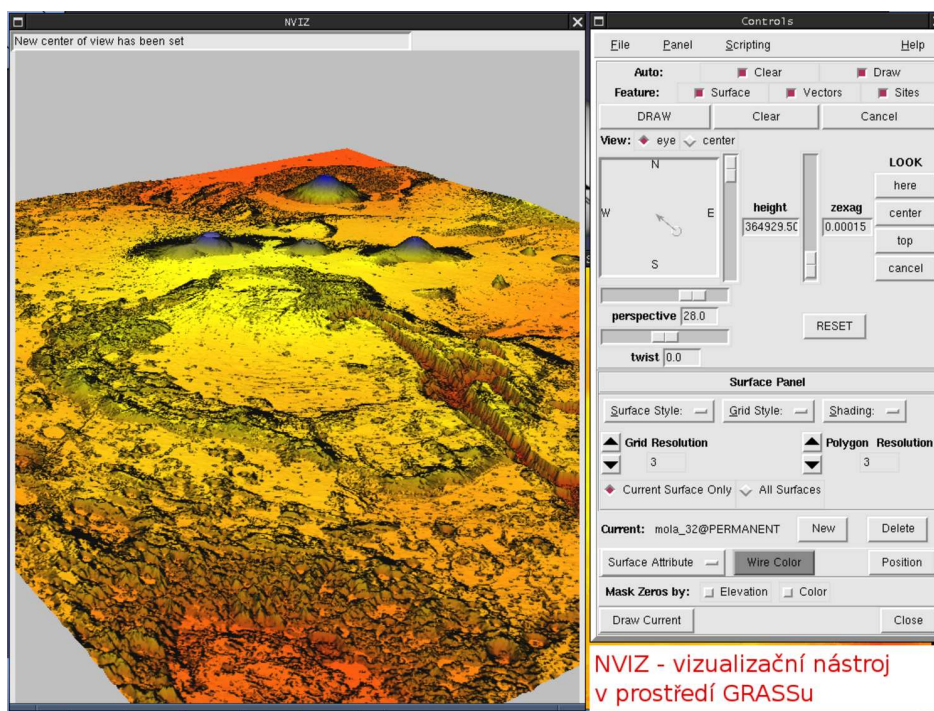
Studenti tak mohou snadno provádět transformace mezi zvolenými souřadnicovými systémy, s důrazem na její přesnost.

### 3.4 Vizualizace v prostředí NVIZ

NVIZ je interní součástí GRASSu. Jde o komplexní vizualizační prostředí umožňující zobrazení různých datových podkladů (2D, 3D<sup>2</sup> rastrová a vektorová data). Nabízí řadu funkčních nástrojů, od změny osvětlení až po vytváření video sekvencí. Rozhodně však není „všemocný“ a nelze ho tedy srovnávat se specializovanými (komerčními) produkty.

<sup>2</sup>NVIZ podporuje 3D vektorová data od verze GRASSu 5.7.

Nicméně ho lze vnímat jako zajímavý a efektní „doplňek“. Na obr. 7 je demonstrována 3D vizualizace povrchu našeho blízkého souseda.



Obrázek 7: Vizualizace v prostředí NVIZ

### 3.5 Na okraj: dokumentace

Kvalitní dokumentace je velmi důležitá a to jak pro začínající, tak pro zkušené uživatele. A to nepočítáme dokumentaci určenou pro vývojáře, která může zásadním způsobem ulehčit další vývoj systému. V tomto ohledu je na tom GRASS poměrně dobře. Každý modul má svoji vlastní manuálovou stránku vysvětlující syntaxi, jednotlivé parametry či příklady použití.

Navíc je k dispozici celá řada on-line tutoriálů, či chcete-li uživatelských manuálů. Právě proto vznikl „GRASS Documentation Project“ [5] s cílem shromáždit veškerou on-line dokumentaci ke GRASSu na jednom místě. Pokud tedy hledáte vhodný informační zdroj, zkuste nejdříve tento.

## 4 Další využití GRASSu

### 4.1 Letecká fotogrammetrie: ortorektifikace leteckých snímků

GRASS nalezne svoje využití i při výuce fotogrammetrie jako nástroj pro *ortorektifikaci* (tj. diferenciální překreslení) leteckých snímků. Jedná se aplikaci modulu `i.ortho.photo`. Tento modul obsahuje přehledné podmenu, které kopíruje jednotlivé kroky při samotném procesu ortorektifikace. Předchozí zkušenost s GRASSem je samozřejmě vítána.

## 4.2 Matematická kartografie: transformace mezi mapovými projekcemi

Jak již bylo řečeno, GRASS podporuje velké množství kartografických zobrazení a to díky integrované knihovně PROJ.4. Tato knihovna obsahuje také celou řadu (konzolových) nástrojů umožňující přepočet mezi jednotlivými souřadnicovými systémy. Tento software by se tak mohl stát velmi užitečným doplňkem právě při výuce matematické kartografie.

A využití GRASSu? – například jako nástroje pro vizualizaci geografických dat v různých kartografických zobrazeních. V tomto případě je samozřejmě žádoucí předchozí zkušenost studentů s tímto systémem.

Poznámka: Transformace geodetického data je podporována od verze GRASS 5.3.

## 5 Další open source GIS a jeho využití

Kromě GRASSu existuje nespočet dalších free/open-source GIS projektů. Velmi dobrým zdrojem informací může být projekt *FreeGIS* [11].

Na tomto místě zmíníme *QGIS* [12]. Jde o poměrně mladý (první verze byla uvolněna na konci roku 2003) a dynamicky se vyvíjející projekt. Jedná se v podstatě o multiplatformní aplikaci (napsaná v C++ s využitím grafické knihovny Qt [14]) umožňující prohlížení geoprostorových dat. Podporována je celá řada formátů v souvislosti s knihovnou GDAL/OGR.

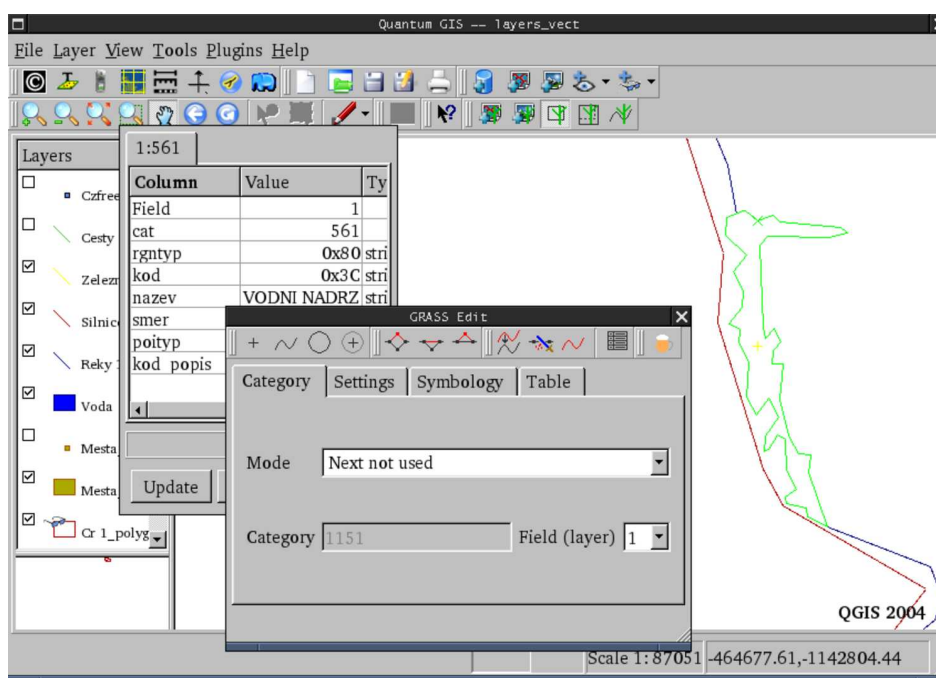
Velmi zajímavou vlastností QGISu je podpora nativního formátu GRASSu 5.7 (autorem data provideru je opět Radim Blažek). QGIS tak dokáže zobrazit tato data (rastrová i vektorová) bez nutnosti jejich konverze. Navíc byl nedávno QGIS obohacen o možnost editace vektorových vrstev GRASSu. Tato data je tedy možné modifikovat přímo v QGISu a vyhnout se tak modulu `v.digit`. Tuto zajímavou možnost ukazuje obr. 8.

## 6 Závěr

GRASS si drží prozatím zcela neotřesitelnou pozici ve světě free/open-source GISu. A to především díky šíři funkčních nástrojů, které zasahují až do oblasti DPZ (Dálkový průzkum Země), fotogrammetrie, hydrologie, 3D vizualizace dat atd. Na druhou stranu sebou přináší řadu vlastností, které mohou působit dojmem „zaostalosti“. Jmenujme například chybějící konzistentní GUI (grafické uživatelské prostředí) či interaktivní nástroje pro vizualizaci dat v GRASS monitoru.

Má tedy vůbec význam „ztrácet“ čas při procesu zavádění GRASSu do regulérní výuky na českých vysokých či středních školách? Skromně si dovoluji tvrdit, že *má*. Tady jsou jedny z důvodů:

- GNU GPL licence: zaručující čtyři základní svobody:
  0. spustit aplikaci za jakýmkoliv účelem
  1. modifikovat program pro vlastní (často specifické) potřeby
  2. redistribuovat kopie programu (zdarma, či za poplatek)
  3. šířit modifikované verze programu tak, aby z toho mohla profitovat celá komunita



Obrázek 8: Zobrazení a modifikace GRASS vektorových dat v prostředí QGISu

GRASS je volně dostupný a jeho licence zaručuje, že tomu bude i v budoucnosti. Lze tak výrazně snížit finanční nároky na pořízení GISu.

- vývoj, nové funkce (moduly): Neomezený vývoj aplikace je zaručen (kromě výše zmiňované licence) širokou vývojářskou základnou. Navíc se může kdokoli (tedy i Vy a Vaši studenti) do tohoto procesu zapojit a rozšířit tak GRASS o další vzrušující funkční nástroje.
- otevřenost: Jde o „otevřený“ systém s rozsáhlou dokumentací a celou řadou e-mailových konferencí, kde bude zodpovězena každá (pravděpodobně) Vaše všetečná otázka a to většinou velmi erudovanými jedinci – vývojáři a zkušenými uživateli.
- prohloubení počítačové gramotnosti: Seznámení s ideou, resp. ideologií free/open-source softwaru (výhody × nevýhody). Nahodání dogmatu „to co je zadarmo, nemůže nikdy smysluplně fungovat“.

Při nasazení GRASSu je vhodné velmi opatrně zvážit všechna pro a proti. Do hry přirozeně vstupuje i charakter výuky (náplň cvičení), znalosti učitelů a předpoklady studentů.

Lze tedy doporučit vybudovat jakési podhoubí zahrnující výuku operačního systému GNU/Linux a databázových systémů tak, aby mohli studenti využít GRASS naplno (např. skriptování). Není to ale životně nutné, GRASS podporuje koneckonců i operační systém MS Windows.

## Reference

- [Neteler–Mitasova–02] NETELER M., MITASOVA H. *Open source GIS: A GRASS GIS Approach*. Kluwer Academic Publishers Group, 2002. ISBN 1-4020-7088-8.
- [Neteler–03] NETELER M. *GRASS Handbuch*.
- [1] GNU General Public License  
<http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>
- [2] GRASS GIS Homepage  
<http://grass.itc.it>
- [3] České sdružení uživatelů GISu GRASS  
<http://gama.fsv.cvut.cz/~grass>
- [4] GRASS grid3d raster volume Interface  
<http://grass.itc.it/grid3d/index.html>
- [5] GRASS Documentation Project  
<http://grass.itc.it/gdp/tutorials.html>
- [6] Knihovna GDAL  
<http://www.remotesensing.org/gdal>
- [7] Podporované rastrové formáty GDAL  
[http://www.remotesensing.org/gdal/formats\\_list.html](http://www.remotesensing.org/gdal/formats_list.html)
- [8] Knihovna PROJ.4  
<http://remotesensing.org/proj>
- [9] DGLIB (Directed Graph Library)  
<http://grass.itc.it/dglib>
- [10] BLAŽEK RADIM: *Linear reference system in GRASS*, FOSS/GRASS Users Conference 2004  
<http://mpa.itc.it/radim/lrs>
- [11] FreeGIS  
<http://www.freegis.org>
- [12] QGIS  
<http://www.qgis.org/>
- [13] Free a Open source software  
<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>  
<http://www.opensource.org/docs/definition.php>
- [14] Knihovna Qt  
<http://www.trolltech.com/products/qt/index.html>

[15] Katedra mapování a kartografie, ČVUT v Praze, Fakulta stavební  
<http://gama.fsv.cvut.cz>

[16] Trees – 3D stromy pro GIS GRASS  
<http://www.fle.czu.cz/~jachym/programs/trees.html>