

HISTORICKÉ MAPY STŘEDNÍCH MĚŘÍTEK – DIGITALIZACE A VYUŽITÍ DAT

HISTORICAL MIDDLE-SCALE MAPS – DIGITIZING AND DATA USAGE

Jiří Cajthaml¹

Abstract

This article shows methods of digitizing historical maps. Vectorization and scanning are mentioned and described. Then the oldest middle-ages maps of Czech lands are enumerated. They are divided into two main groups and separately are explained principles of different approach to both groups. The second part is focused on historical maps internet publishing. Map viewers and mapservers are compared. At the end, some examples created at Department of Mapping and Cartography, Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague are introduced.

Key words

map (mapa), internet (internet), digitizing (digitalizace), mapserver (mapový server)

1 HISTORICKÉ MAPY

Pod pojmem historické mapy rozumíme kartografická díla, která vznikla v minulých dobách. Kartografie jako věda provází lidstvo už dlouhou dobu, a proto se jedná o poměrně dlouhý časový úsek. Informace na těchto dílech pak mohou i dnes vydávat svědectví nejen o úrovni kartografické tvorby tehdejší doby, ale také o reálné skutečnosti tehdejší doby – o poloze měst, obchodních cest, vodních toků,... Tato data je možné využít při historickém výzkumu říční sítě, studiu vývoje osídlení, při krajinných úpravách a podobně. Do 90. let minulého století bylo nutné mapy kopírovat na analogová média a výzkum provádět na těchto kopiích. S nástupem digitálních technologií je možné mapy zpracovat digitálně a dále zkoumat v prostředí počítače. Historické mapy se tak dostávají do popředí zájmu, neboť práce s nimi začíná být konečně přístupná většímu okruhu uživatelů.

2 DIGITALIZACE

Digitalizací obecně rozumíme převod analogových dat na data digitální. Při zpracování obrazových dat máme na výběr dva možné formáty digitálních dat – vektor nebo rastr. Vektorová data jsou tvořena jednoduchými vektorovými elementy (bod, linie, polygon). Tyto vznikají při procesu nazývaném vektorizace. Vektorová data jsou vhodná především pro vytváření nových kartografických dat. Při zpracování historických map je možné vektorizaci použít, ovšem pouze v omezené míře. Je možné vektorizovat říční síť, cestní síť, bodové značky kostelů a podobně, není však možné vystihnout historickou kresbu (např. šrafování), mnohdy představující spíše umělecké dílo než mapu informující o poloze. Proto se vektorizace používá pouze u vybraných prvků historických map. Vektorizovaná data je pak velice jednoduché zpracovat v GIS software.

Druhou možností je data rastrovat. Rastrová data vznikají při procesu skenování. Teorii skenování se zabývá [1] a [5] a proto pouze stručně zopakují základní pojmy. Výsledný rastrový obraz je složen z elementárních ploch (pixelů). Každý pixel nese informaci o fyzikální veličině (v našem případě převedené na barvu). Základní dva parametry skenování představují hustota skenování a barevná hloubka. Hustota skenování (často udávaná v jednotkách dpi) charakterizuje velikost pixelu. Barevná hloubka (udávaná v jednotkách bit) pak udává, jak velkou informaci může každý pixel nést. Data skenovaná s hustotou 200 dpi a hloubkou 8 bit tedy představují obraz který má 200 pixelů na jeden palec (2,54 cm) a každý z těchto pixelů může nabývat 256 hodnot (barev). Více o digitalizaci obrazů, teorii kvantování a vzorkování je možné nalézt v [2].

Pokud jde o zpracování historických map, prvním krokem je vždy skenování. Zvláštní zřetel je tedy třeba brát na zmiňované dva parametry skenování. Pro další potřeby výzkumu nebo pro publikaci dat je možné data upravit (změnit barevnou hloubku a hustotu, formát dat), případně data vektorizovat.

¹ Jiří Cajthaml, Ing., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra mapování a kartografie, Thákurova 7, 16629 Praha 6, jiri.cajthaml@fsv.cvut.cz

3 HISTORICKÉ MAPY ČESKÝCH ZEMÍ

Pokud se zajímáme o nejstarší mapové památky z našeho území, můžeme začít už u situačního plánu tábořiště lovců mamutů vyrytého do mamutiho klu, jehož stáří se odhaduje až na 28 000 let. Tato památka byla nalezena v Pavlově na jižní Moravě a představuje jednu z nejstarších mapových památek vůbec. Nejstarší mapové památky však skutečně představují pouze muzejní artefakty a jejich další výzkum se odehrává v rovině historiků. Pokud se zajímáme o skutečný obsah mapy, je třeba se přesunout do středověku, kdy se u nás kartografie začíná rozvíjet, samozřejmě díky vynálezu knihtisku.

3.1 HISTORICKÉ MAPY TVOŘENÉ JEDNOTLIVCI (1518-1720)

Toto období se vyznačuje tvorbou map kartografy jednotlivci. Mapy zpravidla obsahují značky pro sídla, většinou pro cesty, řeky, výškopis (kopečková metoda), někdy pro některé další prvky. Většinou byly tvořeny zvlášť mapy pro Čechy, Moravu a Slezsko. Měřítko map se pohybují od cca 1 : 130 000 do cca 1 : 700 000.

Nejvýznamnější mapy Čech:

- Klaudyánova mapa Čech (1518)
- Crigingerova mapa Čech (1568)
- Aretinova mapa Čech (1619)
- Vetterova mapa Čech v podobě růže – Bohemia Rosa (1668)
- Vogtova mapa Čech (1712)
- Müllerova mapa Čech (1720)

Nejvýznamnější mapy Moravy:

- Fabriciova mapa Moravy (1569)
- Komenského mapa Moravy (1627)
- Vischerova mapa Moravy (1692)
- Müllerova mapa Moravy (1716)

Nejvýznamnější mapy Slezska:

- Helwigova mapa Slezska (1561)
- Scultetova mapa Slezska (1638)

3.2 HISTORICKÁ VOJENSKÁ MAPOVÁNÍ (1763-1918)

Toto období se vyznačuje tvorbou map z požadavku státu, zejména kvůli vojenským účelům. Mapy zpravidla obsahují značky pro sídla, cesty, říční síť, výškopis (šrafováním nebo tónováním), budovy, druhy porostů a další důležité prvky pro vojenství. Protože jsme v této době byli součástí monarchie Rakouska-Uherska, jednalo se zpravidla o mapová díla s rozsahem celé monarchie.

Vojenská mapování:

- I. vojenské mapování („Josefské“, 1763-1768, reambulováno v letech 1779-1783), měř. 1 : 28 800
- II. vojenské mapování („Františkov“, u nás v letech 1836-1852, v celé monarchii 1807-1869), měř. 1 : 28 800
- Speciální mapa Království českého (vydávána 1847-1860), měř. 1 : 144 000
- Speciální mapa Markrabství moravského a části Vévodství slezského (1844), měř. 1 : 144 000
- Generální mapa Království českého (1865), měř. 1 : 288 000
- Generální mapa Markrabství moravského a části Vévodství slezského (1846), měř. 1 : 288 000
- III. vojenské mapování (1870-1883, po vzniku ČSR převzaty VZÚ a reambulovány), měř. 1 : 25 000
- Speciální mapy III. vojenského mapování („speciálky“, měř. 1 : 75 000
- Generální mapy III. vojenského mapování, měř. 1 : 200 000

4 ROZDĚLENÍ HISTORICKÝCH MAP

Z pohledu digitalizace je možné mapy rozdělit do 2 velkých skupin:

- Mapy, které nemá smysl georeferencovat
- Mapy, které je možné „smysluplně“ převést do nějakého současného souřadnicového systému

Do první skupiny spadají mapy, které je možné používat pouze jako digitální obrazy. Jde o starší díla, u kterých by georeferencování bylo obtížné. Je prakticky nemožné určit body vhodné pro georeferencování a při snaze redukovat odchylky na těchto bodech dochází k neúměrným zkreslením obrazu. Výsledky transformací se však mohou hodit jako podklad pro zkoumání přesnosti těchto map. Pomocí transformací na stejné identické body u několika různých map je také možné usuzovat, jak byly mapy inspirovány svými předchůdci. Pokud však jde o zveřejnění a publikaci těchto map, je lepší zůstat u neskenovaného originálu bez souřadnicového umístění. Mapy pak mohou být distribuovány na médiích (CD, DVD), případně prohlíženy různými webovými aplikacemi. Takové aplikace mohou sloužit k výzkumu vývoje kartografických vyjadřovacích znaků, vývoje krajiny obecně (tam, kde nepotřebujeme přesnou polohu), či pro zájemce, které zajímají historické mapy a nepotřebují jejich souřadnicové umístění k dalším analýzám. Z historických map českých zemí do této skupiny spadá první jmenovaná skupina, tedy mapy vytvářené jednotlivci. Ideálním řešením jak zpřístupnit tyto mapy je v dnešní době rozhodně internet. Ačkoliv je možné rastrová data distribuovat na CD či DVD, málokterý grafický program si umí poradit s kvalitně neskenovanými daty. Uživatel si pak musí na svoje náklady sehnat aplikaci, která bude s mapou pracovat rychle a efektivně. Mnohem lepší možností je umožnit prohlížení přímo v prostředí WWW. V současné době existuje několik možností jak tato data prohlížet.

Druhá skupina představuje mapy vytvářené na základě přesnějších měření, případně mapy odvozené z map větších měřítek. Tyto mapy je již možné do souřadnicového systému „smysluplně“ umístit. Pokud se jedná o mapová díla v kladu listů, ideální možností se jeví georeferencování na rohy mapových listů, případně rámové značky těchto listů. Pokud nemáme přesně definovaný klad listů, zbývá transformace na identické body. Z historických map českých zemí do této skupiny spadá druhá skupina, tedy mapy vytvářené vojenskou kartografií. U map II. a III. vojenského mapování a map z nich odvozených není problémem souřadnicový systém. Mapy již byly vytvářeny v definovaném systému, který vycházel z mapování ve větších měřítkách (stabilní katastr). Georeferencování je tak možné udělat na rohy mapových listů, případně na jejich rámy. V [2] je dokázáno, že přesnost projektivní transformace na rohy mapových listů u II. vojenského mapování je dostatečná. Pokud jde o samotnou přesnost obsahu mapy, v [3] je popsán postup porovnání souřadnic identických bodů na mapových listech a souřadnic určených z ortofota, případně měřením GPS. Střední polohová odchylka dosahuje pro různé mapové listy cca 30-50 metrů (v měřítku mapy 1-2 mm). Přesnost map III. vojenského mapování je nyní zkoumána na katedře mapování a kartografie. U map menších měřítek, odvozených z mapovaných sekcí, je grafická přesnost obdobná. Problémem zůstává I. vojenské mapování, které nemá základ v přesně měřené geodetické síti. Mapy byly zakreslovány do zvětšenin Müllerovy mapy od oka. V [3] najdeme opět testování přesnosti identických bodů na mapových listech v porovnání s ortofotem a GPS. Zde se pohybujeme řádově jinde, střední polohové odchylky se pohybují v rozmezí cca 200-1000 m. Ukazuje se, že velmi záleží na konkrétním mapovém listu.

5 ROZDĚLENÍ WEBOVÝCH APLIKACÍ PRO PRÁCI S HISTORICKÝMI MAPAMI

Pokud jde o práci s digitalizovanými mapami, rád bych se soustředil na webové aplikace, neboť právě v nich vidím budoucnost. K oběma skupinám digitalizovaných map existuje několik alternativ webových aplikací.

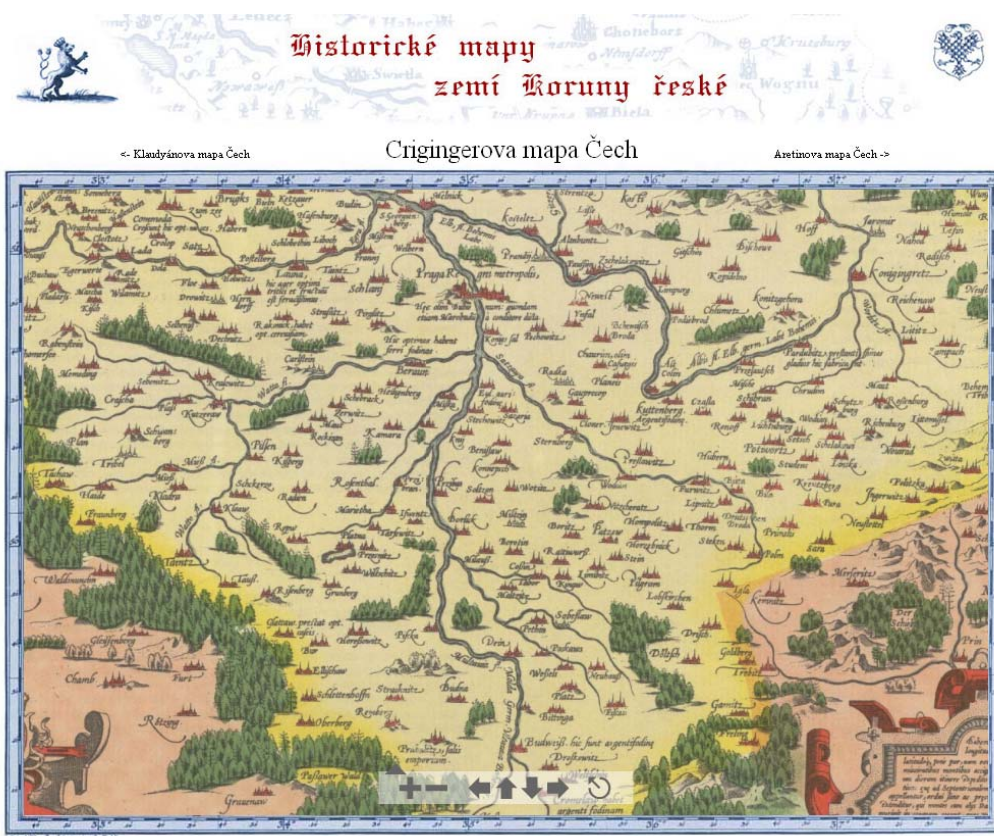
5.1 PROHLÍŽEČKY OBRAZŮ

Pro práci s velkými obrazovými daty je vyvinuto několik aplikací. Aplikace jsou většinou založené na předzpracování obrazu softwarem. Toto předzpracování většinou představuje rozložení obrazu na menší díly, navíc v různých rozlišeních. Pomocí výsledné prohlížečky jsou data zobrazována z těchto malých dílů. Zobrazování se děje pomocí Flash aplikace, Java appletu případně pomocí JavaScriptu (AJAX). Nabízeny jsou většinou funkce pro zoomování a posun mapy. Na katedře mapování a kartografie jsme se rozhodli zpracovat aplikace na této bázi prostřednictvím software Zoomify. Jeho základní verze je volně širitelná, což pro nás bylo rozhodující. S aplikací mají velmi dobré zkušenosti i naši kolegové z Laboratoře Geoinformatiky UJEP v Mostě. Jejich mapový portál <http://oldmaps.geolab.cz> dokonce získal ocenění Mapa roku 2003.

Na naší katedře byla vyvinuta aplikace „Historické mapy zemí Koruny české“. Na tvorbě aplikace se velkou částí podíleli studenti. V diplomové práci V. Bělecké [4] byly zjištěny možnosti prezentace historických map na internetu, byla navržena struktura údajů o historických mapách a tyto údaje byly zjištěny pro nejvýznamnější mapová díla jednotlivců. V diplomové práci F. Antoše [5] byly údaje o mapách převedeny do navrženého XML formátu, dále byla vytvořena webová aplikace na bázi Zoomify. Do této aplikace pak byly vloženy skenované rastry reprintů historických map. Práce na aplikaci probíhá pod mým vedením a předpokládána je další práce ze strany studentů ve formě bakalářských nebo magisterských prací. Celou aplikaci je možné shlédnout na <http://mapserver.fsv.cvut.cz/antos>.



Obr. 1 Aplikace Zoomify na serveru <http://oldmaps.geolab.cz>



Obr. 2 Aplikace Zoomify v aplikaci Historické mapy zemí Koruny české

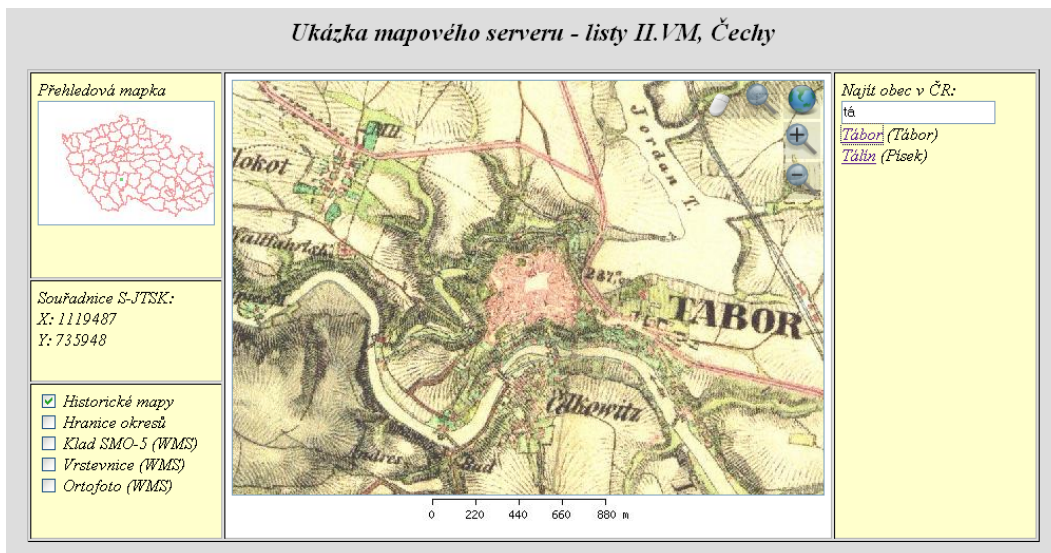
5.2 MAPOVÉ SERVERY

Pokud chceme s mapami pracovat v souřadnicovém systému, nevystačíme s pouhou prohlížečkou dat. Data musí být georeferencována a na webu publikována v aplikaci pracující se souřadnicovými systémy. Obecně jsou možnosti takové aplikace rozebrány v [1]. Zpravidla se jedná o serverovou aplikaci nazývanou mapový server. Tato aplikaci umí z datového skladu posílat do webového prohlížeče výřezy dat na základě našich požadavků. Kromě toho můžeme do aplikace velice jednoduše připojovat další vektorová i rastrová data. Takto můžeme vytvořit jednoduchý distribuovaný systém, ve kterém je možné provádět vizuální analýzy na rastry historických map.

Na katedře mapování a kartografie jsme se rozhodli pro využití aplikace UMN MapServer. Jedná se svobodný software vyvíjený minnesotskou univerzitou a řadou dalších vývojářů v komunitě Open Source. Ve srovnání s komerčními produkty UMN MapServer rozhodně nezaostává. Na straně serveru tedy běží tato aplikace, na straně klienta pracuje pouze internetový prohlížeč doplněný JavaScriptovými knihovnami a funkcemi. Klientská aplikace obsahuje všechny potřebné funkce – zoom, pan, vypínání a zapínání vrstev nebo interaktivní odečítání souřadnic. Jednoduchým způsobem je možné připojit jakékoliv další GIS vrstvy – vektorové či rastrové. V jedné aplikaci tak můžeme porovnávat různá data. Z řady výhod tohoto řešení je třeba vypíchnout možnost transformace souřadnic rozdílných vstupních dat či použití průhlednosti jednotlivých vrstev. Data samozřejmě nemusí být připojována pouze lokálně na serveru. UMN MapServer plně podporuje specifikace OGC pro OpenGIS Web Services (OWS). Je tak velice jednoduché připojit například WMS službu z kteréhokoliv veřejného serveru.

Aplikace mapového serveru historických map je v tuto chvíli naplněna daty II. vojenského mapování z oblasti Čech. V tuto chvíli probíhá georeferencování moravských mapových listů. Samozřejmě je to práce úmorná a vyčerpávající. Mapové listy jsou georeferencovány projektivní transformací na 4 rohy do systému S-JTSK. Souřadnice rohů těchto listů máme vypočítány na základě globálního transformačního klíče (GTK) pro převod map Stabliního katastru do systému S-JTSK. Tento klíč odvodil doc. Čada ze ZČU Plzeň [6]. V aplikaci je samozřejmě nutné rastrová data indexovat. Celkový objem dat pouze pro rastry z území Čech představuje cca 40GB. Data jsou dlaždicově indexována a to 8 různých úrovních rozlišení rastru. MapServer tedy pracuje vždy pouze s potřebnou podrobností dat a nemusí nutně stahovat data ve velkém rozlišení.

Výsledná aplikace umožňuje porovnávat II. vojenské mapování s libovolnými GIS vrstvami. Toho lze využít např. při zkoumání koryt vodních toků, sledování charakteristik cestní sítě nebo při výzkumu vývoje osídlení. Pro snazší orientaci v mapě je přiložena přehledová mapka a textové pole s aktuálními souřadnicemi kurzoru. Aplikaci je možné dále rozvíjet. Jedním z možných rozšíření je propojení s různými DBMS. Na zkoušku propojení jsem mapovou aplikaci propojil s databází všech obcí ČR. Tato databáze byla vytvořena na základě registru UIR-ZSJ v databázovém systému PostgreSQL. Ten byl vybrán záměrně, neboť se opět jedná o produkt z kategorie svobodného software. Na základě AJAXové (AJAX = Asynchronous JavaScript And XML) funkce byla funkčnost databázového propojení vytvořena tak, že po zadání alespoň 2 písmen do příslušného pole aplikace je ihned generován seznam obcí z databáze. Seznam je tvořen hypertextovými odkazy, které dovedou mapu posunout právě na souřadnice zvolené obce. Aplikaci je možné vyzkoušet na <http://mapserver.fsv.cvut.cz/ms>.



5.3 WEBOVÉ MAPOVÉ SLUŽBY

Kromě možnosti pracovat s daty v rámci webové aplikace se nabízí ještě jeden způsob publikace dat. Při dodržení standardu je možné rastrová data historických map zpřístupnit ostatním uživatelům ve formě WMS služby. UMN MapServer standardy dodržuje a může tedy fungovat i jako WMS server. Rastrová data pak mohou být připojena do libovolné další aplikace, která WMS umí načítat. WMS služby jsou dnes na velkém vzestupu a do budoucna je třeba počítat s jejich masivním rozšířením. Zveřejněním WMS není problémem data zobrazit také například v oblíbeném prohlížeči Google Earth. Stačí se zorientovat v jazyce KML, který popisuje data připojená do Google Earth a historické mapy mohou být „přilepeny“ na model Země. Adresa WMS služby je <http://mapserver.fsv.cvut.cz/cgi-bin/wms?>

6 ZÁVĚR

V textu příspěvku je naznačeno, jakým způsobem je možné digitalizovat staré mapy. Dále je popsáno rozdělení map z hlediska jejich dalšího zpracování. Popsány jsou nejvýznamnější smysluplné metody publikace starých map na internetu. Na katedře mapování a kartografie se historickými mapami zabýváme delší dobu a v oblasti mapových serverů jsme určitě průkopníky. Očekávám, že budoucnost potvrdí naše předpoklady správně zvolené cesty.

Literatura

- [1] Cajthaml, J. *Publishing Old Maps via the Internet: An Overview of Possibilities*. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 17, p.218-223, Wien, 2006. ISBN 3-900830-59-2.
- [2] Doubrava, P. *Zpracování rastrových mapových podkladů pro využití v oblasti aplikací GIS a katastru nemovitostí*. Doktorská disertační práce, 156 s., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2005.
- [3] Muchová, H. *Polohová přesnost objektů na mapách I. a II. vojenského mapování*. Diplomová práce, 52 s., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2006.
- [4] Bělecká, V. *Možnosti prezentace historických českých map vytvořených jednotlivci na Internetu*. Diplomová práce, 64 s., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2005.
- [5] Antoš, F. *Problematika skenování historických map a jejich následné prezentace na internetu*. Diplomová práce, 60 s., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2006.
- [6] Čada, V. *Globální transformační klíče pro transformaci rastrových a vektorových dat ze souřadnicových systémů stabilního katastru Gusterberg a Sv. Štěpán do S-JTSK*. Dokumentace GTK pro ČÚZK, 2002.

Recenzoval

Prof. Ing. Bohuslav Veverka, DrSc., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra mapování a kartografie (profesor), Thákurova 7, 166 29, Praha. (veverka@fsv.cvut.cz)