

# Geoinformatics

## FCE CTU

Proceedings  
of the Workshop  
Geoinformatics FCE CTU 2006

Geoinformatics

Faculty of Civil  
Engineering

Czech  
Technical  
University  
in Prague

---

**Volume 1**

Proceedings of the workshop [Geoinformatics FCE CTU 2006](#), May 12th, Prague, 2006.

**Organizing committee:**

Chairman: [Aleš Čeppek](#)

Members: [Martin Landa](#), [Jan Pytel](#)

Editors: [Martin Landa](#), [Aleš Čepkek](#)

## Contents

<b>Geoinformatics Study at the CTU in Prague</b>	<b>4</b>
<b>Applications of the Galileo System in Civil Engineering</b>	<b>12</b>
<b>Development of OS Tools that support the CCOG Resolution</b>	<b>28</b>
<b>Trends in Geoinformatics Education</b>	<b>35</b>
<b>Implementation of a General Web API for Geoinformatics</b>	<b>44</b>
<b>Issues of GIS data management</b>	<b>56</b>
<b>Experience with a LiveCD in an education process</b>	<b>64</b>
<b>My experience from CVUT</b>	<b>76</b>
<b>Využití systému Galileo ve stavebním inženýrství</b>	<b>80</b>
<b>Historické mapy v prostředí mapového serveru</b>	<b>95</b>
<b>MapServer vs. Mapserver</b>	<b>101</b>
<b>SVG v kartografii</b>	<b>112</b>
<b>Výuka GIS na FIT VUT v Brně</b>	<b>123</b>
<b>Prostorové rozhraní IS malé obce řešené v OSS</b>	<b>129</b>
<b>Java v Open Source GIS - Geotools, Geoserver, uDig</b>	<b>144</b>
<b>Špecifické aspekty spracovania geodet. sietí použitím prog. SoNet</b>	<b>149</b>
<b>Motivace pro nasazení Free Software GIS ve výuce geoinformatiky</b>	<b>158</b>
<b>Správa výukových kurzů v systému Moodle</b>	<b>164</b>
<b>Interoperabilita v GIS podle specifikací OGC</b>	<b>170</b>
<b>Evropská směrnice INSPIRE</b>	<b>176</b>

## Geoinformatics Study at the CTU in Prague

**Prof. Leoš Mervart**

Department of Advanced Geodesy  
Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague  
E-mail: [mervart@fsv.cvut.cz](mailto:mervart@fsv.cvut.cz)

**Prof. Aleš Čepěk**

Department of Mapping and Cartography  
Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague  
E-mail: [cepek@fsv.cvut.cz](mailto:cepek@fsv.cvut.cz)

**Key words:** key education, curricula, geoinformation, software development

### Abstract

*At the CTU in Prague, there is a long tradition of master degree courses in geodesy, geodetic surveying and cartography. Taking into account the fast development of information technologies in recent decades, we decided to prepare a new study program that would combine computer science with a background of geodetic and cartographic know-how. Apart from other sources, our plans were inspired and influenced by the Review of Education Needs, a report prepared by Stig Enemark (Prague 1998), and by our experience from several Virtual Academy workshops.*

*We have decided to call this program “Geoinformatics” to emphasize the role of computer technologies in collecting, analyzing and exploiting information about our planet. Within this presentation we will explain the basic ideas behind our new study program and emphasize the features that distinguish it from classical geodetic or cartographic programs. We will mention the connection between our new study program and several geodetic and software projects running at our institute – software development for real-time GPS applications, cooperation with the Astronomical Institute, University of Berne, on the development of so-called Bernese GPS Software, the GNU project Gama for adjustment of geodetic networks, etc.*

### What's in a name?

*What's in a name? That which we call a rose*

*By any other word would smell as sweet.*

*– Romeo and Juliet (Act II, Scene II)*

We dare to disagree with the great poet. The name of a study program can be important for students finishing their high school and deciding which university they want to apply to. Let us make a tiny linguist digression. According to [1], Geodesy is the scientific discipline that deals with measurement and representation of the earth, its gravitational field and geodynamic phenomena (polar motion, earth tides, and crustal motion) in three-dimensional time varying space. The second branch of our traditional study programs, Cartography, is (according to [1] again) the study and practice of making maps or globes. We find these definitions good,

but do they reveal that computer science and informatics nowadays play a key role in our discipline? This question can be important for young people deciding about the direction of their future professional career.

A new word, Geomatics, was apparently coined by B. Dubuisson in 1969. It is the discipline of gathering, storing, processing, and delivering geographic information. This broad term applies to both science and technology, and integrates several specific disciplines (including geodesy, cartography, and, last but not least, geographic information systems). We were tempted to call our study program “Geomatics”, however, at the end we voted for another new word – Geoinformatics.

Informatics (or Information Science) is studied as a branch of computer science and information technology and is related to database, ontology and software engineering. It is primarily concerned with the structure, creation, management, storage, retrieval, dissemination and transfer of information. We understand “Geoinformatics” as a science that synthetizes the achievements of informatics with knowledge of the principles of geodesy and cartography. In the geodetic courses we will teach our students the mathematical and physical backgrounds of geodesy as well as the practise of surveying – the techniques of gathering and processing measurements. Within the study of geoinformatics we will teach our students the theoretical principles of geodesy and many things about computers and information technologies.

### **Our projects – geodesy and computer science in concordance**

*Protest my ears were never better fed  
With such delightful pleasing harmony.  
– Pericles, Prince of Tyre (Act II, Scene V)*

We have studied geodesy and we like sitting at computers writing our own applications. Can we bring these two things into concordance? We are deeply convinced that we can. We will present some of our projects to demonstrate the interrelations between geodesy and informatics.

### **Real-Time Monitoring of GPS Networks**

The first project is related to our work for the company GPS Solutions, Boulder, USA. Within the contract between GPS Solutions and the Japanese Geographical Survey Institute (GSI) we take part in the development of a program system for real-time processing of GPS data with the highest possible accuracy [8]. Together with our American colleagues we have prepared a software system consisting of a server that collects data from many GPS receivers and the RTNET (Real-Time NETwork) processing program, which computes very accurate positions of GPS stations in real time. The system is primarily designed for the real-time processing of data stemming from the Japanese network GEONET (GPS Earth Observation NETwork) – a unique network consisting of 1200 permanent GPS stations. One of the main purposes of GEONET is to monitor seismic deformations. Understanding the character of seismic waves and the laws of their propagation may help in the design of earthquake-resistant buildings or even the establishment of an alert system that could save human lives. The left-hand side

of the following figure shows a map of several GEONET stations located on the southern coast of Hokkaido Island. The right-hand side shows the motion of these stations during the Tokachi-Oki earthquake on September 26th, 2003, computed, by our RTNET software.

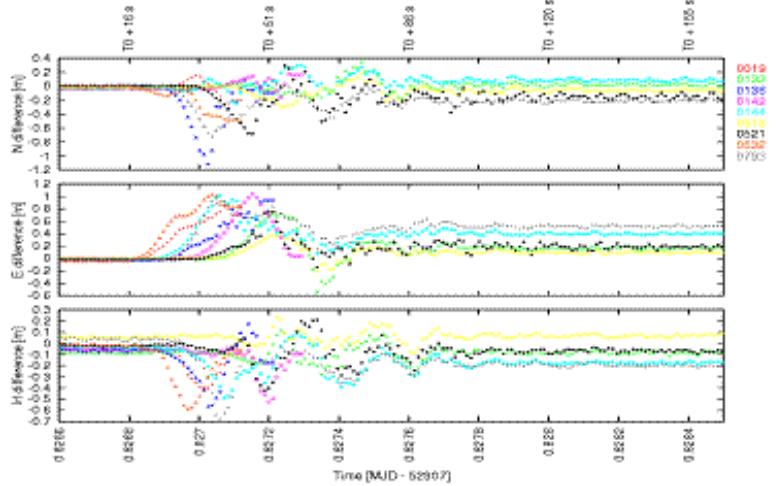


Figure 1: Real-Time Monitoring of GPS Networks

We find it fascinating to see the huge seismic shocks revealed by GPS measurements. The plot clearly shows the propagation of seismic waves – stations closer to the epicenter sense the waves earlier than the more distant stations. The time delay between the so-called primary and secondary seismic waves can be observed by comparing the horizontal and vertical components of the station motions.

### Bernese GPS Software

We are very proud to have the opportunity to take part in the development of the so-called Bernese GPS Software. This software package has been developed at the Astronomical Institute, University of Berne, Switzerland since the 1980s. It is used at many institutions round the globe for post-processing GPS data with the highest accuracy and for various other purposes – the software is capable to estimate a large number of different kinds of parameters: station coordinates, earth rotation parameters, satellite orbits, parameters of the atmosphere, etc. The software is recognized for the quality of its mathematical model, which ensures the accuracy of the results. It is the know-how of geodesy and celestial mechanics that stands behind the software's success. However, we are convinced that the technical quality of the program, its availability on different computer platforms, and a given level of user-friendliness are of major importance, too.

The figure above shows a window of the Bernese menu system. The Bernese GPS Software is an example of the concordance between geodesy and informatics. It is becoming usual nowadays that many mathematical achievements find their “materialization” in sophisticated software projects.

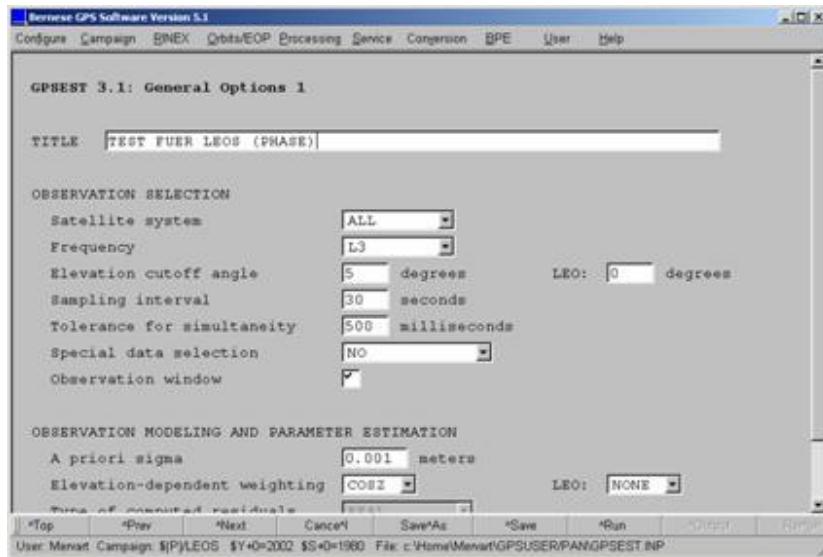


Figure 2: Bernese GPS Software

### GNU Gama and other Free Software projects

Talking about software development, Free Software, a specific software area, is one of the fields that we want our students to get involved in. In order to learn more about the phenomenon of Free Software, selected essays of Richard M. Stallman are probably the best starting point (or one can read the interview [7]).

Our first major free software project GNU Gama is dedicated to adjustment of geodetic networks. It has been presented at various FIG meetings ([3], [4]), so we need not describe it in detail here. The beginning of the Gama project was influenced by our experience from Virtual Academy meetings, where it was first presented as a project aimed at motivating our students to get involved in software development and international collaboration.

Another example of our free software projects was presented last year at the FIG Working Week in Athens [5]. The software part of this project was the GPS observation database written by Jan Pytel in close collaboration with Prof. Kostelecky, and this year we will extend our collaboration to a project to adjust combined solutions from various observation techniques (GPS, VLBI, etc).

We believe that the new courses on geoinformatics, with an intensive focus on the theoretical background, will help us to attract more talented students, who will be able to collaborate on software projects of a scientific nature, as described above.

### The Future of Geodetic Science

*To-morrow, and to-morrow, and to-morrow,  
Creeps in this petty pace from day to day.  
– Macbeth (Act V, Scene V)*

From Macbeth's point of view, time seems to have passed slowly. Nowadays we know the relativistic effects: for people planning the future of their educational facilities time may run faster than they wish. Our present-day today's knowledge may appear insufficient for tomorrow's needs. How should we deal with this situation? What knowledge will our students need in several years after they have graduated? What should we teach them? This is not an easy question. Taking into account our inability to estimate the precise needs of the future, we are convinced that we have to concentrate on teaching methods, ways of thinking, and general theories rather than specialized topics. Our students should primarily be able to gather and analyze information. And this is actually the bottom line of geoinformatics. Without knowledge of our primary science – geodesy – the most breathtaking informatics achievements are useless for us. But, conversely, our discipline (like any modern science) cannot develop without sophisticated information processing. It cannot live without informatics.

From the practical point of view we had, first of all, to follow the framework of bachelor/master degree programs at the faculty of Civil Engineering, where bachelor programs last 8 semesters and master degree programs last three semesters. To distinguish clearly between our bachelors and masters, we decided that bachelors should typically be professional users of geoinformatic systems, in contrast to masters, who should become developers, analysts and leading managers of geoinformation systems.

One of the major information systems in the Czech Republic is the Cadastral Information system. When preparing the bachelor curricula, we decided that education in the Cadastre should be given in the same full level as in the existing study branch in geodesy and cartography. Another strategic decision was that our bachelors should be prepared for managerial skills, and thus we put substantial emphasis on education in the social sciences. The definition of the structure of the new social science courses was fully in the competence of the head of our department of social sciences, doc. Václav Liška.

With the focus on our main strategic priorities

- mathematics
- social sciences and management
- geodesy
- applied informatics

the courses offered for the bachelor degree program are summarized in the following table

Table 1: Bachelor degree study program

Course	Sem.	Course	Sem.
Calculus 1	1	Calculus 2	2
Technical geodesy	1	Constructive geometry	2
OS Linux	1	Foreign language	2
Foreign language	1	Technical geodesy	2
Introduction to law	1	Database systems	2
Physics 1	1	Rhetoric	2
Introduction to numerical mathematics	1	Physics	2

## GEOINFORMATICS STUDY AT THE CTU IN PRAGUE

---

Calculus 3	3	Calculus 4	4
Introduction to economics	3	Psychology and sociology	4
Theoretical geodesy 1	3	Theoretical geodesy 2	4
Theory of errors and adjustment 1	3	Theory of errors and adjustment 2	4
Programming language C++	3	Project - Informatics	4
Environmental engineering	3	Mathematical cartography	4
Practical training in surveying	3	Foreign language	4
Photogrammetry and remote sensing 1	5	Photogrammetry and remote sensing 2	6
Probability and math. statistics	5	Cadastral	6
GIS 1	5	GIS 2	6
Mapping	5	WWW services	6
Project – Geodesy	5	Engineering geodesy	6
Real estate law	5	Electives (4 credits)	6
Management psychology	5		
Optimization methods	7	Elective courses (16 credits)	8
Information systems	7	Bachelor diploma work	8
Image data processing	7		
Topographic and thematical cartography	7		
Ethics	7		
Elective courses (4 credits)	7		
Pre-diploma project	7		

Each bachelor student is required to choose from 25 elective subjects starting from the sixth semester.

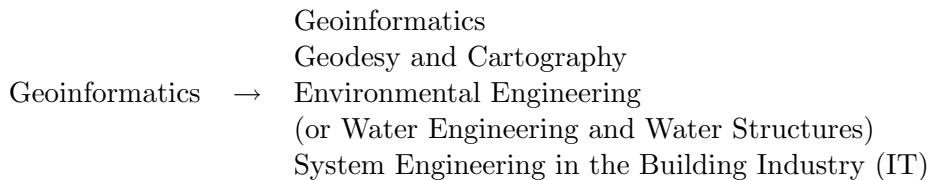
The courses offered for the master degree program in geoinformatics are

Table 2: Master degree study program

Course	Sem.	Course	Sem.
Graph Theory	1	Numerical Mathematics	2
Object-Oriented Programming	1	Project-Statistics	2
Statistics-Robust Methods	1	Project-Professional Specialization	2
Elective Courses (12 credits)	1	Elective Courses (14 credits)	2
Social sciences and management	3		
Elective courses (4 credits)	3		
Diploma project	3		

The compulsory courses in the master degree program are accompanied by the offer of 36 elective courses ranging from Tensor calculus and Mathematical modeling to Space and physical geodesy or Combinatorial optimization.

We expect most of our bachelors to continue their studies at master degree level. Our program is designed on the basis of this presumption. However, our goal is also to open the new study branch to other fields, namely to graduates of other bachelor programs at our faculty, e.g., Environmental Engineering or the existing study branch Geodesy and Cartography



In June 2005 the Czech Ministry of Education, Youth and Sports approved our new curricula, and the first semester in geoinformatics will be opened in 2006. The first semester of the master degree program in geoinformatics will open in 2007. One of our next steps will be to fully harmonize the first two years of the programs in geodesy and cartography with the new geoinformatics study plan.

## References

1. Vaniček P., Krakiwski E.J.: Geodesy: the Concepts, North-Holland, 1986, 2nd ed., ISBN 0444-87775-4
2. Enemark S.: Review of Education Needs, Consultancy to the Czech Office for Surveying, Mapping and Cadastre, EU Phare Land Registration Project, Project No CZ 94402-02, February 1998
3. Čepel A., Pytel J.: Free Software – An Inspiration for a Virtual Academy, FIG XXII International Congress, Washington, D.C. USA, April 19-26, 2002
4. Čepel A., Pytel J.: Acyclic Visitor Pattern in Formulation of Mathematical Model, FIG Working Week, Athens, Greece, May 22-27, 2004
5. Kostelecký J., Pytel J.: Modern Geodetic Control in the Czech Republic Based on Densification of EUREF Network, FIG Working Week, Athens, Greece, May 22-27, 2004
6. Stallman R. M.: Free Software, Free Society (selected essays), GNU Press, Free Software Foundation, Boston, MA USA, ISBN 1-882114-98-1
7. [Stallman R. \(interview\)<sup>1</sup>](#)
8. Rocken, C., Mervart L., Lukeš Z., Johnson J., Kanzaki M.: Testing a New Network RTK Software System, In: Proceedings of GNSS 2004. Institute of Navigation, Fairfax, 2004, 2831-2839

---

<sup>1</sup><http://kerneltrap.org/node/4484>

9. archive of all accreditation documents<sup>2</sup> - submitted to the Czech Ministry of Education, Youth and Sports.

---

<sup>2</sup><http://geoinformatika.fsv.cvut.cz/akreditace/>

## Applications of the Galileo System in Civil Engineering

**Prof. Leoš Mervart**

Department of Advanced Geodesy  
Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague  
E-mail: [mervart@fsv.cvut.cz](mailto:mervart@fsv.cvut.cz)

**Key words:** Galileo System, Civil Engineering, Research plan MSM 6840770032

### Research plan description

#### Subject and goal of the research plan



The development of the first satellite positioning systems – also known as global positioning systems (GPS) – goes back to the 1960s. Their significance for technical practice started to increase together with gradual completion of the NAVSTAR (Navigation Satellite Timing And Ranging) GPS system during the 1980s. Since then, the number of applications has been continuously growing, and GPS have become indispensable in

various areas of human activity. With the development of new GPS applications, however, certain limitations of the presently single fully operational system, NAVSTAR GPS, have started to be manifested, which are mainly caused by the fact that the system was originally designed for the needs of the US armed forces, and its inventors did not bear in mind the hundreds of its various civil applications.

For this reason, one of the priorities of the European Union member countries was to develop its own satellite positioning system, which (unlike the United States' system) would be primarily designed for a whole range of very diverse civil applications. During the complicated and long preparatory phase of the project, both its overall concept and the name of the positioning system itself went through changes. Negotiations between the European Union and the United States, aimed at ensuring so-called interoperability of the existing and the new positioning system, were also difficult. At the present time, it may be stated that there are no more political obstacles on the way to the construction of a European positioning system, and its detailed concept has been approved. In 2006, the project advanced from the so-called development phase to the implementation phase. The operating phase should be reached in 2008. The positioning system of the European Union is based on two projects:

#### **EGNOS (Euro Geostationary Navigation Overlay Service) Project.**

This is a joint project of the European Space Agency (ESA) and the European Commission, which will (as based on a plan of 2005) comprise three geostationary satellites.

#### **GALILEO Project.**

The GALILEO system (also representing a joint ESA and European Commission project) is a highly ambitious project, which, after its completion, should represent the latest technology for precise positioning. From July 1st 2003 to the end of 2005, the project was in the so-called development phase, while 2006 set off its so-called implementation phase, and from

2008 on the system should be fully functional. The system involves a total of 30 satellites on three orbits (inclination to the equator - 56 degrees, distance from the Earth - 23616 km). The agreement on "the support, deployment and exploitation of satellite positioning systems GALILEO and NAVSTAR GPS" signed between the USA and the European Union in 2004 (on June 26th) has cleared the way for user interoperability and radiofrequency compatibility of both systems.

**The GALILEO system presently enjoys one of the top priorities in all EU member states. The Czech Government decree No. 218 of 23.2.2005 on organizing active participation of the Czech Republic in the Galileo programme declares the readiness of the Czech Republic to support its own business and research subjects.**

The design of services and signals within the GALILEO system was subject to long discussions and numerous changes. At the present time, however, it is evident that one of the signals of the GALILEO systems will be in the L1 high-frequency range. This fact makes way for simple and cheap receivers capable of working with both systems – NAVSTAR GPS as well as GALILEO. At the same time, this paves the way for considerable precision and mainly reliability improvement in positioning while using a combination of measurements coming from both navigation systems. A direct consequence of this qualitative leap forward to be expected is tremendous development of new applications, including applications in civil engineering.

We presume that due to the above-mentioned facts, it is necessary to focus the efforts of research staff members of the Faculty of Civil Engineering, CTU, on the research and development of the Galileo system applications in the fields of geoinformatics, landscape and civil engineering. We are convinced that in order to launch a project of such research, we possess a top-quality research team composed of experts in the field of satellite positioning systems, informatics, geodesy, highway engineering, building constructions and other civil engineering branches. We are also convinced that the submitted project is appropriately targeted, well timed (in relation to the GALILEO system's construction), and that its implementation will bring considerable economic benefits.

The intended research plan consists of **three mutually linked up parts:**

1. **Research and development of methods for the processing of signals from Galileo satellites,** problems of combining measurements coming from the Galileo system with the existing global positioning system NAVSTAR GPS, specific features related to the Galileo system's applications in the Czech Republic and linkage to current observation grids of the Czech Republic.
2. **Research and development of efficient processing methods of position-related information provided by means of the Galileo system,** its visualization, development of database and information systems (GIS) based on the data obtained through the Galileo system.
3. **Research and development of the Galileo system's application in individual civil engineering branches:**
  - monitoring of deformations of bridge structures

- monitoring of displacements of building structures by combining measurements coming from the Galileo system with laser scanning methods
- building machinery control
- long-term monitoring of displacements of tram and railway tracks
- prevention of risks in transporting hazardous freight
- searching and development of new applications of satellite positioning systems in civil engineering
- searching and development of new applications of satellite positioning systems and methods of remote sensing of the Earth in water management.

One of the principal targets of the submitted research plan, therefore, is **complex development of civil engineering applications of the Galileo system**. The term “civil engineering applications” denotes various technological procedures which imply obtaining position-related information on building structures, building machinery control, optimization of logistic problems during construction processes etc. as their component part. These will, on the one hand, include applications, which are presently being solved by using other technologies (e.g. terrestrial measurements). In such cases, the objective will be to develop technological procedures based on the Galileo system, which are more cost-efficient, more precise or less risky for the staff executing the measurements. On the other hand, the qualitative leap in the precision and reliability of positioning, incorporated in the Galileo system, will pave the way for completely new applications and technologies, which otherwise could not be made available by using existing means. These applications cannot be predicted one by one, and thus enumerated within the research plan proposal. Nevertheless, we presume that it is in particular the search for them and their development that should become a significant part of the proposed research plan.

The submitted project, however, is not focused solely on the application level of the Galileo system. The project is submitted by staff members of the Faculty of Civil Engineering, CTU, representing, to a large extent, surveyors and cartographers (Geodesy and cartography being one of the branches studied at the Faculty). Therefore, another major objective of the project is the **development of algorithms, methods and software applications for processing original measurements coming from the Galileo system, and integration of the results obtained by means of this system into information systems**. Individual applications in civil and landscape engineering may be linked up only to the results of this development.

The project, therefore, represents a certain **synthesis of research in the branch of satellite surveying and geoinformatics with specific applications in civil and landscape engineering**.

### **Present level of knowledge and research activity in sphere which is subject of the research plan, from both international and national standpoints**

The part dealing with the subject and goal of the research plan makes it clear that in order to achieve the project’s objectives knowledge coming from more branches of science and

technology is necessary. This section gives a brief outline of the present level of research activity and knowledge in the fields essential for solving the research plan:

### **Satellite surveying and navigation**

Satellite surveying, global positioning systems theory and development of algorithms and software tools for the processing of satellite observations is a kind of “starting point” of the submitted project as satellite observations represent the initial data source on which all intended applications are based. Satellite surveying itself cannot exist without links to other specializations falling under the branch of so-called geodetic surveying. Their common task is to allow positioning of static or moving objects within an exactly defined coordinate and time system. As any positioning is based on measurements carried out in a specific physical environment, study of physical characteristics of the Earth and study of time-related changes in these characteristics are also component parts of geodetic surveying.

The problems of satellite navigation have been a subject of interest of the staff members of the Department of Advanced Geodesy of the Faculty of Civil Engineering, CTU, since the start of the 1990s. The Head of Department, Prof. Mervart, is a co-author of two significant software systems for processing NAVSTAR GPS observations – so-called Bernese GPS Software (in cooperation with the Astronomical Institute, University of Berne, Switzerland) and the RTNET (Real-Time Network) programme used by the Japanese Institute of Geography for monitoring the Japanese Geonet network (a network of approximately 1200 permanent GPS stations).

Prof. Mervart and Dr. Lukeš are authors or co-authors of numerous scientific publications devoted to global positioning systems.

Other research team members – Prof. Kostelecký, Dr. Vondrák, and Dr. Pešek are experts in the field of the national reference frame, geodetic astronomy and coordinate and time reference systems. The problems of reference frames are an important part of research as individual positioning systems can work in variously defined and implemented reference frames whose correct transformation and subsequent conversion of results into systems used in the Czech Republic is the necessary condition for the use of satellite positioning systems for precise applications in technical practice.

Research activity in the field of satellite surveying is indispensable without wide international cooperation. The above-mentioned research team members are engaged in international co-operation projects in the framework of bilateral agreements with our foreign partners (mainly the Astronomical Institute, University of Berne) and international scientific organizations – mainly International GNSS Service and International Earth Rotation and Reference systems Service (IERS).

Among domestic research workplaces, our partner is mainly the Research Institute of Geodesy, Topography and Cartography.

### **Informatics, geoinformatics, digital cartography and geographic information systems**

The second pillar of the intended research plan is a group of sciences which (if we want to sum them up by a one-word term) may be referred to as “geoinformatics”. This modern branch of science applies the knowledge of informatics – a science on processing and handling

information – to fit the needs of geodesy, cartography and other scientific and technical disciplines dealing with measurements, mapping or (as is the case of civil engineering) also transformations of the earth's surface. In our concept, geoinformatics is a very wide term which serves, to a certain extent, as an umbrella for cartography, photogrammetry, remote sensing, mapping and land register. The significance of geoinformatics is also testified by the fact that “Geoinformatics” is the name and content of a newly accredited branch of study at the Faculty of Civil Engineering, CTU. Instruction in this branch will start in the 2006/2007 academic year.

The Department of Mapping and Cartography of the Faculty of Civil Engineering, CTU, is a top workplace in the fields falling under geoinformatics. The Department also comprises the Laboratory of Remote Sensing, whose research is focused on several areas. One of them is the monitoring of time-related changes in landscape, which may be determined from the data obtained through remote sensing – satellite data (optical and radar data) and aerial data (aerial photogrammetric images). The process of image evaluation necessarily requires precise localization of monitored changes. The Galileo system and the data provided by it will allow data acquisition with a substantially greater position precision and easier exploitation of the knowledge obtained in practice.

The Laboratory of Remote Sensing has been involved in the problems of differential interferometry for several years. This method allows collecting information on changes in the position of a territory on the earth's surface. A supporting tool for evaluating the results processed by differential interferometry is e.g. GIS where based on various sorts of input data a theoretical possibility of the existence of areas of subsidence is investigated. In this way, the values taken over from geological, mining and other background materials have been compared, which, however, cannot be used as absolutely reliable for confirming or denying subsidence. The Galileo system will allow continuous position monitoring in selected localities for several years. These measurements will be compared with the results of interferometric evaluation. The precondition, therefore, is to use the Galileo system for measurements on pre-selected localities. Such data will be regularly evaluated, and the information entered into GIS.

Another workplace of the Department of Mapping and Cartography of FCE, CTU, is the Laboratory of Photogrammetry. The laboratory activity in the last five years has been focused mainly on the use of terrestrial photogrammetry for documenting historical monuments where a number of significant achievements have been made while working on international projects as well. Higher forms of digital photogrammetric evaluation systems using the principles of virtual reality are represented in the laboratory at four stations. The pilot project of the laboratory in the long run is work on the PhotoPa system, which presently represents a relatively extensive photogrammetric and surveying database of minor historical monuments. Collecting this kind of data involves geoinformation elements, and the European GALILEO positioning system is presumed to be used for locating the objects.

### **Engineering geodesy**

Engineering geodesy is an application of geodetic methods in industry and civil engineering. Among the principal tasks of engineering geodesy there is complete geodetic site management – from works carried out during the design phase of construction through site surveying to documentation of its as-built version and, in some cases, even long-term monitoring of its

shifts and deformations.

Engineering geodesy is characterized by high demands for measurement precision and also by the fact that the measurements are carried out in very difficult conditions. The use of the latest devices is often the only way to fulfil the accuracy requirements observing, at the same time, the health and safety rules and reducing the risks of occupational accidents. In this respect, the use of satellite positioning systems in laying out major construction projects, the laser scanning method or the methods of automated building machinery control must be mentioned. The current positioning system NAVSTAR GPS has already been successfully used in some of the applications mentioned above. The use of the Galileo system, however, would result in reaching a greater precision of results replacing thus classic terrestrial methods in engineering geodetic applications setting high demands mainly for precise positioning. The impact of the new Galileo system would be still more significant in the cases where measurements are carried out in unfavourable conditions (e.g. limited visibility due to existing development etc.). With the number of satellites being more than twice bigger (a total of 54 satellites in simultaneous application of both the NAVSTAR GPS and the Galileo systems as compared to only 24 NAVSTAR GPS satellites) highly precise measurements under such difficult conditions would be feasible.

The problems of on-site geodetic measurements are studied by the Department of Special Geodesy of the Faculty of Civil Engineering, CTU, and also by the Department of Geodesy and Land Consolidation, FCE CTU. Doc. Blažek, the Head of the latter Department, is engaged in measurements of bridge deformations using optical methods. Ing. Štroner, PhD. from the Department of Special geodesy, FCE CTU, deals with the method of laser scanning of structures. Doc. Hampacher is an expert in mathematical processing of geodetic measurements using the adjustment calculus.

### **Building mechanics, highway engineering, environmental engineering, water management and water structures**

The Department of Building Mechanics of the Faculty of Civil Engineering, CTU, has been, among other things, involved in the long-term monitoring of static and dynamic behaviour of prominent building structures and detection of their excessive static deformations and dynamic deflections. The current accuracy of satellite observations using NAVSTAR GPS is, as a rule, lower than the precision required during the above-mentioned monitoring. It may, however, be expected that after higher accuracy has been achieved by introducing the Galileo system, terrestrial measurements may be, in some cases, replaced with satellite observations with considerable economies and enhanced health and safety. Evaluation of the results achieved would be greatly facilitated by the fact that repeated measurements could be replaced with measurements performed by permanent satellite receivers eliminating thus the effect of periodic phenomena (e.g. temperature fluctuations during the day or year) on the total determined behaviour of building structures.

The Department of Railway Structures, FCE CTU, among other things, deals with monitoring displacements of selected sections of tram and railway tracks – e.g. trial sections with new structural elements. These displacements are presently monitored by means of terrestrial methods. The use of satellite methods would be greatly beneficial both in terms of cost-effectiveness and health and safety. The condition is not only high precision of the measurements, but also a capability of reaching this high precision rate in conditions standard

for railway and tram tracks – limited visibility of satellites in cuttings, impaired reception of signals due to vegetation etc.

The Department of Sanitary and Ecological Engineering, FCE CTU, is engaged in modelling distribution networks and rainfall-runoff processes in urbanized watersheds and evaluation of the ecological state of water courses and water/supply reservoirs, which requires precise information on the type and size of surfaces in the respective watershed, including their altitudinal surveys and boundaries and delimitation and precise location of structures, e.g. surface attributes of drinking water supply systems and sewage systems, which could be easily made available by using satellite methods.

The Department of Steel and Timber Structures, FCE CTU, participates in solving tasks aimed at monitoring steel and timber structures showing increased risks of excessive deformations and shifts. Such hazards are characteristic e.g. of historic spire timber roof structures. The majority of structures suffer from gradual material degradation of the bearing structure and in extreme climatic conditions (wind load) there are risks of their failures and irreparable damage. That is why measurements applying the proposed method and millimetre precision rate are of invaluable here, and they may very well identify structural failures. The use of satellite methods for these structures is beneficial as these structures are usually taller than the surrounding development. For this reason, any other measurement in such conditions sets high demands, while satellite receivers, on the contrary, provide considerable benefits as there is no danger of the receivers being shaded.

The use of the proposed method would also significantly enhance measurements on high masts, towers, chimneys and other similar structures. In such structures, second limit state (serviceability limit state) is often relevant. Here, dynamic wind effects are mostly in question, which must be monitored both in the actual wind direction and in the perpendicular direction, and cylindrical structures in particular may show resonance vibrations due to wind effects and be prone to fatigue damage. Wind effects may be, in a very complicated way, monitored in wind tunnels (scale models are used) where actual wind effects are only simulated. Measurements using satellite receivers would provide very valuable information on the basis of which actual wind effects could be analysed on real structures. The proposed project would significantly affect development in this area of structural design.

The Department of Geotechnics is ready to participate in solving the research plan by using knowledge referring to foundation condition of structures (rock mass condition in underlaying subsoil of buildings) and their foundation structures, including geotechnical causes of structural failures. Shape deformations of buildings may be also caused by rock mass dynamics, regardless of the fact if these are autonomous processes in the massif or part of interaction of the massif with buildings. Reliable results can be obtained only by complex assessment. The Department is well equipped by material and staff to monitor and evaluate the rock mass dynamics in interaction with buildings. Cooperation with other participating researchers is expected to result in obtaining valuable geodetic and geotechnical background materials for the evaluation of various types of localities; the research team of the Department of Geotechnics will also provide engineering geological and geotechnical background materials for other planned works.

### **Sub-goals of the research plan**

#### **1. System analysis and setting principal goals (SA)**

The process is a follow-up to the results achieved by the researchers prior to the project's launch. It runs at the start and, at the same time, during the whole time of the project duration to ensure that the partial tasks set are updated in relation to international development in the given problem area. A system solution to the project comprises a basic analysis of problems to solve, an application analysis and subsequent setting of demands for the functionality and properties of subsystems to ensure mutual linkage of individual processes.

#### **2. Research, development, testing and optimization of computation algorithms for processing information from Galileo satellites (GA)**

The process is one of principal tasks of the proposed research plan. It is a follow-up to previous researchers' works dealing with programme development for processing NAVSTAR GPS measurements in real time. In this part of the research plan we intend to:

- develop a programme for processing so-called phase measurements of the Galileo system
- assess the effect of corrections of the EGNOS system on the determined position of the receiver, design an optimum method of using the EGNOS system for intended technical applications
- investigate problems related to a combination of NAVSTAR GPS and Galileo measurements (different reference systems etc.) and prepare software tools for solving these problems

A new generation of satellite signal receivers of is presently being prepared. These new receivers differ from the existing ones in that some hardware elements are replaced with firmware elements. The receivers will be fitted with efficient processors and will become, to a certain extent, universal. By modifying or changing firmware, the receiver will be able to be used for measurements with different global positioning systems or their combinations (NAVSTAR GPS, Galileo and potentially others). The receivers will possess their own operating system allowing running user programmes directly in the receivers. This paves the way for developing new applications to optimize processing original raw data, solve communication with other devices within a given technology etc. Research and development of such applications, which are on the boundary line between firmware and user applications, will also form part of our work.

#### **3. Integration of national reference frame into common European reference frame (PZ)**

Research is targeted on the implementation of the European terrestrial reference frame ETRF89 on the territory of the Czech Republic with centimetre precision and its linkage to existing centimetre precision horizontal and vertical coordinate control systems (S-JTSK, S43/83, ČSNS). Only by observing this standard will it be possible to provide localization in all coordinate reference frames with the desired accuracy. As satellite movement is primarily described by means of laws referring to celestial mechanics in a celestial quasi-inertial celestial system, it will also be necessary to refine precision in transformation relations between this celestial and the rotating terrestrial reference system (precession, nutation, universal time,

pole movement). Some parameters of the Earth orientation (precession, nutation, universal time), however, cannot be obtained only from satellite observations, and a combination with VLBI observations is necessary. Therefore, research will be also aimed at developing the technique of these combinations. To build the integrated terrestrial reference frame requires, apart from other prerequisites, refining information on the quasigeoid surface on the domain of the Czech Republic by processing heterogeneous data, verifying its precision based on the “GPS-levelling” method, developing an algorithm of ETRF89 – S-JTSK and ETRF – S42/83 transformation and supplying relevant software with regard to its incorporation into GIS software.

#### **4. Applications of modern methods of numerical mathematics (NM)**

Study of effective and numerically stable methods for solving mathematical problems that occur in processing observations from satellite positioning systems and in processing huge geoinformation files. The research plan proposal does not make it possible to precisely predict which mathematical problems are going to arise during the project solution. Generally we can expect that we will face problems stemming from solutions of large linear equation systems (when processing observations from satellite positioning systems the rank can be expected in the order of 100 thousand unknown). What is demanded is not only high numerical stability, but also high solution speed. Optimal algorithms can be achieved when a-priory knowledge of the linear equation system structure is taken into account (e.g. in the case of “sparse” equation systems or systems with some parameters strongly dependent etc.) When processing satellite data in real time various modifications of the Kalman filter are mostly used (the main reason is effectiveness of the solution). In general, we can say that such filtering can be numerically highly unstable. Optimization of filtering algorithms in terms of numerical stability is another goal of this project section.

#### **5. Monitoring of deformations of bridge structures (MK)**

This area is considered as one of the most promising applications of satellite observations in the building industry. The objective of the project is verification of the serviceability of the new European Galileo positioning system for the monitoring of static and dynamic behaviour of significant building structures and for the detection of their excessive static deformations and dynamic deflections.

In terms of serviceability, operating ability, long-term reliability and durability of large-span pre-stressed bridge structures, the highly topical issue of today is the problem of time-related permanent deformation growth. Social relevance of the problems affecting the operating ability of bridges is immense, and the resulting costs economically greatly exceed the costs due to static failures.

Experience shows greater values of real deflections as compared to predictions based on calculations and their long-term growth in time – actual long-term deflections are greater than those specified by standard calculations. The causes of this phenomenon are many, and they need to be objectively analysed.

One (though not the only) significant factor affecting deflection development is creep and differential shrinkage of concrete. Due to the fact that these are highly complex phenomena including interaction of a number of factors at different microstructure levels, which are affected by multiple variables, the mathematical expression of the development of these

phenomena is necessarily rather complicated.

The research team of the Department of Concrete Bridge Structures and Bridges, FCE CTU, has achieved concrete results representing both original achievements in the theory of building structures, and support for design practice and monitoring of the deformation development of large bridges. The achievements include new mathematical models and computation methodology, generalization of results and practical recommendations serving as an efficient tool for reliable and economical design of structures, for reaching economies of construction materials, energy and resources, not only for construction, but also for maintenance, repairs and reconstruction.

Information on the actual deformation time pattern of bridge structures of pre-stressed concrete is essential for the calibration of theoretic predictions. It may be used both for the assessment of condition of monitored bridge structures, but also for the verification of the truthfulness of mathematical models of creep prediction.

Example: Deflection development is monitored on the bridge on the D8 motorway over the Ohře River near Doksany village. An increment of permanent deflection of about 3 cm was measured in five years at the midpoint of the longest span of this bridge, which is 130 meters long. Such big deformations lend themselves to speculations about their measuring using the methods of satellite geodesy, for which, as compared to standard methods, at least one level higher precision, but also continuous monitoring during the entire long-term measurement period could be expected.

Load due to temperature variations is a significant part of the total stress acting on large building structures. Information on deformations of a structure caused by temperature changes that would be obtained by using the Galileo system and supplemented by measuring the temperature variations, which caused the deformations, may serve for refining the knowledge used in background materials, design models and techniques for calculations and judgement of the effect of temperature variations on the reliability of investigated structures.

Example: Today, temperature variations of several bridges in the Czech Republic are systematically being observed with the purpose of verification of values specified in the assumed European standard EN 1991-1-5. The Department of Building Mechanics, FCE CTU, is observing temperature variations of a pre-stressed concrete bridge over the Sedlický Brook on the D1 motorway in the middle cross-section of its longest span that is 75 m long. The deflection of this bridge structure due to temperature variations reaches ca 1 cm.

It is evident from the above-mentioned facts that the Galileo system could be used for:

- monitoring of the increment of permanent deflections of important pre-stressed concrete bridges,
- monitoring of the growing capacity to yield of important building structures caused by gradual degradation of their bearing structure,
- real-time monitoring of changes of basic natural frequencies of important building structures induced by gradual degradation of their bearing structure,
- detection of abnormal static deformations of monitored structures caused by extreme static live load (e.g. snow),

- detection of excessive vibrations of monitored structures caused by extreme dynamic live load (e.g. swinging of a monitored structure by extreme wind effect, swinging of a footbridge by vandals) or by loss of aerodynamic stability.

The first phase of research on the project presumes comparison of the data obtained by the Galileo system with the data measured by classic techniques (research workplace: Department of Geodesy and Land Consolidation, FCE CTU). Transition from classic measurements to satellite observations with the advantages of economic effectiveness, improved health and safety and greater reliability of results should be possible after the verification of results.

Part of the task is also the development of methods for mathematical-statistical processing of obtained data and the development of software support for computations.

## **6. Monitoring of failures and excessive deformations of significant historical buildings, monitoring of deviations and deformations of tall masts, towers and chimneys**

The aim of this part of the project is to verify the serviceability of the new European GALILEO positioning system for the monitoring of static and dynamics behaviour of significant (mainly historical) building structures and for the detection of their excessive deformation and dynamic deflections, which usually become a signal of a failure in the bearing structure.

The risks of failures or damage are of principal importance e.g. in historically valuable timber structures of spire roofs. In the majority of timber structures, progressive degradation of the material of the main structure occurs (effects of humidity, wood-destroying insects etc.), and during a severe climatic exposure (for spire roofs mainly under wind load) there is a risk of a failure. Therefore, application of satellite receivers with millimetre precision would be very beneficial to identify very well the defect of the structure and also give answers to questions if rehabilitation (strengthening) of the bearing structure is necessary. The use of satellite methods is very useful in the case of above mentioned structures because these structures usually exceed in height the surrounding terrain and buildings. Any other measurements is in this case are very complicated and expensive, while application of the satellite methods is very favourable, because there is no risk of overshadow of receivers, there is no need for a permanent operator, the measurement can be restricted to only specific periods of time in which the structure is exposed to extreme effects.

Satellite observations represent one of a few possibilities how to verify the behaviour of tall masts, towers and chimneys and other similar structures exposed to wind effects. For these structures, the limit state of serviceability (so-called second limit state) is usually crucial. Here, dynamic effects of wind are mostly the cause which must be monitored both in the direction of acting wind and in the perpendicular direction where mainly cylindrical-shaped structures could be vibrated by resonance and consequently endangered by fatigue damage. Wind effects are very difficult to monitor on scale models in wind tunnels where real wind impacts are simulated. Measurements with the help of Galileo receivers would provide us unique information on the basis of which we could analyze the real wind impacts on aerial structures. With respect to the proportions of these structures, their height-width ratio is very unfavourable for verification in wind tunnels, and monitoring of above mentioned variables on the real structures will entail significant advances in this branch.

A further contribution would be a possibility to make measurements on such structures, which bear a considerable number of aerial systems and where there is a tendency to increase their dimensions or quantity. This problem is increasingly common because it is an accompanying phenomenon of the development of mobile communication networks. There is a limited number of tall buildings and structures in built-up areas and usually there is no chance to build new tall structures there, and this results in an increase in effective aerial areas on existing structures. There are some limits to this development and risks of failures under extreme climatic load. That is why, with the help of satellite receivers, the present state behaviour and also the behaviour after increasing the effective aerial area could be monitored on selected structures. In the case of a significant deformation growth, it will be possible to decide if the technology menaces the safety and stability of the structure and possibly how big additional horizontal load will be permissible in terms of maintaining the reliability of the whole system

## **7. Application of the Galileo system in landscape and water management engineering (VI)**

The research workplaces (Department of Irrigation, Drainage and Landscape Engineering, FCE CTU, and Department of Sanitary and Ecological Engineering, FCE CTU) are going to develop expert and warning systems serving as decision-making support in real time. They will refer, in particular, to the following fields:

- water management – monitoring critical situations such as accidents, floods etc.
- landscape engineering – mapping and monitoring of valuable landscape elements, nature and landscape conservation
- transport and its environmental impact

Exact measurements with the help of the Galileo system will be used for the improvement of horizontal and vertical data on surface attributes and for exact positioning of remote sensing data. Possible applications are in areas such as:

- exact location of surface attributes of drinking water supply systems and sewage systems in x, y, z coordinates enabling a rapid access to control elements and manholes for operation purposes and rapid failure actions (digitising of the topographic base does not convey the coordinate of height, geodetic measurements are exigent and expensive, surface attributes are often hard to access, especially due to dense traffic)
- data for rainfall-runoff models of water quantity and quality (type and size of surfaces in the watershed and their slopes),
- data for the assessment of the ecological state of streams, rivers and water-supply reservoirs (their surveying, monitoring of changes in channels, riparian zones and watershed cover, water-level fluctuation)
- monitoring of accidents affecting water resources, progress of eutrophication of reservoirs
- monitoring of the descent of urban utility networks resulting from surface declination due to mining, etc.

Both research workplaces plan to provide theoretic outputs – feasibility studies, designs of applications and assessment of the system's technological demands and, in cooperation with

other working groups, definition of technical requirements necessary for the system, as well as outputs in the form of demonstrations of individual applications.

### **8. Application of the Galileo satellite system in highway engineering (SI)**

Exact location in space and time is becoming an important part of road transport and highway engineering. Several applications can be used e.g. in management and heavy vehicle control, easier overload checks, automatic highway toll systems etc. One of the most important challenges in terms of road safety is precise location of overload, oversize and dangerous freight during transport. The advantage of the Galileo satellite system can also be used for highway repairs and maintenance. This includes e.g. optimization of winter snow removal as well as routine monitoring, pavement management systems and highway maintenance, including measurements of their flexible and unchangeable variables.

The research team at the Department of Road Structures, FCE CTU, will proceed with the development of an expert system, which would, on a complex basis, include the above mentioned issues using the Galileo system as a principal source of spatial data. Special attention will be focused on ongoing programs in Canada and south-eastern Asia where GPS is already used. However, the system proposed by the FCE will employ the latest technologies of the new positioning systems, including communications between the user / vehicle and the central operating system after detecting a crisis situation and reacting to this situation.

### **9. Applications of the Galileo system in railway engineering (ŽS)**

The research workplace (Department of Railway Structures, FCE CTU) will be engaged in the development of applications of the Galileo system for long-term monitoring of spatial displacements of selected sections of tram and railway tracks. In this case, the Galileo system will replace technologies based on terrestrial measurements using a technology based on satellite observations resulting in greater cost-effectiveness and health and safety. Monitoring of displacements of tracks is necessary in cases when the tracks are built with new structural elements, on high-speed tracks and tracks endangered e.g. by slope movements resulting from human activity (i.e. technogenic movements e.g. due to undermining etc.) The objective of automated monitoring is to ensure greater safety of rail-borne vehicle operation.

### **10. Combination of the laser scanning method and the Galileo system (LS)**

The research workplace (Department of Special Geodesy, FCE CTU) deals with modern methods of the monitoring and documentation of constructions by laser scanning systems. It is a highly effective and modern method, which allows mass collection of spatial data and its post processing and visualization. The most important device of the whole system – a laser scanner - produces coordinates in the local coordinate system and so the results of the measurement have to be transformed into the national reference coordinate system or into an alternative well defined suitable coordinate system. To perform the transformation accurately and effectively, it appears to be suitable to develop a technology, which combines the laser scanning measurement and observation of control points with use of the methods of the European space positioning system Galileo. The proposed task comprises:

- research of possibilities of mass data collection with the use of laser scanning systems for construction documentation purposes,
- research of possibilities of mass data collection with the use of laser scanning systems for

the purposes of deformation analysis of constructions and other structures of interest,

- processing, visualization and presentation of data acquired by laser scanning systems,
- research of possibilities of interconnecting the results of terrestrial laser scanning and the results of the Galileo system's observations,
- comparison and linking of terrestrial geodetic technologies and modern satellite positioning methods with a view to the European Galileo system,
- research of possibilities of data acquisition for the purposes of facility management,
- usage of 3D models in city information systems (MIS).

## **11. Application of the Galileo system in experimental geotechnics (EG)**

The state of rock or soil environment and its possible impact on the structure or on existing objects is evaluated during geotechnical surveys. The frequent task is to find out discontinuities, weakened zones, voids, cavities and other underground in-homogeneities. All this is provided by georadar surveys, best in combination with other methods (superficial refraction seismicity, micro-gravimetry).

The usage of georadars allows to obtain invaluable information about the geological structure near the construction route, e.g. about the depth and relief of underlaying rock, lithological changes, occurrence of disturbance zones etc. It enables the localization of utility networks and underground objects. Based on the results of georadar surveys it is possible to optimise the construction route, to classify earthwork, to determine the most suitable technology, to determine the range of blasting work, to evaluate the stability of the area or the possible impact of the construction on the surroundings. The georadar has its use both during construction and after its finishing (e.g. in the assessment of compaction quality). Its indisputable advantage is that it allows gaining high-density measured data. While the distance between survey drills is often several hundred meters, the distance, when using the georadar is only several decimetres.

The usage of the georadar in connection with the Galileo system enables gaining exactly localised outputs of this survey by linkage to the coordinate system. It will be possible to create a 3D automated continual database of underlaying rock of extensive areas by combining a non-destructive method of geotechnical surveying and the Galileo system.

## **12. Evaluation of strain risks in structure-rock massif interaction (GT)**

Research in this area encompasses investigation of historical buildings (castles – Kunětická hora), landfills, spoil heaps (Palivový kombinát Ústí nad Labem - Rabenov), dumps, undermined localities and underground structures (Research underground laboratory, Gallery Josef, Mokrsko), slope deformations (Čertovka – Ústí nad Labem – Vaňov), traffic structures (highways), hydrotechnical structures (rockfill dams etc.), industrial structures and engineering structures (bridges) exposed to natural and anthropogeneous deformations of the rock massif. Following archive study, a choice of sensitive localities in terms of existing movements will be prepared (slope deformations, erosion, flood-related transport and accumulation, sensitive subsoil types, human activities). After shortlisting the number of structures whose investigation is feasible taking into account the time available and personal limits, the structures of interest will be instrumented and monitored. Results will be related to the measurements

carried out on the rock massif, or in tunnels and drill holes. Finally, conclusions will be formulated evaluating potential use of analogical measurements and monitoring of structures.

### **13. Web services design for geoinformatics (WS)**

The research is targeted at the design of a general object-oriented system for geoinformatics, with the objective of integrating various heterogeneous geoinformation services under a unified user interface. The interface for each service will be described in XML based on WSDL language. A registered user will be able to access results of submitted tasks, the geoinformation system itself will be written in Java language and based on servlets and the database handler JDBC. Privileged users will be allowed to register their own services in the system.

### **14. Referencing of state large- and medium-scale map series by using the Galileo system (MA)**

The use of observations from the satellite positioning system must go hand in hand with entering the results in the existing topographic base. On the territory of the Czech Republic there is a number of state map series produced in a total of four coordinate systems and three cartographic projections with an unusually diverse range of sheet marking and sheet line systems. To meet the needs of digital cartography, international exchange of cartographic data and generally all modern technical applications, seamless maps (i.e. a map as a whole not a set of map sheets) must be introduced in a projection and a coordinate system chosen by the user. Problems arise e.g. due to the fact that base maps are produced by scanning and the contacts of neighbouring sheets are not aligned and, besides, they have irregular shrinkage. The research workplace (Department of Mapping and Cartography, FCE CTU) will work on the development of tools for the conversion of the existing topographic base into a uniform (electronic) format so that it may be used jointly with the Galileo satellite positioning system.

### **15. Application of the Galileo system for enhanced effectiveness of real estate register management (KN)**

Technical applications of the positioning system in civil engineering rely on flawless functioning of the new Real Estate Register Information System (ISKN) and on rapid provision of current data for its graphic section (SGI). In this respect, the problems to be solved are creation of fast outputs in the form of thematic maps for crisis management at the time of natural disasters or similar events. Localization of selected elements within the territory by means of the GALILEO system can be conveniently combined with image data (colour orthophotos) to specify and monitor land use by means of the IACS system, based on the EU requirements and regulations for providing subsidies for agricultural production.

### **16. Application of the Galileo system in photogrammetry (FG)**

The Laboratory of Photogrammetry deals with a number of tasks related to precise positioning. The laboratory activity has, in the long run, been focused on documentation and presentation of historical monuments with the aim of creating an extensive virtual database of listed monuments on the Internet. The first successful attempts in this area have been achieved <http://lfgm.fsv.cvut.cz>, the prototype of a database of minor historical monuments PhotoPa is in functional condition. This database, in particular, should be complemented by options of making animations and virtual reconstruction of monuments, and it should be made accessible to general public in the form of a simplified database for virtual viewing

and tourism. Because of storing extensive amounts of data in the GIS environment which must be localized, a definition point or points must be specified for each object. Up to now, the technique used for this activity was measuring of position from a detailed map or hiking GPS. Another presumed system level will be visualization of objects based on their position on the map. Here, the Galileo system can be applied in connection with a digital map. A similar approach may be used for long-term investigation of geoglyphs and petroglyphs in Peru, which has been running for several years in cooperation with HTW Dresden and INC Peru. Here, the methods of precise GPS must be used for documentation purposes in extreme desert and mountainous conditions. Another research activity presumes creation of a system for multi-purpose navigation through cultural monuments. Here, the digital topographic base can be used complemented by additional useful information. In the last several years, laser scanning has become a new technology of documentation and mass collection of 3D points from the surroundings. At the same time, dynamic methods have appeared applying the GPS system complemented by an inertial positioning system. Inertial unit-fitted systems belong to hi-tech devices and are used in aerial applications. Terrestrial dynamic systems are still in the development stage. The research objective in this case will be creation of a dynamic system for surveying terrestrial line areas mounted on a car or rail-borne vehicle. The system's core will be a Galileo receiver and a laser measuring head. The presumed result of the measurement will be a 3D model of the nearest surroundings of the passed section with a multi-purpose use.

## Development of Open Source Tools that support the CCOG Resolution

**Jim Sutherland**

**Key words:** CCOG, national georeferencing initiative, requirements, infrastructure

### National Geo-Referencing Initiative

The Canadian Council on Geomatics (CCOG) passed a resolution in March 2005 whereby each province/territory agreed to develop and implement a plan to require geo-referencing new legal surveys according to the principles and standards set out in the resolution. Michael O'Sullivan, former Surveyor General of Canada, initiated the resolution which took over five years of research, development, analysis and discussion before being passed.

The resolution sets out the responsibility to each province/territory to define three georeferencing zones. The zones are to be defined as a function of parcel location and land use.

The resolution also sets out the required minimum relative accuracy standard, at the 95% confidence level, for geo-referencing new legal surveys located within each zone as follows:

Survey location	Accuracy 95% Confidence Level
Urban areas	5 cm
Rural areas	20 cm
Remote areas	1 metre

The referencing datum must be NAD83 (CSRS) and ties, where reasonable, shall be made to high quality officially published High Precision Networks (HPN), Canadian Base Net (CBN) or Active Control Points (ACP). Currently in BC there are HPN networks in the Capital Regional District and Greater Vancouver Regional District areas, approximately a dozen CBN pillars, and approximately eighteen BC-ACP GPS reference stations.

A fundamental principle of the resolution is that requirements (legislation, regulations, rules) for integration of new legal surveys, to the standards, should only be implemented when there is sufficient and easy access to the reference framework.

This leaves the provinces and territories to develop and implement a plan to:

1. Assess their local geo-referencing infrastructure and enhance where necessary to ensure access is practical.
2. Communicate the migration strategy for mandatory geo-referencing to the survey community.
3. Solicit input from land surveyors for defining geo-referencing zones.
4. Assess land surveyors training requirements and bridge gaps where necessary.
5. Explore the opportunity for collaborating on the development of open source tools that will facilitate and support geo-referencing new legal surveys nationally.
6. Make necessary legislation, regulation or rule changes.

## BC Geo-Referencing Requirements

The current General Survey Instruction Rules require all legal surveys outside of an integrated survey area, conducted all or in part by GPS methods to be geo-referenced to two (2) metres or better at the 95% confidence level. All legal surveys within integrated survey areas must be geo-referenced to 5 cm or better at the 95% confidence level. There is also a fairly recent rule change that requires Mineral Tenure Act surveys to be geo-referenced to 0.5 metres or better at 95% confidence level.

A working group, chaired by Mike Taylor, was created about a year and a half ago by the Government Liaison Committee (GLC) to investigate technical aspects of geo-referencing legal surveys and the practicality of accessing the positioning infrastructure within BC. The summary report of the working group findings on geo-referencing legal surveys was presented to the members at the last annual general meeting. The report includes an excellent summary of available positioning methods and accuracies achievable.

In alignment with the CCOG resolution for integration of legal surveys passed in March 2005, the GLC has taken the follow-up initiative to develop draft rule changes to require mandatory geo-referencing of all legal surveys in BC. The rule change will be presented to the Survey Rules Committee (SRC) in the near future. In support of this proposed rule change, the GLC is sponsoring a workshop at the Annual General Meeting which is intended to provide a good overview of positioning technologies and specifically outline the practicality of geo-referencing legal surveys in BC.

## Geo-Referencing Infrastructure

The provinces, territories and Natural Resources Canada (NRCan) have worked together to modernize the geo-referencing framework across Canada for many years. This collaborative effort has resulted in the readjustment of regional geodetic control networks and the official adoption of the NAD83 (CSRS) datum. The federal leadership and regional cooperation to enhance geo-spatial reference system has provided a much more homogenous network of geodetic control across Canada. Diagram 1 illustrates the hierarchy of the national geodetic control and regional control in British Columbia.

The philosophies and resources available within the provincial and territorial areas to develop the regional geodetic referencing framework over the last many years resulted in quite a variance in the physical and active control infrastructure developed within each region. As Brad Hlasny, Manager of the Geo-Spatial Reference Section, Base Mapping and Geomatics Services Branch (BMGS) said in the March 2004 issue of The Link, “*Truly, we are lucky to live in B.C. when it comes to accessing a modern and effective geo-spatial reference system (with its associated positioning services and tools)*”. It is important to note that BMGS is actively pursuing cooperative partnerships with local, regional governments and educational institutes to further enhance the provincial active control infrastructure. New active control points are in the process of being set up in Castlegar and Prince George with other areas currently under discussion and consideration.

One recent advance in the geo-referencing environment is the online Precise Point Positioning (PPP) Service launched by NRCan (Federal Government). This service enables users with

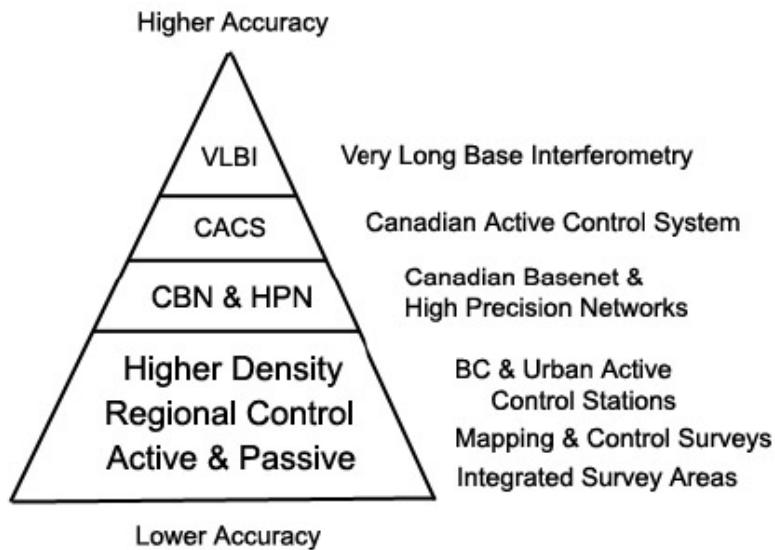


Figure 1: Accuracy

one receiver to derive reasonably accurate NAD83 (CSRS) positions relative to the Canadian Active Control System (CACS). The user collects GPS data at a point, exports a file in the RINEX file format, and then submits this file to the online PPP service. The on-line process is very fast and the user is emailed results and comprehensive processing reports. The processing can also be performed offline as well by using GPS Pace software.

The improved accuracy of the positioning solution is derived from precise GPS orbit and clock information which is collaboratively collected and distributed by agencies participating in the International GPS Service. Single or dual frequency receivers may be used, however, Precise Point Positioning using dual frequency receivers takes advantage of using both the carrier phase and pseudo-range observations. The PPP processing for single frequency receiver's currently uses only the pseudo-range observations. As well, only dual frequency receivers can take advantage of direct measurement of atmospheric errors. Single frequency receivers must instead rely on modelling these errors with a result of reduced positional accuracy.

Base Mapping and Geomatics Services Branch is currently testing the PPP service using data collected with various receivers including low cost single frequency receivers. The tests are expected to include typical legal survey observation scenarios (see diagram 2) that include PPP derived coordinates, 3D vectors (derived from differential positioning using two receivers) and conventional direction/distance observations. I believe the PPP service will have a great impact in making it practical and relatively inexpensive for land surveyors to geo-reference new legal surveys in remote areas.

The availability of inexpensive new generation GPS receivers that are capable of collecting multi-channel carrier phase and pseudo-range data and able to convert to a RINEX file format will complement the PPP service to provide a powerful and practical positioning solution. New processing techniques and technologies also show promise for providing better positioning solutions using inexpensive GPS receivers, thereby, making high accuracy positioning more practical/accessible to the survey community.

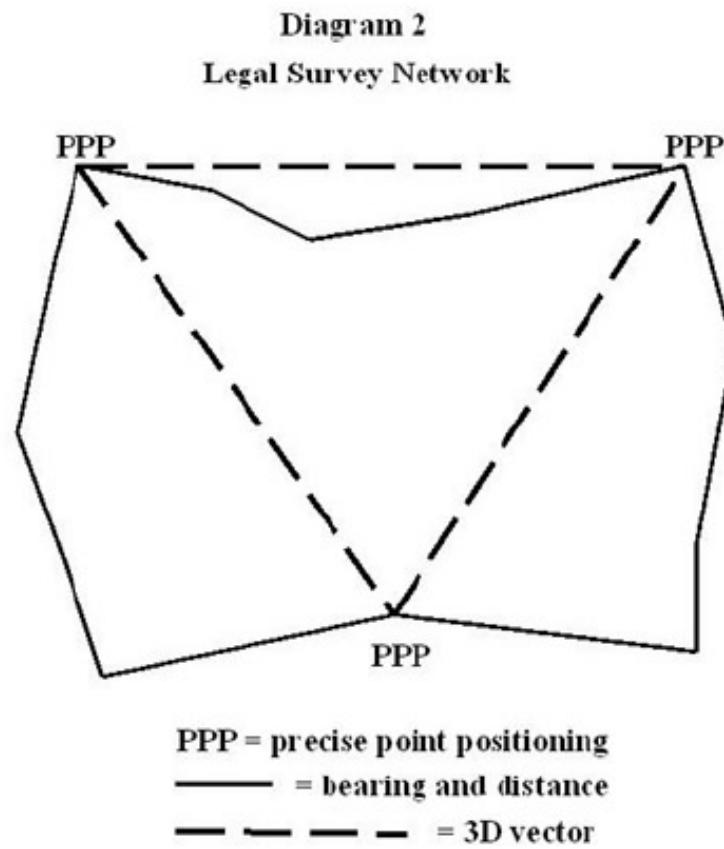


Figure 2: Legal Survey Network

### Integrating Legal Surveys

The challenge facing the legal survey community is to determine whether the geodetic framework is adequate in each region to implement rules for mandatory geo-referencing of all new legal surveys, and if not, how to enhance it to be practical. The cost of ramping-up all legal survey firms to be capable of geo-referencing all new legal surveys could be considerable. One must look at not only the capital cost of survey equipment, but also the equipment validation, training, maintenance and processing resources.

Alternatively, many survey firms have already taken advantage of modernizing survey operations to include global positioning systems in order to gain efficiencies and to embark on new business opportunities. While the implementation of geo-referencing of all surveys will involve additional work not previously undertaken during legal surveys in many areas of the Province, the long term benefits to the cadastre and to surveyors can not be understated.

### Development of Open Source Tools that Support the CCOG Resolution

The resolution passed by CCOG fosters the integration of legal surveys across Canada. However, this places an additional burden on land surveyors to find practical methods for geo-referencing and integrating their conventional legal surveys to meet the standards. It would

be very beneficial to all stakeholders to collectively explore the development of an integrated set of open source tools for processing conventional survey and coordinate observations. This would provide an effective alternative to commercial software that would benefit the national survey community.

We are very fortunate to have a number of existing open source tools that provide valuable resources independently, however, when combined and enhanced would provide a very powerful and practical processing environment for land surveyors. A brief outline of some of pertinent existing open source programs follows:

**Gama Least Square Adjustment** is a program for performing a least square adjustment of 1D, 2D and 3D survey observations. The project was initiated by Ales Cepek and Jan Pytel at the Department of Mapping and Cartography, Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague in 1998. The program name Gama is derived as an acronym from Geodesy and Mapping. Gama has been presented at FIG conferences and received status of GNU license software in 2001. Gama adjusts observed coordinates (with variance- covariance matrix), distances, angles/directions, height differences and 3D vectors in a local coordinate system. The observation data is formatted as an XML (Extensible Markup Language) input file. This makes it easy to read and edit the data. Gama is run simply as a command line program or via the companion GUI Rocinante (written by Jan Pytel) which is very well structured and easy to use.

**Rocinante Graphical User Interface for Gama** is fully object-oriented cross-platform GUI for creating/editing Gama XML input files and running Gama least square program.

**Use-Friendly Desktop GIS (uDig)** is an open-source spatial data viewer/editor based on OpenGIS standards and is licensed under Lesser Gnu Public License (LGPL) and includes a Web Map Server and Web Feature Server. uDig provides a common Java platform for building spatial applications with open source components.

**GeoTools** is an open source Java GIS toolkit for developing programs compliant with Open Geospatial Consortium standards. GeoTools provides a computational process of converting a position given in one Coordinate Reference System into the corresponding position in another Coordinate Reference System.

Gama and Rocinante are very powerful survey data processing resources for land surveyors. They were originally intended for adjusting geodetic networks, however, Rocinante makes it easy to input legal survey type observations and quickly run the Gama least square adjustment. Land surveyors commonly use commercial coordinate geometry programs to process their conventional direction and distance survey observations. In recent years some firms have incorporated GPS base line processors and complimentary least square adjustment programs that may or may not include processing both conventional and GPS data together.

Many commercial tools enable land surveyors to export an AutoCAD TM DXF format file. This provides an opportunity to use this file format as an easy means of importing the direction and distance observations to the Gama XML input format. uDig provides an excellent framework for creating a plug-in extension to import the DXF file, convert to Gama XML input format and run the adjustment. uDig can also perform necessary coordinate transforms using the appropriate GeoTools code. Adding a plug-in extension to import coordinate obser-

vations (including the associated variance co-variance matrix) from Precise Point Positioning files would create a powerful and practical integrated legal survey observations processing environment.

Diagram 3 illustrates a basic proposed legal survey data processing model integrating the aforementioned open source tools. The model enables a user to:

1. create observation input file using Rocinante;
2. input conventional observations using a vector file input (DXF / SHP) and extract to Gama (note: the vector file would be coded by line-type or colour for discerning direction, distance or both type of observations);
3. input coordinate observations via PPP, text file or dialogue input;
4. input Land XML file format observations and convert to Gama XML input format;
5. perform coordinate transforms;
6. run Gama least square adjustment, review output, edit and re-run as necessary;
7. export final adjusted network in DXF, SHP, Land XML format or Gama output file.

Creating a robust and easy to use set of integrated legal survey open source processing tools will provide substantial support to land surveyors in all regions tasked with the requirement of geo-referencing legal surveys according to the new CCOG resolution. We are very fortunate to have all the main open source components already existing to create an integrated processing environment that will require minimal additional effort.

The March 2005 CCOG resolution set the stage for the migration towards mandatory georeferencing of legal surveys across Canada. I strongly encourage the national survey community to seek support from CCOG and the Geo-Connections program in order to collectively explore, develop and implement a powerful integrated open source processing solution for integration of legal surveys.

## References

1. [Gama Least Square Program<sup>1</sup>](http://www.gnu.org/software/gama/)
2. [Rocinante GUI for Gama<sup>2</sup>](http://roci.sourceforge.net/)
3. [uDig Home Page<sup>3</sup>](http://udig.refractions.net/confluence/display/UDIG/Home)
4. [GeoTools Home Page<sup>4</sup>](http://www.geotools.org/)
5. [GeoConnections<sup>5</sup>](http://www.geoconnections.org/)
6. [Canadian Council on Geomatics \(CCOG\)<sup>6</sup>](http://www.cgdi.gc.ca/ccog/ccog.html)

---

<sup>1</sup><http://www.gnu.org/software/gama/>

<sup>2</sup><http://roci.sourceforge.net/>

<sup>3</sup><http://udig.refractions.net/confluence/display/UDIG/Home>

<sup>4</sup><http://www.geotools.org/>

<sup>5</sup><http://www.geoconnections.org/CGDI.cfm/fuseaction/partners.ccog/gcs.cfm>

<sup>6</sup><http://www.cgdi.gc.ca/ccog/ccog.html>

## DEVELOPMENT OF OS TOOLS THAT SUPPORT THE CCOG RESOLUTION

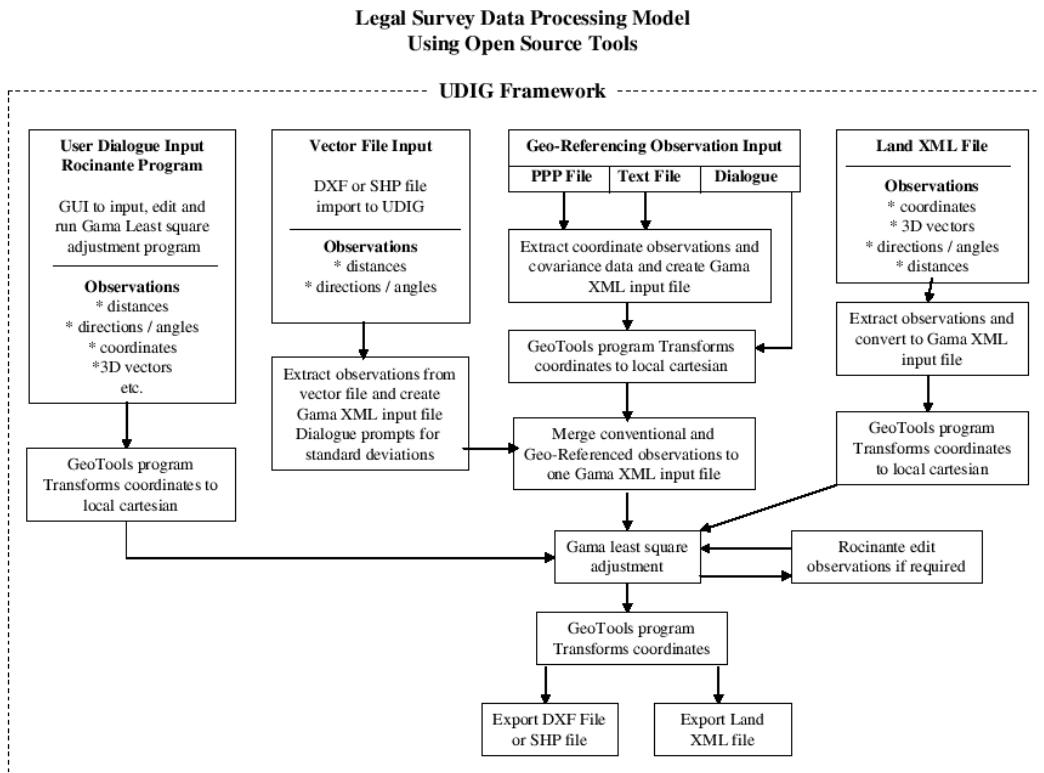


Figure 3: UDIG Framework

7. Precise Point Positioning Service<sup>7</sup>
  8. Canadian Spatial Reference System<sup>8</sup>
  9. British Columbia Geo Spatial Reference System<sup>9</sup>

<sup>7</sup>[http://www.geod.nrcan.gc.ca/ppp\\_e.php](http://www.geod.nrcan.gc.ca/ppp_e.php)

<sup>8</sup>[http://www.geod.nrcan.gc.ca/network\\_1p/index\\_e.php](http://www.geod.nrcan.gc.ca/network_1p/index_e.php)

<sup>9</sup><http://srmwww.gov.bc.ca/bmgs/gsr/>

## Trends in Geoinformatics Education

**Markéta Potůčková**

Department of Applied Geoinformatics and Cartography

Faculty of Science, Charles University in Prague

E-mail: [mpot@natur.cuni.cz](mailto:mpot@natur.cuni.cz)

### Introduction

Recent trends in Global Positioning Systems (GPS), Geographic Information Systems (GIS), photogrammetry, remote sensing and communication technologies require changes in surveying and related educational programs dealing with geoinformation, such as geography, environmental engineering, forest engineering and geology. Changes in structure and format of University curricula across Europe within the past few years reflect this need as well as a diminishing number of survey engineering and geoinformatics students in some countries. Multi-disciplinary education in information technologies (IT), management or economics and geoinformatics can increase employment opportunities in some labour markets.

The terms ‘geoinformatics’ or ‘geomatics’ are used interchangeably in some university programs. The definition of both terms has not been standardized to-date. In the context of this paper, geoinformatics is the science dealing with the development and management of databases of spatial data, their analysis, modeling and presentation, and development and integration of computer tools and software for solving these tasks. The term Geomatics originated in Canada in the 60’s includes disciplines of spatial data acquisition in addition (Wikipedia).

Geoinformatics curricula at universities with a long tradition in geodesy and cartography education are usually built on solid training in mathematics, physics, programming, computer graphics, and web-applications. This paper focuses on educational models, not common in Central Europe (project-based learning at Aalborg University, Denmark and internationally oriented education at ITC, the Netherlands).

### Current trends in Geoinformatics education

Albeit specifics of some subjects to a given country, especially in cadastre and land management, common general trends can be identified (Enemark, 2005, Höhle, 2006):

- As the amount of information increases, it is necessary to concentrate on ‘core knowledge’ within each subject. Students should be given references relevant to their field of interest and understand the technology and interpretation of results, - while using modern, easy-to-use systems.
- Traditional focus on professional and technical skills (knowing how) is changing into educational models which expose students to modern technologies and teach how to keep the knowledge up-to-date and solve problems on a scientific basis.

- Learning management skills in order to meet the needs of customers and to adopt changes in technology developments in the context of a changing social and economic structures of the society.
- Adopting e-Learning as part of a university education. Lectures and exercises are supplemented with presentations, and interactive educational materials on the Internet as well as on-line test and assessments.
- Offering Geoinformatics courses to international students by teaching in English, as shown by some European universities (e.g. TU Berlin, Stuttgart University of Applied Sciences). This could be a possible mitigation measure to decreasing numbers of students enrolled in Geoinformatics in some European countries.
- In recognition of the concept of continuing professional development, or lifelong learning, universities do not concentrate on education of undergraduate and Ph.D. students only, but offer refresher courses on different subjects and at different levels. The use of e-Learning enables enrolment of professionals as their time and possibility of attending courses are limited.

### Forms of Education

In most Central European Countries education in Land Surveying and Mapping has been established between the World Wars. Master degree programs take 4-5 years, postgraduate studies 3 years. The EU countries signed the Bologna declaration in 1999. It recommends implementation of the three degree structure for university education, - Bachelor of Science (B.Sc., 3 years), Master of Science (M.Sc., 2 years), and Ph.D. (3 years). To promote student mobility, a system of academic credits (the European Credit Transfer System) has been recommended.

Traditional, course-based approach of university education is based on lectures and exercises offered each semester according to a curriculum schedule. Most courses end with an examination. At some universities, two or three weeks of field work take place at the end of spring semesters.

In 1970's, a new approach, - the problem based, or project based learning (PBL) was introduced and successfully implemented at the Aalborg University in Denmark and the University of Aveiro in Portugal (offers a B.Sc. education in Geo-information Engineering). In this educational model, lectures and exercises still have an important role but take less time (about 50%). Main focus is on project work. Students have to find, define, and solve a problem within the course of the semester. Their work is documented in a report and defended during the examination. The concept of the PBL is to establish a closer connection between research and education. Teachers inform students about the latest developments during lectures and propose projects that are connected to their research topics. Supervising projects outside the educator's main research interest forces the teacher to update his knowledge in a broader context.

## Examples of Study Programmes in Geoinformatics

Education in Geoinformatics differs from institution to institution, depending on scientific profiles of teachers and researches, traditions, resources, equipment, and capacity. Three examples shown below illustrate some of these differences. It is possible to compare how these Universities reflect challenges mentioned in chapter 2.

### Aalborg University

Aalborg University (AAU) provides the sole educational program for chartered surveyors in Denmark. Education is carried out at the Faculty of Engineering and Science, Department of Planning and Development. There are three research groups responsible for curricula in land surveying, - Geoinformatics, Spatial Information Management, and Land Management. Prior to 2005, a one-level master degree programme was offered. Following-up recommendations of the Bologna agreement, a new study programme in chartered surveying has been established. The structure of this new programme is shown on Figure 1 (AAU-CS 2006). Student enrolment amounts to 20-40 students annually.

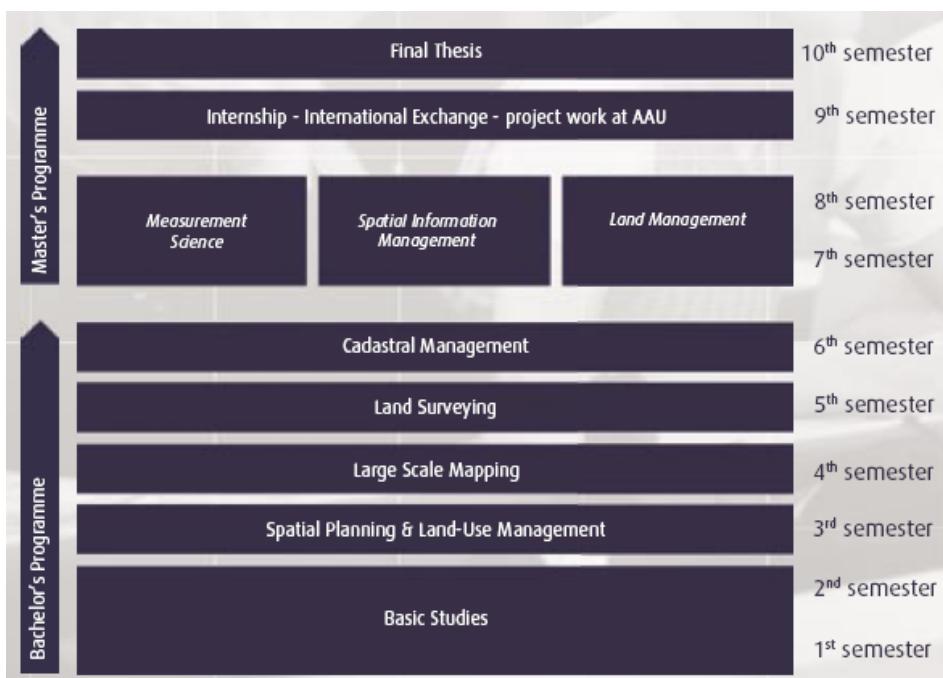


Figure 1: Structure of the chartered surveying study programme at AAU

During the first year of the Bachelor of Science programme, students gain knowledge in mathematics, computer science, GIS and also learn principles of Project Based Learning. It is the educational model at the AAU since its foundation in 1974. Groups of 5-7 students work on assigned projects starting in the first semester. Main topics of the 3rd to 6th semesters are Spatial Planning and Land-Use management, Large Scale Mapping, Land Surveying, and Cadastral Management. Students learn planning of urban and rural areas, land management, Cadaster, GIS, terrestrial measurement, GPS, photogrammetry, cartography (map

projections) and principles of adjustment theory. Assignments and projects reflect common tasks of land surveying practice.

Students can later choose one of three specialisations in the Master of Science programme. Overview of the specializations and some of the courses offered in the 7th and 8th semester is given in Table 1. At the end of each semester, groups of 3-4 students present projects on a chosen topic within the theme of the semester as part of the examination. Examinations are only from subjects relevant to the project. The 9th semester provides the possibility of professional development according to the students' choice. Students can study abroad, undertake project work in the private sector, choose other courses at the AAU within the Master of Science programme, or start the final project. The study is concluded by an examination which includes defense of the final project, typically completed during the 10th semester in groups of 2-3 students. Examples of recent projects include mapping from high resolution satellite images, mobile mapping using a linear laser scanner and determination of volumes by laser scanning data.

Specialisation	Measurement science	Spatial Information Management	Land Management
Theme	Positioning	GIS Theory and Technology	Real Estate
7th s.	Surveying and Terrestrial Laser scanning, Global Positioning Systems, Advanced Photogrammetry, Adjustment Theory, Statistics, Spatial Data Libraries & Data Quality, Methodology & Science Theory, System Development, Free Study Activity	Geospatial Analysis I, Geocommunication I, Data Security & Copyrights, Spatial Data Libraries & Data Quality, Methodology & Science Theory, System Development, Digital Administration	Property Law, Property Economy, Land Administration Systems, Legal Aspects of Land Administration, Property Valuation, Spatial Data Libraries & Data Quality, Methodology & Science Theory, Digital Administration
8th s.	Sensor Integration in Surveying, Sensor Integration in Photogrammetry & Remote Sensing, Data Integration & Image Analysis, Coordinate Transformation, Object Modelling from Laser Scan Point Clouds, Free Study Activity	Geospatial Analysis II, Geocommunication II, GIS/IT Implementation, Social Aspects of GIS, Standards & Exchange Formats	Urban Management, Local planning, Urban Growth Management, EU Legislation, Legal Sociology Nature & Environment Protection

Two teachers usually supervise the projects. One or two other teachers from AAU, experts from private sector or other universities together with supervisors examine the students. Cooperation with experts from private companies and other institutions ensures that the quality of education of the future graduates' meets the needs of the job market. Students evaluate each course at the end of the semester and provide their views on course contents, teacher's approach to the subject and students, teaching methods etc. to the Academic Board. All chartered surveying courses are taught in Danish while discussions on the possibility of teaching in English are ongoing. Information about the study programmes within the Department of Development and Planning is available from the AAU homepage (AAU\_D 2006).

### ITC

The Institute was established in 1950 in Enschede, the Netherlands, as the International Training Centre for Aerial Survey. Research, education, and project services are provided by six departments:

- Department of Earth Observation Science
- Department of Geo-information Processing
- Department of Urban and Regional Planning and Geo-information Management
- Department of Natural Resources
- Department of Water Resources
- Department of Earth Systems Analysis

The main mission of the ITC is 'directed at capacity building and institutional development for and in countries that are economically and technologically less developed', (ITC 2006). Over 17 000 students from over 165 countries have completed educational programmes at the ITC since its foundation.

ITC offers courses in six specialisations:

- Geoinformatics
- Geo-information Management
- Urban Management
- Natural Resource Management
- Water Resources and Environmental Management
- Applied Earth Sciences

It is possible to choose from a number of courses in programmes of various durations and obtain certificates, diplomas and University degrees. Short courses and individual modules, undergraduate and postgraduate diploma courses, master courses and Master of Science courses, distance, or refresher courses are offered. To have a comparison with study programs at the other two universities, the M.Sc. degree course in Geoinformatics is shown as an example.

Duration of the M.Sc. is 18 months and main topics of study, taught in six programme modules are:

- Generation of framework data
- Visualisation and dissemination of geospatial data,
- Design and optimisation of production and dissemination systems,
- Spatial information theory,
- Information extraction,
- Web technology for GIS and mapping

Two additional modules focus on research methods. Students may also choose three elective modules within their field of their interest from various modules offered by the six departments. The last six months are dedicated to work on Master thesis. English is the official language at the ITC. Detailed information can be obtained from the ITC's homepage (ITC 2006).

### **Charles University in Prague**

Education in Geoinformatics is offered at the Faculty of Science, Department of Applied Geoinformatics and Cartography (CU\_GIS 2006). The Department is a part of the Institute for Geography and its new curriculum was established in 2003. Since 2005/2006, new bachelor and master study programs have been established. The bachelor degree programme 'Geography and Cartography' educates students in the field of geography, GIS, and Remote Sensing. Students choose their bachelor thesis according to their interest in the field of physical geography and geo-ecology, social and regional geography, geoinformatics or cartography. The Bachelor study is concluded by the defence of a bachelor thesis and the bachelor State examination.

Students enrolled in the master degree programme 'Cartography and Geoinformatics' must pass an entry examination and are tested in their knowledge in Cartography, Remote sensing, and GIS. They have to demonstrate motivation for study and research and propose a possible topic of their master thesis. It is expected approximately 20 students enrol in the programme each year. Overview of master courses is given in Table 2. Students are trained in research of the given problem and finding their own solution as part of mandatory and elective labs and exercises. Emphasis is on a scientific approach, literature reviews and research of other sources of information, formulating problems to be solved and looking for optimal solutions to the defined problems. During the 9th and 10th semesters, students work on their master thesis. Their chosen topic fits their interest but its content and goals have to be approved by the thesis supervisor and the department head. The student has to defend the thesis and pass the final, State, examination.

Semester	Courses
1st	Science Theory, Modern Cartographic methods, Extraction of Topographic Information
2nd	Application of GIS, Extraction of Information from RS Data, Interactive Maps, Theory of Spatial Information
3rd	Database Design and Management, Web in GIS and Mapping
4th	Diploma seminar
Elective courses	Remote Sensing and Natural Resources, History of Cartography, GPS, Remote Sensing Project

All courses in the bachelor and master programme consist of lectures and practical exercises. Exercises are mostly held in computer rooms where students are asked to solve different tasks using available software packages. These tasks are more complex in Master courses and usually require two to three weeks to complete. Submission of all completed exercise tasks is the prerequisite for being admitted to an examination of the specific subject. To date, all courses are taught in Czech while a proposed study plan for international students, in cooperation with other universities is discussed.

## e-Learning

New means of communication and information exchange via the Internet impact Geoinformatics education. Presentations complemented by lecture notes (e.g. PowerPoint slides) on the Internet are expected by students nowadays. Exercises, test questions and assignments are placed on the Internet and answered via the Internet. Students and teachers can communicate via electronic conferences, chat rooms and discussion boards and receive feedback to their work on-line. e-Learning programs can be used as supplementary study and training materials to lectures and exercises of existing courses. This is called the blended learning technique and may bring higher efficiency and better results to the learning process. All these tools are necessary for distance education and increase in significance in the lifelong learning programmes.

Software packages such as Moodle, BlackBoard, WebCT enable efficient implementation of e-Learning courses. First, available tools for creating the course structure (setting the modules, calendar of events) are used. Second, the content of the course is defined (e.g. attaching different documents, linking external web-sites). Third, tools for checking the progress of students is added (multiple choice tests, assignments). Fourth, communication tools enable discussions between the teacher and student and among students.

e-Learning is one of topics discussed by education commissions of professional organisations such as ISPRS, ICA, or EuroSDR. For example, the EuroSDR activity ‘EduServ’, EuroSDR’s education service, is offered to participants from national mapping and cadastral organisations, universities and the private sector. Since 2002, some 3-4 e-Learning courses reflecting the latest development in the field of spatial information sciences have been developed. Main the topics usually correspond to recent EuroSDR projects. Participants first meet teachers and other participants via an introductory seminar. e-Learning courses take 2 weeks per topic. During these two weeks participants study course materials, check the progress in their

learning by self-tests, communicate with teachers and other participant in the course. At the end of the course they are asked to download, complete and submit a written assignment. After a successful completion of the course, the participant obtains a diploma.

EduServ is an example of a programme which contributes to continuing professional development. Development of e-learning courses, developed for a Master or Bachelor programmes, or as a form of distance learning, is a time consuming proposition. It should be re-usable in other courses and easily updated and function for a time period long enough to recover some or all of the creation costs (Mooney and Martin, 2004).

## Conclusion

New curricula in Geoinformatics education have been established during the past few years. Their changes reflect new technological developments and needs of the society where emphasis is on applications in environmental sciences, land management, urban planning, natural resource management etc. Graduates should have a good knowledge of theory and methodologies used in spatial data acquisition, processing, analysing, and management.

Nowadays learning does not end by graduating from a university. New graduates must keep their life-long knowledge up-to-date. This presents a challenge to universities as new courses reflecting recent research and development at both undergraduate and graduate levels are required by the student and professional geoinformatics community.

## References

1. Enemark, S.(2005): Global Trends in Surveying Education: and the role of the FIG, Azimuth Vol. 43, Nr. 3, pp. 19-21, ISSN 0728-4586
2. Höhle, J.(2006): Education and Training in Photogrammetry and Related Fields – Remarks on the Presence and the Future, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Commission VI, 9.p (to be presented at symposium “E-Learning & the Next Steps for Education”, will be published in summer 2006)
3. Konecny, G.(2002): Recent Global Changes in Geomatics Education, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Commission VI, Vol. XXXIV, Part 6, 6p.
4. Mooney, K., Martin, A.(2004): The potential of eLearning in the Spatial Information Sciences a Resource for Continuing Professional Development, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Commission VI, Vol. XXXV, Part 6, pp. 160-162
5. AAU\_CS 2006<sup>1</sup>
6. AAU\_D 2006<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup><http://www.landinspektør.dk/>

<sup>2</sup><http://www.plan.aau.dk/indexuk.php>

7. AAUL 2006<sup>3</sup>
8. CU\_GIS 2006<sup>4</sup>
9. ITC 2006<sup>5</sup>
10. Wikipedia<sup>6</sup>

---

<sup>3</sup><http://www.lsn.aau.dk>

<sup>4</sup><http://www.natur.cuni.cz/gis>

<sup>5</sup><http://www.itc.nl>

<sup>6</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page)

## Implementation of a General Web Application Program Interface for Geoinformatics

Jan Pytel

Department of Mapping and Cartography  
Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague  
E-mail: [pytel@fsv.cvut.cz](mailto:pytel@fsv.cvut.cz)

**Keywords:** Java language, C++language, servlets, CGI, web applications

### Abstract

*C++ language was used for creating web applications at the department of Mapping and Cartography for many years. Plenty of projects started to be very large-scale and complicated to maintain. Consequently, the traditional way of adding functionality to a Web Server which previously has been used (CGI programs) started being usefulness. I was looking for some solutions - particularly open source ones. I have tried many languages (solutions) and finally I chose the Java language and started writing servlets. Using the Java language (servlets) has significantly simplified the development of web applications. As a result, developing cycle was cut down. Because of Java JNI (Java Native Interface) it is still possible to use C++ libraries which we are using. The main goal of this article is to share my practical experiences with rewriting typical CGI web application and creating complex geoinformatic web application.*

### Introduction

The modern era brings new phenomenon: World Wide Web, a term frequently used (incorrectly) when referring to "The Internet". It stands for the universe of hypertext servers (HTTP servers), more commonly called "web servers", which are the servers that serve web pages to web browsers. A plain www page (HTML document) is static, which means that a text file doesn't change - for example: CV, research papers, etc. When someone would like create web pages that contain dynamic content a plain www pages are not sufficient: a solution is to create CGI programs with using languages like PHP, C++, Perl, etc.

PHP or C++ languages were used for creating web applications at the department of Mapping and Cartography for many years, some examples are:

- Internet access to the database of GPS observation via www. The project is written in C++ language:

<http://www.vugtk.cz/gpsdb>

- online transformation between ETRF and S-JTSK

<http://gama.fsv.cvut.cz/~kost/vypocty>

Plenty of projects started to be very large-scale and complicated to maintain. Consequently, the traditional way of adding functionality to a Web Server which was used (CGI programs) has become unsustainable. I was looking for alternatives - particularly open source ones. I have tried many languages (solutions) and finally I chose the Java language and started

writing servlets. This paper briefly introduces the servlet concept and explains how to create general web application program interface for geoinformatics.

## Common Gateway Interface - CGI

The Common Gateway Interface (CGI) programs are “normal” programs running on the server side — input data for CGI programs are requests from a client (data sent by web browser - HTTP header with other information). Output from CGI program is sent back to the client (web browser). This concept means that client side does not need to take care which type of page is requested. Side dynamic www pages and static www pages are transparent - client sends a request with data and obtains www page. The CGI programs have to be placed in the special directory (usually `/usr/lib/cgi-bin`), the directory where system expects CGI programs.

An example of dummy CGI program `date` (used script language bash) which returns current date in ISO 8601 format ‘YEAR-MONTH-DAY’:

```
#!/bin/bash

echo 'Content-type: text/html'
echo
echo '<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2//EN">'
echo '<html>'
echo '<title>Current date</title>'
echo '</head>'
echo '<body>'
echo '<h1>Date:</h1>'
echo '<pre>'

/bin/date -I

echo '</pre>'
echo '</body>'
echo '</html>'
```

We simply copy the previous program/script into directory `cgi-bin` and set the file execution permission. No other steps are necessary. Thus I have demonstrated that developing CGI programs is pretty easy. We can test the develop CGI program in terminal now:

```
wget http://localhost/cgi-bin/date -O tmp-date && \
cat tmp-date && rm tmp-date

<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2//EN">
<html>
<title>Current date</title>
</head>
<body>
<h1>Date:</h1>
<pre>
2006-06-25
</pre>
</body>
```

```
</html>
```

Another example is CGI a program written in C++ language. The CGI program returns input (data sent by client - without HTTP header). From the following example it will be quite obvious that we have written "normal" C++ program which reads data from input and returns text page:

```
#include<iostream>
#include<string>

int main()
{
    using namespace std;

    string s;

    cout << "Content-type: text/html\n\n";
    cout << "<!DOCTYPE HTML PUBLIC \"-//W3C//DTD HTML 3.2//EN\"]\\"> \n";
    cout << "<html>\n";
    cout << "<head>\n";
    cout << "<title>Input data</title>\n";
    cout << "</head>\n";
    cout << "<body>\n";
    cout << "<h1>Input data:</h1>\n";
    cout << "<pre>\n";

    cin >> s;

    cout << s;

    cout << "</pre>\n";
    cout << "</body>\n";
    cout << "</html>\n";
}
```

CGI programs can be written in many languages, for example PHP, C++, Python, etc. Creating CGI programs is pretty easy, but the CGI concept has some limitations:

- each request is answered in a separate process by a separate instance of CGI program (CGI program needs to be loaded and started for each CGI request)
- use database pooling or interaction between two CGI programs is problematic platform dependence
- lack of scalability

## Servlets

A servlet is a Java application that runs within a Web server. Servlets receive and respond to requests from Web clients. We have to use servlet container in order to run servlets. There are many of server containers available, we have chosen Apache Tomcat server container, discussed in the next section.

On SUN pages (SUN Company is creator of servlets) we can read more precise explanation: “A servlet is a Java programming language class used to extend the capabilities of servers that host applications accessed via a request-response programming model. Although servlets can respond to any type of request, they are commonly used to extend the applications hosted by Web servers. For such applications, Java Servlet technology defines HTTP-specific servlet classes.”

Java Servlet API [1] is a class library for servlets. Java Servlet API contains class `HttpServlet`, which provides methods, such as `doGet` and `doPost` methods for handling HTTP services. In other words: when we would like create new servlet we have to create new class extends `HttpServlet` class and override methods `doGet` and `doPost` - refer to next example.

Servlets have several advantages over CGI:

- servlet does not run in a separate process, stays in memory between requests
- there is only one single instance which answers all requests concurrently - this saves memory and allows a servlet to easily manage persistent data
- platform independence
- Java language has very rich libraries for working with HTTP request, HTTP responses, etc.

An example of first servlet:

```
package cz.examples;

import java.io.*;
import javax.servlet.*;
import javax.servlet.http.*;

public class HelloWorldServlet extends HttpServlet
{
    protected void doGet(HttpServletRequest req, HttpServletResponse res)
        throws ServletException, IOException
    {
        res.setContentType("text/html");

        PrintWriter out = res.getWriter();

        out.println("<html>");
        out.println("<head><title>Hello world.</title></head>");
        out.println("<body>Hello world</body>");
        out.println("</html>");

        out.close();
    }

    protected void doPost(HttpServletRequest req, HttpServletResponse res)
        throws ServletException, IOException
    {
        doGet(req,res);
    }
}
```

```
}
```

When servlet `HelloWorldServlet` is requested a URL inside web browser, sentence "Hello world" will appear. Because there is only a single instance which answers all requests concurrently - it means that we can easily manage persistent data. For example, we would like to know how many times servlet `HelloWorldServlet` was requested:

```
package cz.examples;

import java.io.*;
import javax.servlet.*;

import javax.servlet.http.*;

public class HelloWorldRequestedServlet extends HttpServlet
{
    private int times = 0;

    protected void doGet(HttpServletRequest req, HttpServletResponse res)
        throws ServletException, IOException
    {
        res.setContentType("text/html");

        PrintWriter out = res.getWriter();

        out.println("<html>");
        out.println("<head><title>Hello world.</title></head>");
        out.println("<body>Hello world!<br /> This page was requested " +
                   ++times + " times.</body>");
        out.println("</html>");

        out.close();
    }

    protected void doPost(HttpServletRequest req,
                         HttpServletResponse res)
        throws ServletException, IOException
    {
        doGet(req,res);
    }
}
```

To achieve this behaviour using CGI programs, it would be quite complicated. Java Servlet API contains rich set of useful classes: one of those classes is `HttpServletRequest` which provides request information for HTTP servlets and contains many useful methods. Next example is servlet `NumericalServlet`, the servlet excepted two parameters `argument1` and `argument2` and returns the following results:

```
package cz.examples;

import java.io.*;
import javax.servlet.*;
import javax.servlet.http;
```

```
public class NumericalServlet extends HttpServlet
{
    protected void doGet(HttpServletRequest req, HttpServletResponse res)
        throws ServletException, IOException
    {
        res.setContentType("text/html");

        String argument1 = req.getParameter("argument1");
        String argument2 = req.getParameter("argument2");

        PrintWriter out = res.getWriter();

        if ( ( argument1 == null) || (argument2 == null) )
        {
            out.println("<html><body>Error - wrong arguments</body></html>");
            out.close();

            return;
        }

        double arg1 = Double.parseDouble(argument1);
        double arg2 = Double.parseDouble(argument2);

        out.println("<html>");
        out.println("<head><title>NumericalServlet</title></head>");
        out.println("<body>");
        out.println("Results:<br />");

        out.println(arg1 + " + " + arg2 + " = " + (arg1 + arg2) + "<br />");
        out.println(arg1 + " - " + arg2 + " = " + (arg1 - arg2) + "<br />");
        out.println(arg1 + " * " + arg2 + " = " + (arg1 * arg2) + "<br />");

        out.println("</html>");
        out.close();
    }

    protected void doPost(HttpServletRequest req, HttpServletResponse res)
        throws ServletException, IOException
    {
        doGet(req,res);
    }
}
```

## Java Servlet Container — Apache Tomcat

When working with servlets, we have to use servlet container in order to run servlets. There are many server containers available, we have chosen Apache Tomcat Servlet/JSP container. This container is free of software and is released under Apache Software Licence (<http://www.apache.org/licences>). First of all, we have to download binary distribution (`jakarta-tomcat-5.0.28.tar.gz`) from the site <http://tomcat.apache.org/>. It is sup-

posed that we have installed Java Development Kit (JDK) 1.2 or later platform.

Now we have to decide in which directory Tomcat will be located (directory represents the root of Tomcat installation) - common directory is `/opt` where we will extract gzipped tarball of binary distribution:

```
$mv jakarta-tomcat-5.0.28.tar.gz /opt/
$tar xvzf jakarta-tomcat-5.0.28.tar.gz
```

Now it is necessary to modify two files

- `/opt/jakarta-tomcat-5.0.28/conf/server.xml` - we modify an attribute `port` of element `<Server>`. The attribute `port` describes on which port Tomcat will be running
- `/opt/jakarta-tomcat-5.0.28/bin/catalina.sh` - we have to set the `JAVA_HOME` environment variable to tell Tomcat where to find Java:  
`set JAVA_HOME=/opt/jdk1.5.0`

From now Tomcat is prepared for running. Before starting Tomcat (by `/opt/jakarta-tomcat-5.0.28/bin/startup.sh`) we should deploy our applications.

### Deploying application

In order to be executed, a web application must be deployed on a servlet container. A web application contains servlets and it is defined as a hierarchy of directories and files in a standard layout. The top-level directory of the web application hierarchy is also the document root of web application. There are plain HTML files at this place. A web application has defined this hierarchy of directories:

- `*.html`, `*.htm` - The HTML pages, along with the other files, that must be visible to the client browser (stylesheet files, and images)
- `/WEB-INF/web.xml` - The Web Application Deployment Descriptor for the application. This is a XML file describing the servlets which make up an application, along with any initialization parameters.
- `/WEB-INF/classes/` - This directory contains any Java class files (and associated resources) required for the application, including both servlet and non-servlet classes.
- `/WEB-INF/lib/` - This directory contains JAR files that consist of Java class files required for an application.

In order to continue with our examples (servlets `HelloWorldServlet`, `HelloWorldRequestedServlet`, `NumericalServlet`) we have to create a web application (named `exampleservlets`):

- create directory `/opt/jakarta-tomcat-5.0.28/webapps/exampleservlets`, in this directory create the above mentioned hierarchy
- compile (with program `javac`) all three servlets
- copy `.class` files into `/WEB-INF/classes/` directory (because the examples are in package `cz.examples`, copy `.class` files into `/WEB-INF/classes/cz/examples/` directory)

- modify /WEB-INF/web.xml. As mentioned above, the /WEB-INF/web.xml file contains the Web Application Deployment Descriptor for a application. As the filename extension implies, this file is an XML document, and defines everything about the application that a server needs to know. The complete syntax and semantics for the deployment descriptor is defined in [2]. In our case web.xml looks like:

```

<!DOCTYPE web-app
PUBLIC "-//Sun Microsystems, Inc.//DTD Web Application 2.3//EN"
"http://java.sun.com/dtd/web-app_2_3.dtd">

<web-app>

<display-name>Example webapplication</display-name>
<description>
    This is a simple webapplication for demonstrating.
</description>

<servlet>
    <servlet-name>HelloWorldServlet</servlet-name>
    <servlet-class>cz.examples.HelloWorldServlet</servlet-class>
</servlet>

<servlet-mapping>
    <servlet-name>HelloWorldServlet</servlet-name>
    <url-pattern>/HelloWorldServlet</url-pattern>
</servlet-mapping>

<servlet>
    <servlet-name>HelloWorldRequestedServlet</servlet-name>
    <servlet-class>cz.examples.HelloWorldRequestedServlet</servlet-class>
</servlet>

<servlet-mapping>
    <servlet-name>HelloWorldRequestedServlet</servlet-name>
    <url-pattern>/HelloWorldRequestedServlet</url-pattern>
</servlet-mapping>

<servlet>
    <servlet-name>NumericalServlet</servlet-name>
    <servlet-class>cz.examples.NumericalServlet</servlet-class>
</servlet>

<servlet-mapping>
    <servlet-name>NumericalServlet</servlet-name>
    <url-pattern>/NumericalServlet</url-pattern>
</servlet-mapping>

</web-app>

```

Now everything needed for running the web application is done. After starting up Tomcat, we can use web browser and test our examples. We can find the servlets on the following addresses (port means port where tomcat is running):

`http://localhost:port/exampleservlets/NumericalServlet,`  
`http://localhost:port/exampleservlets/HelloWorldServlet,`  
`http://localhost:port/exampleservlets/HelloWorldRequestedServlet.`

## General Web Application Program Interface for Geoinformatics

### Requirements for used technology

During the development general web application program interface for geoinformatics were required following technology features:

- the development under OS GNU/Linux with using free software [3]
- platform independency
- ability to use effectively existing source codes (most of them in C++ language) already finished projects
- used MVC paradigm
- database access, database connection pooling
- using of sessions and session management

Java language and technology of servlets were chosen for development of the project. Servlet technology satisfies all our requirements.

This chapter contains all used technologies and share experiences with creating general web application program interface for geoinformatics (application with using servlet technology and MVC paradigm).

### Used design patterns

Interface is fully object-oriented and using several design patterns (a design pattern is a general repeatable solution to a commonly-occurring problem in software design). For example we used patterns *Singleton*, *AbstractFactory*, *Observer* and *Facade*.

One of the main goals was selection of object oriented model, which would separate computing core from presentation part (the way how the results will be displayed for the user on the screen). The programmer of computing core usually does not care for the layout of input and output data. The programmer usually only describe the expected data on the input side together with description of the results returned by program. Ideal solution turned to be MVC software design pattern, i.e. design pattern on which this system is based on.

MVC paradigm is a way of breaking application into three parts [4]:

**Model** - represents of the information on which application operates (e.g. describe of database system, computing model of geodetic tasks, . . . )

**View** - renders model into a form suitable for users, typically a user interface element. MVC is often seen in web application where the view is the HTML page and the code which gathers dynamic data for the page

**Controller** – responds to events, typically user actions, and invokes changes on the model and perhaps the view.

### Template engine Velocity

The selection of template engine for component View was essential from the point of view of the creation application. The complete separation of the Model, View respectively from the presentation part was the key requirement on the template engine. The developer only describes required input and output data (specifies names of variables representing input and results data – e.g. collections, strings, etc.).

Developers have chosen template engine Velocity:

<http://jakarta.apache.org/velocity>

Template engine Velocity is one of the parts of the Jakarta's project developed by Apache software foundation and is released under the licence Apache Licence. The web pages of the project contain the following:

The Velocity User Guide is intended to help page designers and content providers get acquainted with Velocity and the syntax of its simple yet powerful scripting language, the Velocity Template Language (VTL). Many of the examples in this guide deal with using Velocity to embed dynamic content in web sites, but all VTL examples are equally applicable to other pages and templates.

Velocity is a Java-based template engine. It permits web page designers to reference methods defined in Java code. Web designers can work in parallel with Java programmers to develop web sites according to the Model-View-Controller (MVC) model, meaning that web page designers can focus solely on creating a well-designed site, and programmers can focus solely on writing top-notch code.

It is necessary to stick to the following pattern when using Velocity:

- initialization
- creation of object context
- fulfillment of the Velocity context by data
- selection of template
- merging context and template into output file

Velocity Context represents variable part of the page. From the programmer's standpoint, Velocity context is a map of Objects. Velocity Template Language (VLT) is very simple; for the description of the template language refer to:

<http://jakarta.apache.org/velocity/docs/user-guide.html>

The following text contains the extracts from the template language:

```

<html>
<body>
#set( $foo = "Velocity" )
Hello $foo World!
</body>
<html>

#if( $value < 0 )
<strong>value $value is negative</strong>
#elseif( $value == 0 )
<strong>value $value is equal 0</strong>
#else
<strong>value $value is positive</strong>
#end

<p>
#foreach( $student in $university )
$student.nickname $student.surname - $student.birthday<br />
#end
</p>

```

### Computing task — from developer's standpoint

General web application program interface for geoinformatics allows adding arbitrary computing tasks. Those tasks are accessible for the users using well-arranged menu. Currently, it is possible to add the following three types of tasks into the system:

- tasks written in Java language, implementing interface `ComputingTask`
- tasks written in arbitrary programming language, distributed as standalone executable programs – the system allows execution of those programs
- tasks written in C++ language.

The task written in Java language is only class implementing interface `ComputingTask`:

```

public interface ComputingTask {
    void setParameters(Map<String, String> input);
    Map<String, Object> getResults();
    OutputStream getResultStream();
    void compute();
    boolean wasComputed();
}

```

Input data for the computing task are stored in `Map` collection. The key representing name of the variable `input` has `String` type. As a result, it is necessary explicitly retype data to appropriate data types. The results may be returned in collection `Map`, or in the class `OutputStream`.

The similar approach used in Java language is applied also for the tasks written in C++ this case, JNI code is used. Final application is called Manala and can be found on the following

web page <http://gama.fsv.cvut.cz/manala>.

### Conclusion

The Java language (servlets) has significantly simplified the development of web applications. As a result, developing cycle was cut down. Because of Java JNI (Java Native Interface) it is still possible to use C++ libraries which are done. We have started using the Java language particularly for web applications in 2005. We have rewritten many of our applications. Switch development from "typical CGI programming" to "Java servlet programming" is surprisingly easy with amazing benefit.

Development of General web application program interface for geoinformatics has brought completely new requirements on the web application program development. The current technology for development www applications used by the department of Mapping and Cartography turned to be insufficient. The development has been significantly improved by using servlet technology and framework MVC. As a result we developed application program interface for geoinformatics Manala.

### References

1. Java Servlet API, <http://java.sun.com/products/servlet/index.html>
2. <http://tomcat.apache.org/tomcat-5.5-doc/appdev/deployment.html>
3. <http://www.gnu.org>
4. [http://en.wikipedia.org/wiki/Model\\_view\\_controller](http://en.wikipedia.org/wiki/Model_view_controller)
5. Common Gateway Interface, <http://hoohoo.ncsa.uiuc.edu/cgi/intro.html>
6. Apache Tomcat Tutorial, <http://www.coreservlets.com/Apache-Tomcat-Tutorial>
7. Servlet Essentials, <http://www.novocode.com/doc/servlet-essentials/>
8. Apache Tomcat Servlet Container, <http://jakarta.apache.org>

## Issues of GIS data management

**Tomáš Richta**

Department of Computer Science and Engineering  
Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague  
E-mail: richtt1@fel.cvut.cz

**Keywords:** GIS, CAD, object-orientation, data modelling, data management, database

### Abstract

*The paper deals with current issues of spatial data modelling and management used by spatial management applications. As a case study for explaining the problem, we use comparison of two main groups of software tools covering this area GIS and CAD systems - and the possibilities of their integration. Studying its functionality, we have found two main problematic issues. The first of them is the density distribution characteristics of stored data according to described area. CAD systems are oriented towards modeling individual man-made objects and structures with relatively high level of detail, so the data stored covers small areas with huge amount of information. On the other side GIS applications maintain large-scale models of real world with significantly lower amount of detail. Here the density distribution of data coverage is better balanced. So the combination of described different densities is the first problem. The second watched issue is the way of storing spatial data. While CAD data are usually stored in individual files (like DXF, IGES), GIS data tend to be stored in files or relational databases. The question we see is, if it is possible to store CAD data along with GIS data in the same database in spite of different distribution densities and different data models. Our paper describes ways of solving this problem.*

### Motivation

At the beginning of our work we started thinking about an information system capturing real world with the highest achievable level of detail. That means system with 1:1 model of real world entities. Such a system must be able to describe visible and invisible properties of captured objects in the manner to be easily achievable and logically compounded both in computer memory and data warehouse. Mainly we want to describe the data management background needed for such a system.

Two main categories of systems that partly solves our problem are GIS and CAD applications. The aim of both is to model the real world, but each one does this by its own way. GIS applications are constructed for maintaining information in connection with its geographical location. With regard to world scaling factor, GIS data is relatively well distributed in the space. CAD data on the other side relate to only very small areas consuming megabytes of data. Data density distribution in both systems is different. So the question is, which data structures and data management approaches use to obtain global-oriented information system like a GIS with local-detailed information description like a CAD systems.

### Previous work

We tried to investigate whether someone is solving the problem of such a spatial management system design. Few relevant papers concerning our topic could be thematically separated into these areas of interest: CAD/GIS integration, 3D GIS data modelling, an object-oriented approach and 3D GIS data management. In following chapters we try to explain the problems mentioned above introducing the ideas of some experts followed by our comments.

### GIS/CAD integration

Observing the situation in the area of CAD and GIS integration, we found it almost untouched. That could be partly caused by the complexity of solving such a problem, partly by the lack of interest on the side of GIS and CAD vendors. Both of them have very expensive and broadly used systems, that ensure them good living. Usually it is exactly because the data formats used in CAD are so different and hard to transform, that using one system is the only choice. So all interoperability tendencies are against the profit of vendors, thus unwelcomed. Maybe some development is done behind the curtain, which could be learned from recent Google activities in the geospatial area. But we can only speculate about that. Scientific papers are only describing many differences between those two worlds, which of course are doubtless.

#### GIS aspects [2,3]

- landscape-level analysis and mapping
- advanced information tools
- mostly 2D modelling
- database based
- optimized for data retrieval
- 1:5000 scale and below
- constrained editing environment

#### CAD aspects [2,3]

- object-level design and drafting
- advanced drawing tools
- 3D modelling
- file based
- optimized for data design
- 1:40-5000 scale
- unconstrained editing environment

CAD systems deal with large-scale models without maintenance of attributes and geographical coordinate systems. GIS are on the other side are able to manage small-scale models with

attributes and a variety of different geographic coordinate systems. CAD and GIS share one major characteristic both deal with geometry [1].

CADs usually store data in file format, GISs more often maintain data permanently in databases. CAD systems generally assume an orthogonal world, while GIS systems deal with data sources based on the model of spherical world. Also, all these different pieces of information are created and maintained by totally different organizations with different tools and different utilization goals [2].

As could be seen the integration process probably leads to use the CAD for data capture, design and modelling, while GIS for data management, analysis and visualizing. Solution for an integrated CAD/GIS framework must start with the design of final data warehouse. The solution could be found in mapping both data into the neutral data model [2, 5]. So the first issue is to develop a proper data model that could then be integrated into designed spatial management system. Now let us know the stage where the solving of this problem could be found. Because of the common feature of CAD and GIS that is 3D representation, we will show only data models that deal with 3D representation of spatial data.

### 3D GIS data model

Among the important 3D data models for GIS applications belongs: Molenaar's FDS, Wang and Gruen's V3D [14], Zlatanova's SSS [13], Pilouk's TEN, Shi et al.s OO3D [16], Coors's UDM [15] and Balovnev et als GeoToolKit [17]. Here we introduce a brief summary of their features. We don't want to describe them in detail or compare each other, because it has been done previously. We just want to get an idea, how the problem is solved.

All those mentioned models are vector and boundary based, which partition spatial objects as points, lines faces and bodies or similar geometric primitives. First one was the FDS, which partitioned the space into non-overlapping objects and thus tried to ensure 1:1 relationships between the primitives and the spatial objects of same dimension, e.g. surface and face. FDS describes the basic geometric elements: node, edge, arc and face and four spatial objects: point, line, surface and volume. As a first model it was broadly discussed and frequently extended like in V3D. The distinct feature of V3D model is, that the geometric information is combined with attribute information [14]. Then the TEN was introduced which includes node, arc, triangle and tetrahedron as the basic elements. The most important part in constructing a spatial object in the TEN model is to decompose the object into a set of the composed tetrahedrons. The SSS model is a further development of the FDS model. Compared to FDS, the SSS keeps the explicit relationships between body and face and eliminates the edge and arc object. On the other hand, the SSS keeps the relationship of a geometric objects and attribute data such as texture. OO3D uses node, segment and triangle as basic elements [16]. UDM and SSS are quite similar. Both don't support the arc and the edge elements. Because of this restriction only polyhedrons can be represented in the UDM [15].

Particular attention requires the GeoToolKit, because it is not only a data model, but also an object-oriented geo-database kernel system for the support of 3D geological applications, which demonstrates the potential of object-oriented concept in 3D database. GeoToolKit deals primarily with two basic notions: a SpatialObject and a Space (a collection of spatial objects). A spatial object is defined as a point set in the 3D Euclidean space. Object-oriented

method is a key nature of GeoToolKit, which helps to construct the object hierarchy. The Group gathers spatial objects of different types into a collection and then is treated as a single object. GeoToolKit backbone is a class library for the efficient storage and retrieval of spatial objects within an object-oriented database. Currently GeoToolKit offers classes for representation and manipulation of simple (point, segment, triangle, tetrahedron) and complex (curve, surface, solid) 3D spatial objects. The application developed with GeoToolKit simply inherits geometric functionality from GeoToolKit, extending it with application-specific semantics [13, 17, 18]. Surveying 3D data models, the paradigm of object-orientation frequently appeared. Because it seems to be very important for GIS researchers, we have to explain it briefly.

### An object-oriented approach

MDittrich's definition says that there are three types of object/orientation: structural object orientation - any entity, independent of whatever complexity and structure, may be represented by exactly one object, no artificial decomposition into simpler parts due to technical restrictions should be necessary, operational object orientation operations on complex objects are possible without having to decompose the objects into a number of simple objects, behavioral object orientation a system must allow its objects to be accessed and modified only through a set of operations specific to an object type [7].

There are four main concepts covering object orientation. The first concept is the encapsulation. It means that the object or some group of objects (class) and the procedures (methods) defined on it are stored and managed together. To activate a procedure the program sends a message to an encapsulated data-procedures set, in the consequence of the procedure's activity the set can send another message to another set, etc. The second concept is the inheritance. The inheritance is related to the class hierarchy. If we have a subdivision of a class, then the subclasses inherit from the data and methods. The third concept is the object identity. It means that despite different transformations the object's identification should not change. There is a fourth concept, the so-called polymorphism. The word polymorphism we can interpret as different responses to the same message depending on the object in the address of the message. For example we can send a message: plot to the address a,b,c. If into the object a is encapsulated a procedure of a circle, in the object b that of an ellipse and in the object c that of a square, then depending on the addresses, the command plot will result a circle, an ellipse or a square [9]. As would be seen the object-oriented approach provide a number of mechanisms to model real objects in a natural way.

### 3D GIS data management

As a last issue we have to describe the 3D GIS data management. Going through the ideas of many experts, we have to notice, that the discussion about the 3D GIS data management is concerned in comparing the relational and object database management systems. The relational data model is the most common one. It seems to be suitable for modelling commercial data for which humans may have the mental model of tables, such as bank accounts, telephone calls, etc. But it is not proper for modelling data that describe spatial phenomena. Relational database management systems are suitable and successful for applications dealing

with weakly structured data, but they fail when they are used for applications of data with a complex structure. Since the relational data model does not match the natural concepts humans have about spatial data, users must artificially transform their mental models into a restrictive set of non-spatial concepts. The object-oriented data model is built on the four basic concepts of abstraction: classification, generalization, association, and aggregation [7].

Many researchers comply that the spatial information systems will benefit from the use of object-oriented database management systems in various ways: The architecture of a GIS will become clearer such that the maintenance of GIS software will be easier and its life cycle will be longer, programmers should not worry about aspects of the physical implementation of data [7, 8, 10, 11, 4].

Object oriented databases have been portrayed as being the solution for complex applications such as Geographical Information Systems. A further motivation for the use of an object-oriented approach to the production of such a system is therefore the expectation that the approach will result in a system which has a clean interface and is easier to maintain than an equivalent system built using conventional programming techniques [10].

Developers of object-oriented GIS systems comply that a new object-oriented database is to be developed, because there's need to reengineer the database up against performance and others problems that will arise, when such a system will be tested [4].

### GIS and CAD problem

Resulting from mentioned papers, we tried to make our own comments for described issues. Each of current GIS application is able to manage and display points, lines and polygons. That's because GIS data are usually stored as point, lines and polygons. Let's call them geometrical primitives. There's no standard among GIS data formats, but the most common file format is ESRI shape file. Each shapefile contains information about locations of one type of geometrical primitives covering one thematical area and is called layer. This file is succeeded with database file, which contains attribute information about geomtrival primitives from shapefile. There is also file with information about connection between the shapefile primitives and database records, index file. GIS applications are constructed to load these files and pile up the layers to produce final map. This approach is sometimes turned into storing all described information into relational database which structure is similar to the structure of shapefiles. The problem here lies in the fragmentation of stored information. Points, lines and polygons representing objects are stored separately. And of course used data types are much simpler than modeled real world objects. Definition of new data types is not supported in GIS applications, because it is very problematic to change for example relational data structure.

Almost the same problem we could find in CAD systems, buy here the situation starts to change. Usual CAD data are stored as points, lines and polygons. But some newest applications, especially in machine building industry, are able to let user define his own objects and compose complex structures from the simpler ones. But there's no data model supporting storage of defined objects, so they must be saved as points, lines and polygons.

## Conclusion and future work

Now we can summarize the problem of the GIS and CAD integration. Because of the different characteristics of the GIS/CAD worlds, firstly there's need to decide for some suitable 3D data model, which could maintain complex and structured data types. This model also must be able to maintain the large-scale 3D models produced by CAD as well as low-scale objects used by GIS. Object-oriented approach seems to be the proper way, by which this model could be developed, because it offers richer data structures and more intuitive representation of the real world objects. An example of basic data model could be GeoToolKit.

Secondly, there's need to prepare a system for maintaining the 3D data model. This system must be able to exchange data with different data sources including CAD files. We suppose that this system has to be closely connected with an object-oriented database, which will maintain persistent objects.

As a third part of such a system we have to develop application-specific data models for describing the real world objects of particular interest. In example, when we are concerned in modelling the cities, our data model has to describe buildings, streets and other city components. Some of them are usually designed using CAD systems and so it would be a great deal to be able use CAD data for city modelling. Here we introduce an example of data models describing the city problem. It describes the relations between the city parts.

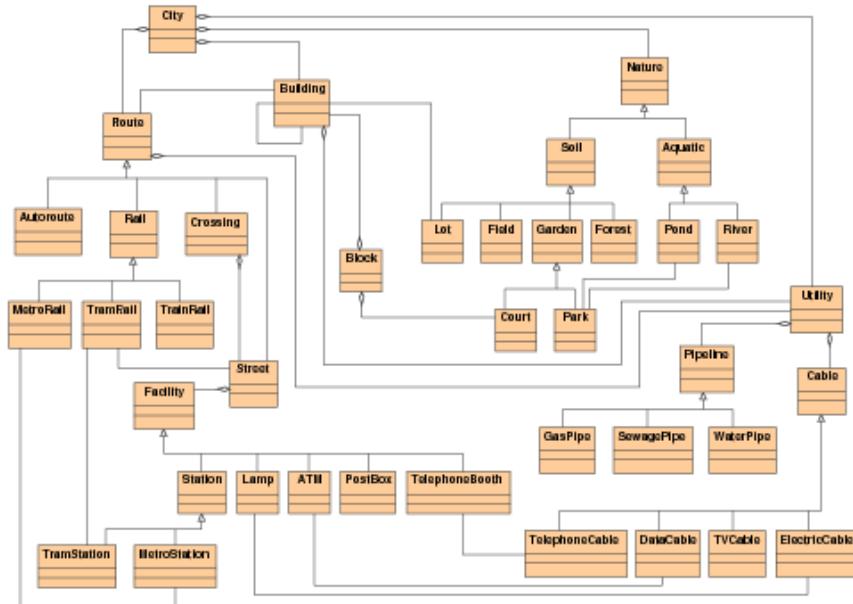


Fig 1.: An example of the city data model

The advantage of using object-oriented approach is that we can interactively modify our model, when it is necessary. Because this model is stored by an object-oriented database, the data structure might be built exactly like you can see them in the model. There's no need

to decompose this model into additional data structures because now we can store the whole object. In addition we can add a behavior to this object defining its methods. This way we can make digitalized abstractions of real world entities.

As the last problem that is to be solved when we will be storing CAD data in the 3D GIS database is how to generalize and classify the high-scaled objects from CAD when storing it into low-scaled objects in GIS. An on the other hand how to restore the details of re-scaled objects stored in GIS and be able to give them back into the CAD to be redesigned.

### References

1. Zlatanova S.: Large-scale data integration An Introduction to the Challenges for CAD and GIS Integration, Directions magazine, July 10, 2004.
2. van Oosterom P.: Bridging the Worlds of CAD and GIS, Directions magazine, June 17, 2004.
3. Zlatanova S., Rahman A. A., Pilouk M.: Trends in 3D GIS Development, Journal of Geospatial Engineering, Vol. 4, No. 2, December 2002.
4. Bodum L., Sorensen E. M.: Centre for 3D GeoInformation Towards a New Concept for Handling Geoinformation, FIG Working Week 2003, Paris, April 2003.
5. Weinstein D.: Cross Platform CAD-GIS integration: Automating CAD Workflows and GIS Technologies to Support Structural Inspection and Decision Support Systems on Boston's Central Artery Project, GIS-T 2004, March 29, 2004.
6. Chance A., Newell R.G., Theriault D.G.: Smallworld GIS: An Object-Oriented GIS - Issues and Solutions, 2000, <http://www.logis.ro/downloads/>
7. Egenhofer M. J.: Object-oriented modeling for GIS, Journal of the Urban and Regional Information Systems Association 4 (2): 3-19, 1992.
8. Kofler M.: R-trees for Visualizing and Organizing large 3D GIS Databases, TU Graz, Austria, 1998.
9. Sarkozy F.: GIS FUNCTIONS, PERIODICA POLYTECHNICA SER. CIV. ENG. VOL. 43, NO. 1, PP.87-106, 1999.
10. Garvey M., Jackson M., Roberts M.: An Object-Oriented GIS, Net.ObjectDays 2000.
11. Li J., Jing N., Sun M.: Spatial Database Techniques Oriented to Visualization in 3D GIS, Digital Earth, June 2001.
12. van Oosterom P., Stoter J., Quak W., Zlatanova S.: The Balance Between Geometry and Topology, Advances in Spatial Data Handling, 10th International Symposium on Spatial Data Handling, Springer-Verlag, Berlin, pp. 209-224 , April 2002.
13. Zlatanova S.: 3D GIS for urban development, TU Delft, 2000.
14. Zhou Q., Zhang W.: A Preliminary Review on 3-dimensional City Model, Asia GIS 2003 Conference, October 2003.

15. Coors V.: 3D GIS IN NETWORKING ENVIRONMENTS, Computer, Environments and Urban Systems 27/4, Special Issue 3D cadastre, Elsevier, 2003, ISSN 0198-9715, pp 345-357, April 2003.
16. Shi W., Yang B., Li Q.: An object-oriented data model for complex objects in three-dimensional geographical information systems, Int. J. of Geographical information science, vol.17, no. 5, july-august 2003, 411-430.
17. Balovnev O., Breunig M., Cremers A. B., Shumilov S.: GEOTOOLKIT: OPENING THE ACCESS TO OBJECT-ORIENTED GEO-DATA STORES, Interoperating Geographic Information Systems, Boston: Kluwer Academic Publishers, 1999.
18. Breuning M., Cremers A. B., Seidemann R., Shumilov S., Siehl A.: Integration of GOCAD with an object-oriented geo-database system, Gocad Meeting, Nancy, France, June 1999.
19. Bodum L.: Design of a 3D virtual geographic interface for access to geoinformation in real time, CORP 2004 and Geomultimedia04, February 2004.

## Experience with a LiveCD in an education process

**Jan Růžička, František Klímek**

Institute of Geoinformatics

Faculty of Mining and Geology, VSB-TUO

E-mail: jan.ruzicka@vsb.cz

**Key words:** LiveCD, GISák LiveCD, Distance Learning, E-learning

### Abstract

*The paper describes how can be LiveCD (Bootable CD) used for geoinformatics distance learning. We have prepared one LiveCD with basic software for learning geoinformatics and we have some feedback from users and teachers. The paper should evaluate this feedback. LiveCD is a CD-ROM, that can be used as a bootable device. After booting from the CD, the user can access all resources compiled to the CD. There are operating system (usually based on GNU/Linux) and (user, desktop) software installed and configured to be used directly after boot. Our CD named GISák LiveCD contains basic GIS software such as UMN MapServer, GRASS, Quantum GIS, Thuban, JUMP, GPS Drive, Blender and we work on other software packages such as MapLab for UMN MapServer, PostGIS, GeoNetwork Open Source, CatMDEdit, gvSIG, uDIG. GISák LiveCD contains set of spatial data from the Czech Republic. Main part of the CD are tutorials for GIS software. CD is open for other e-learning materials. Now we have about 20 students using our LiveCD and few other users that are not currently our students. The paper should show Pros & Cons of the LiveCD usage for a distance learning.*

### LiveCD

Live CD is bootable CD-ROM with operating system and installed and configured programs. It is ready to use as full installed system directly after boot from CD-ROM drive. There is more than one hundred distributions of Live CD. We can say that there is a few targeted to the GIS users. Most well known Live CD in the GIS area is called GIS-KNOPPIX. That Live CD can be used for education, research, testing, etc. But there are two aspects that made our decision to do not use that Live CD in the Czech Republic. Last distribution of the CD is not for free of charge at this time and the CD works with data mainly for the USA.

### GISák LiveCD

#### Background

At the beginning we have to describe how came the idea of the project to our mind. It was not quick process, it comes quite slowly. In the autumn of the 2003 came new wave of thinking to the institute of geoinformatics. Before that period we have used open source software only rarely. We used GIS open source software for “playing” only, but not for serious work. We worked with GRASS and UMN MapServer. After the autumn 2003 some of us

have completely moved to the OS Linux (thanks to Michal and Pavel) and we have started using the open source as a platform for our day work.

In these days first projects based on open source have fired up. They have been related to the current teaching of some subjects. For example it was GVSB View project in the subject of Java programming or it was project that moves subject called "Software for GIS II" from close source (and commercial) software to the open source (and free) software.

Nowadays in a lot of study subjects is used open source software and other teachers are thinking about using open source for teaching. The main reason is (but i only suggest, you have to ask them) that they would like to give a chance to our students to do not use cracked software. Common student have not got enough money to buy a licence for GIS software (of course there is some commercial software free of charge for students, but usually you have to apply for a grant or do any other non popular things). When student would like to do his homework lessons, he (or she) has to either come to our laboratory (where the licensed software is available) or use cracked software.

Well, if a teacher think in the way such as: I will prepare my exercises to suit for example GRASS system, because my students can use it free of charge: we can say that it is not so easy. Some of the software are not available for common OS (Windows) or it is very difficult to install them on it. That reason was one of our impulses for GISák LiveCD.

Another impulse came from second level of education. We are cooperating with some high schools and they are thinking about GIS. But the software is expensive, data are not available, etc.

Nowadays we are using open source quite often and once somebody made a question: "What we are giving to open source community? We only use the products and do no give in back any to it". That was another impulse.

That were the reasons in a short review. Let us show you list of project's goals described in a different way than in the abstract of the paper:

- Give the set of open source software to our students in one compact form
- Give the tutorial data and set of tools to high schools in one compact form
- Prepare set of useful tutorials for used software
- Prepare data from the Czech Republic available free of charge
- Advertise open source GIS tools
- Advertise OS Linux

### Project stages

1. September 2004 - first ideas
2. January 2005 - first version for internal tests (Based on Linux4All [3])
3. April 2005 - first official version (Based on Linux4All)

4. January 200 - special edition for GIS Ostrava 2006 (Based on Kanotix-mini [2])
5. October 2006 - second version distributed via GI journal (plans) (Based on Kanotix or Knoppix [4] or who knows)



Figure 1: Logo GISák LiveCD

## Data

GISák LiveCD contains free geodata. There are Spearfish dataset and [geodata collected by Martin Landa](#)<sup>1</sup>. We plan to include some data measured by our students and other geodata from public sources.

## Software

GISák LiveCD contains following software:

- GRASS 6

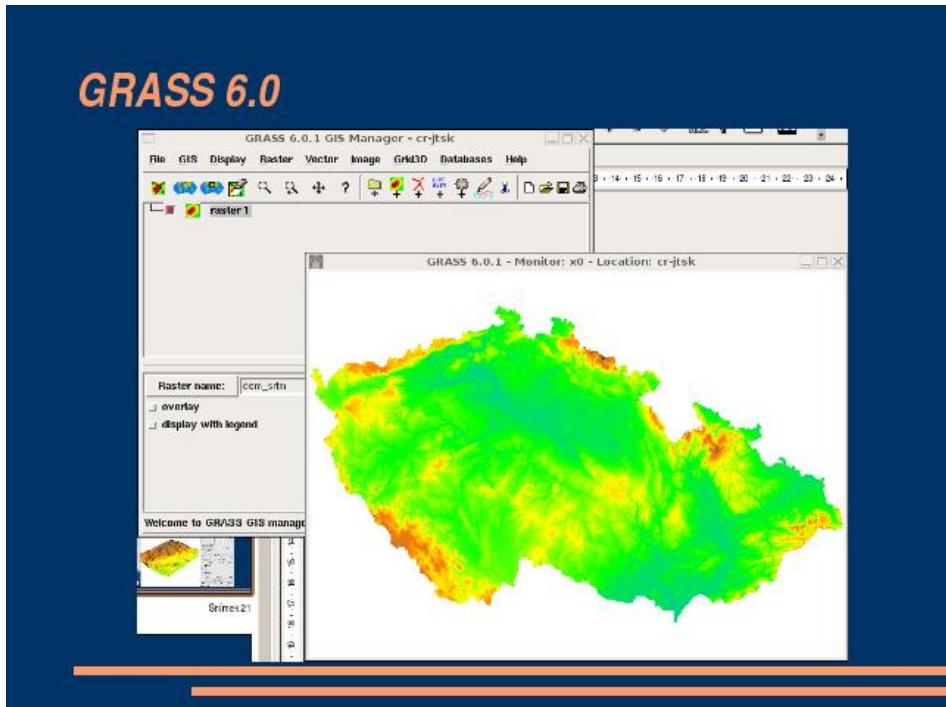


Figure 2: GRASS 6

---

<sup>1</sup>[http://grass.fsv.cvut.cz/wiki/index.php/Geodata\\_CZ](http://grass.fsv.cvut.cz/wiki/index.php/Geodata_CZ)

## EXPERIENCE WITH A LIVECD IN AN EDUCATION PROCESS

---

- JUMP 1.2

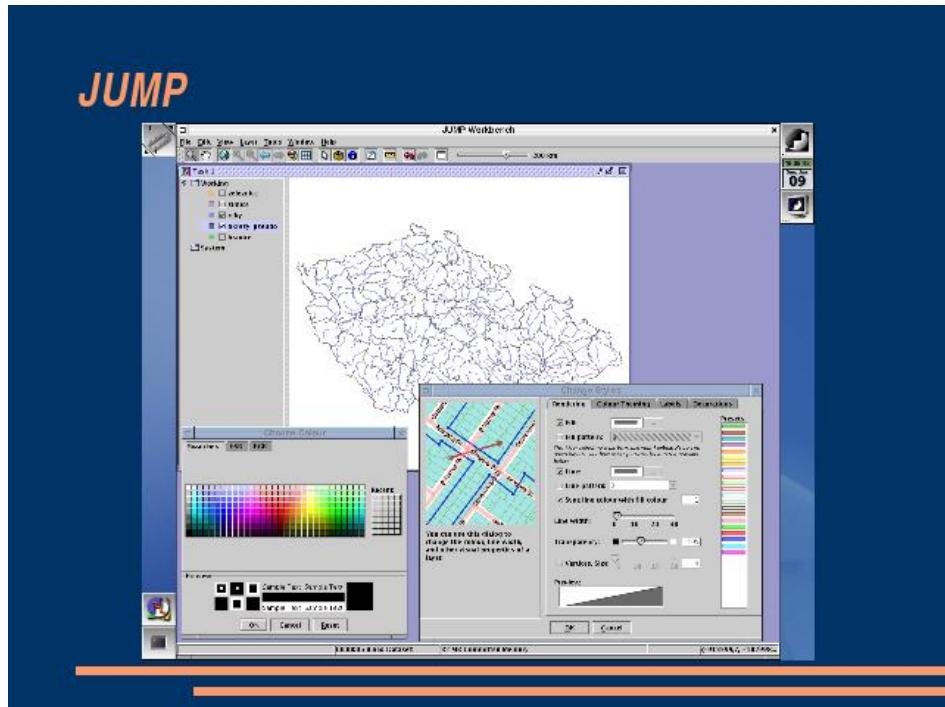


Figure 3: JUMP

- QGIS 0.6

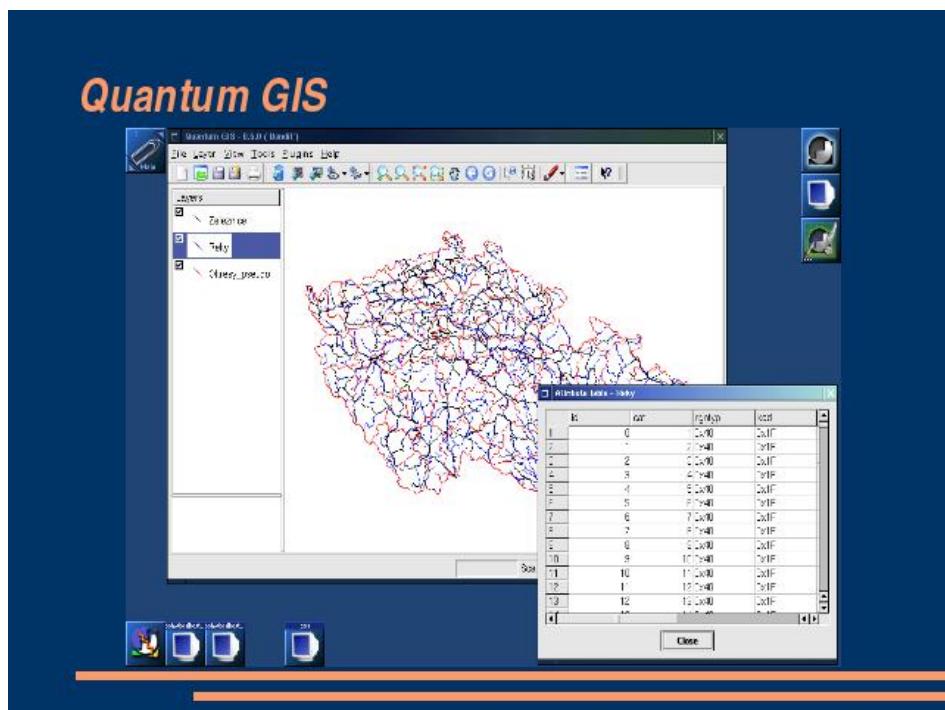


Figure 4: QGIS

## EXPERIENCE WITH A LIVECD IN AN EDUCATION PROCESS

---

- Thuban

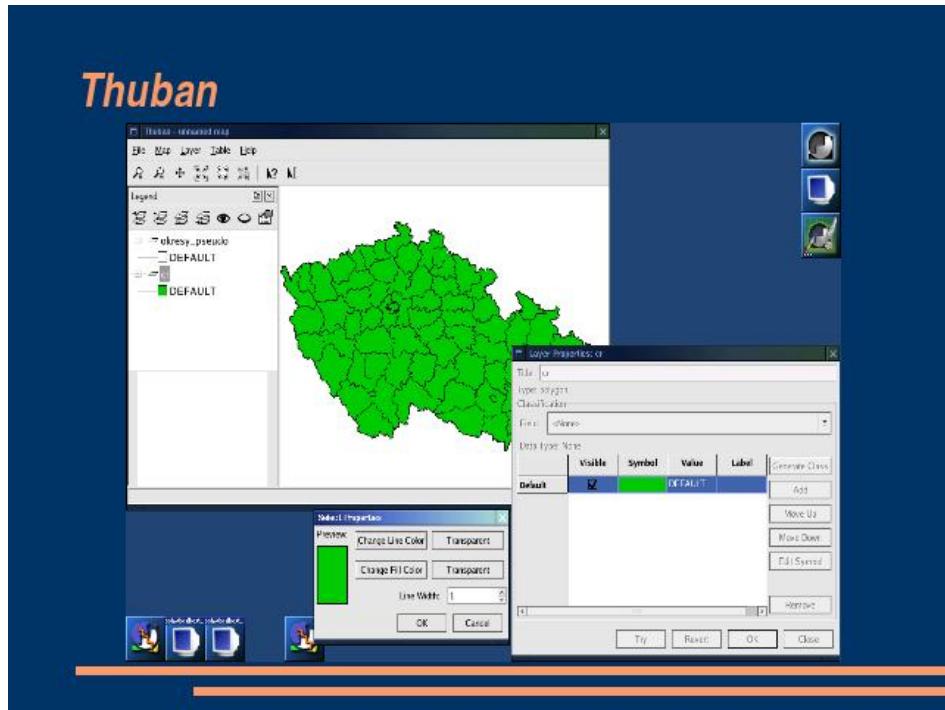


Figure 5: Thuban

- GPS Drive
- UMN Map Server 4.2
- Blender

We plan to add following software:

- uDIG
- gvSIG
- PostGIS
- GeoNetwork Open Source
- CatMDEdit

### Tutorials

There are few tutorials for GRASS, JUMP, Thuban and QGIS software, but we plan to add other tutorials and regular materials prepared by other teachers or students.

## EXPERIENCE WITH A LIVECD IN AN EDUCATION PROCESS

---

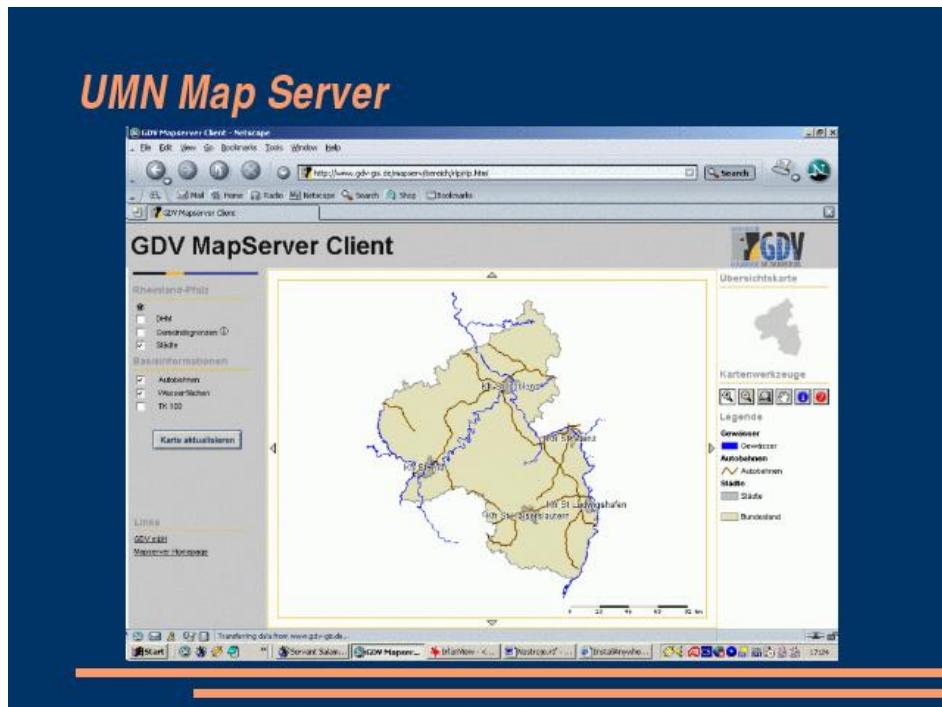


Figure 6: UMN MapServer

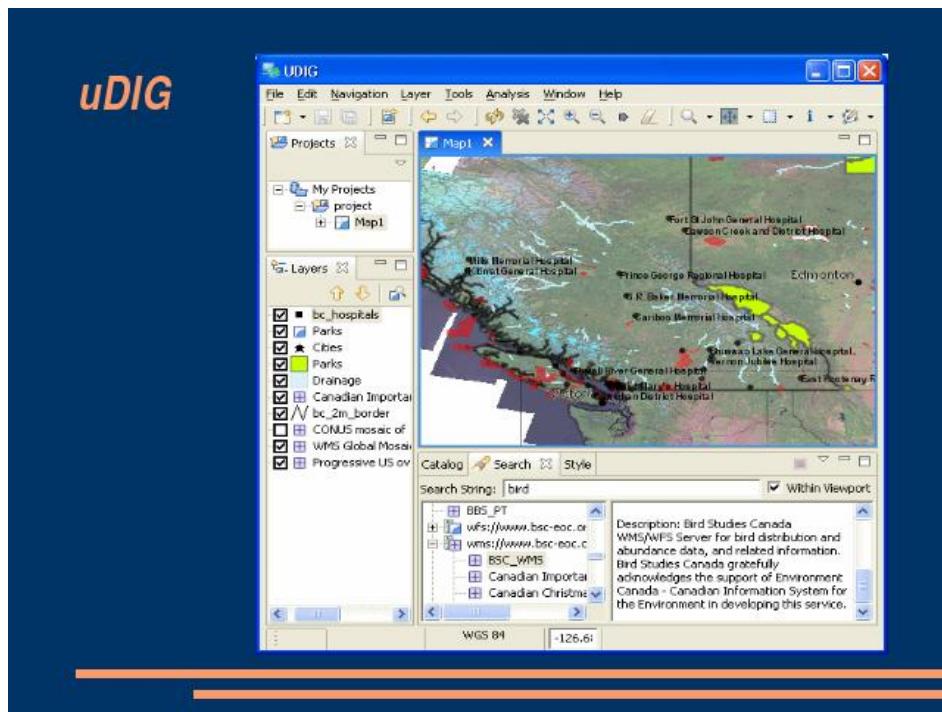


Figure 7: uDIG

## Distance, E-Learning using LiveCD

We have experiences with a distance learning using e-learning techniques. For example our institute offers three e-learning courses. Courses' students can access learning materials on

## EXPERIENCE WITH A LIVECD IN AN EDUCATION PROCESS

---

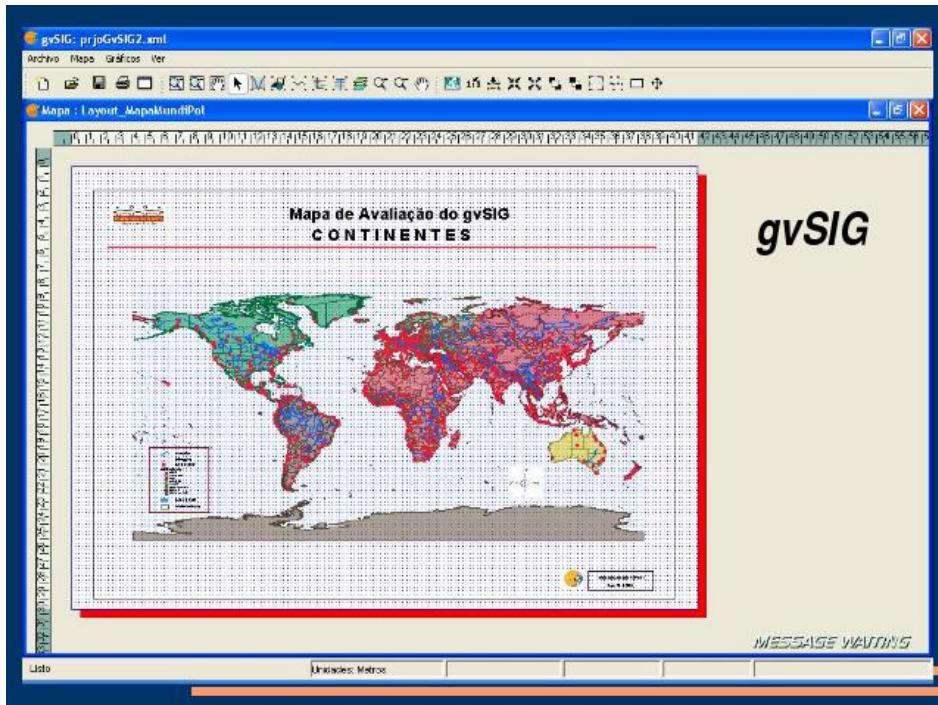


Figure 8: gvSIG

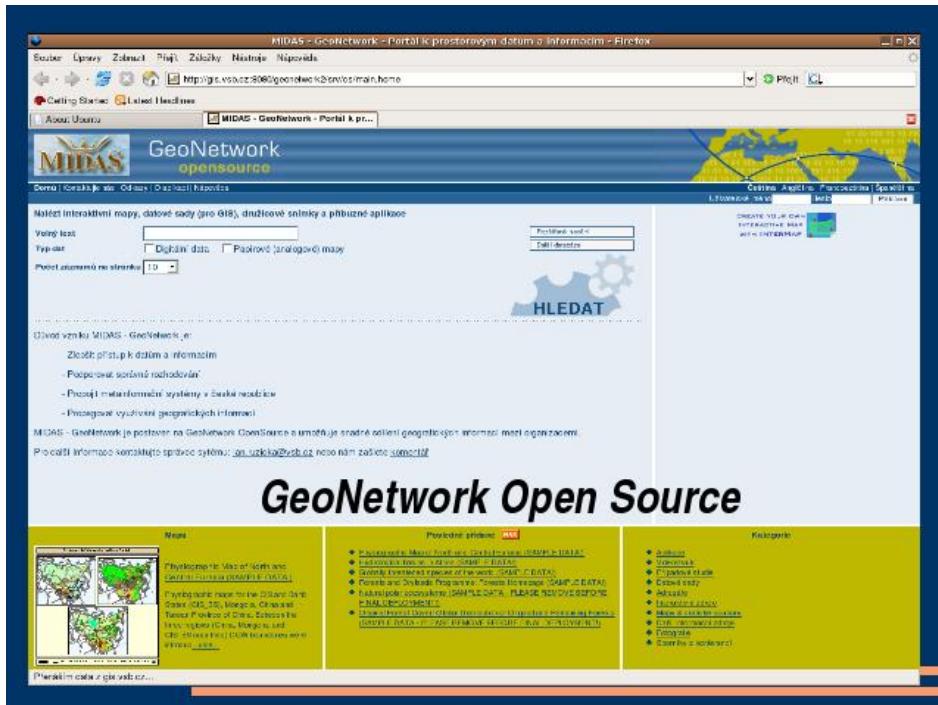


Figure 9: GeoNetwork Open Source

web (interactive e-learning system Barborka [15]) or use static CD with learning materials in multimedia form. But some of the excercises need software installation, configuration and other problematic tasks. We have bad experiences with this way of e-learning. Many of our

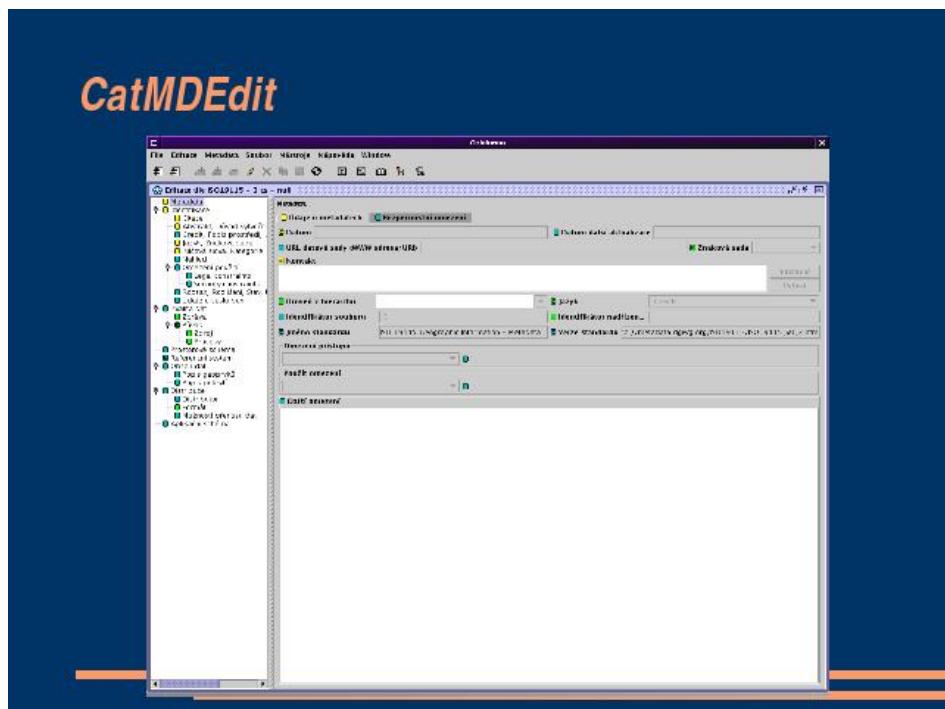


Figure 10: CatMDEdit

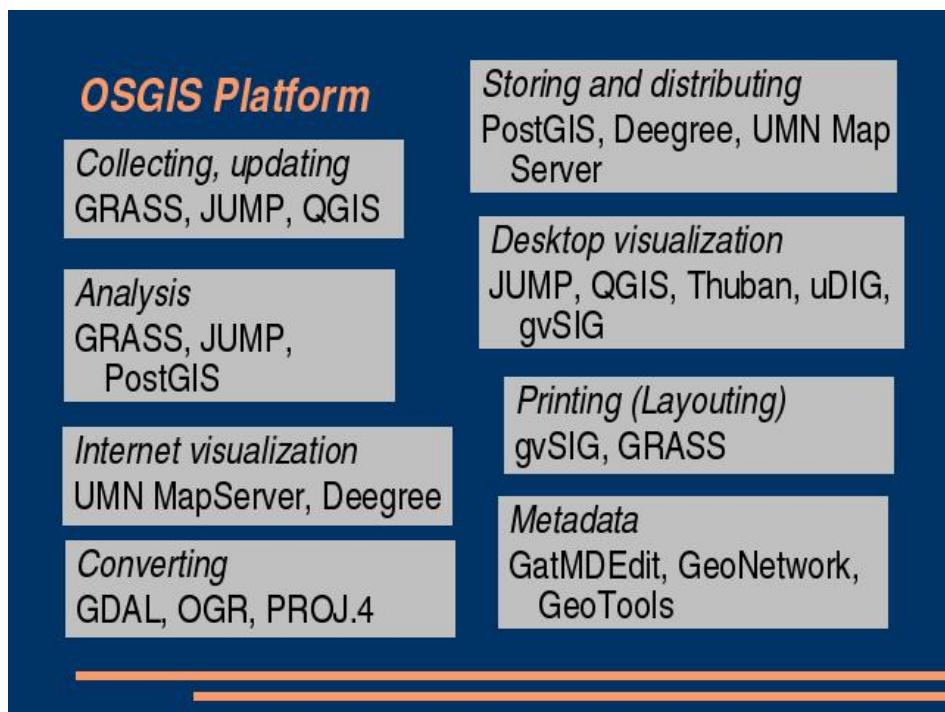


Figure 11: Open SSource GIS Platform

students had difficulties with installing and configuring software available on CD. They have different OS, different conditions (for example some of them are not administrators of their PCs used for education and they can not install software) and installing instructions can not

## EXPERIENCE WITH A LIVECD IN AN EDUCATION PROCESS

---

handle all platforms and all possible problems.

We can minimize such problems using LiveCD. All software is installed, configured and students can concentrate on necessary tasks only.

### Users' experiences

Here are listed some of the users' experiences using GISák LiveCD:

- problems on some PCs/Notebooks – usually solved by boot options
- + better than standalone - that was a quite big surprise
- problems with importing data v.in.ogr - we have tried import DGN and everything went well, the user did not specify additional information needed for handling his problem
- + do not need install whole system to handle one or two subjects
- + possibility to distribute diploma thesis in a live form

### Users' requirements

Here are listed some of the users' requirements using GISák LiveCD:

- Knowledge base – How to for specific tasks – Tutorials can go to impasse
- Write on NTFS
- Save state - users would like to pause their work and continue after new boot with state saved in some permanent memory (Flash, HD)
- Need help with boot options - some PCs need to set up boot options before booting, but it is not so easy for not experienced user to set up them correctly. We should distribute some brochure that describes how to set up boot options for some list of devices

### Teachers' experiences

- + Very useful on roads
- + Prepared same conditions for all students
- + Compact form – data and software on one place
- + Useful when network is not available

### Teachers' requirements

- Tools for updating configuration without burning a new CD – on-line - LiveCD will download configuration during booting from the web site
- Tools for installing new software - on-line - Make own LiveCD compilation

## Pros & Cons

- + Free available tools
- + Prepared data
- + Prepared configuration - Workshops, Competitions
- + Integrated data with software
- + Useful when network is not available – Workshops, Competitions
- Update CD - need every time you change the content
- Never better than standalone installation - except some situations

## Conclusion

- LiveCD is useful when other options are not available and that conditions are common
- LiveCD brings same conditions for all students
- LiveCD brings possibilities to integrate data, software and study materials to one compact form
- Solution based on LiveCD is limited by CD updating – burning a CD is not so convenient

## What can do students with LiveCD

Students can use LiveCD to perform following tasks (or will soon) and all of them are available on software from Open Source GIS Platform

- Geodata collecting, updating
- Geodata storing and distributing
- Geodata analysis
- Geodata visualization: Desktop, Internet, Printing
- Geodata describing: metadata management
- Geodata converting: coordinate, formats

## Future work

- Prepare DVD – with more data
- Prepare USB image – no burning necessary
- Prepare tools for more user (teacher) friendly CD updating
- Integrate other study materials

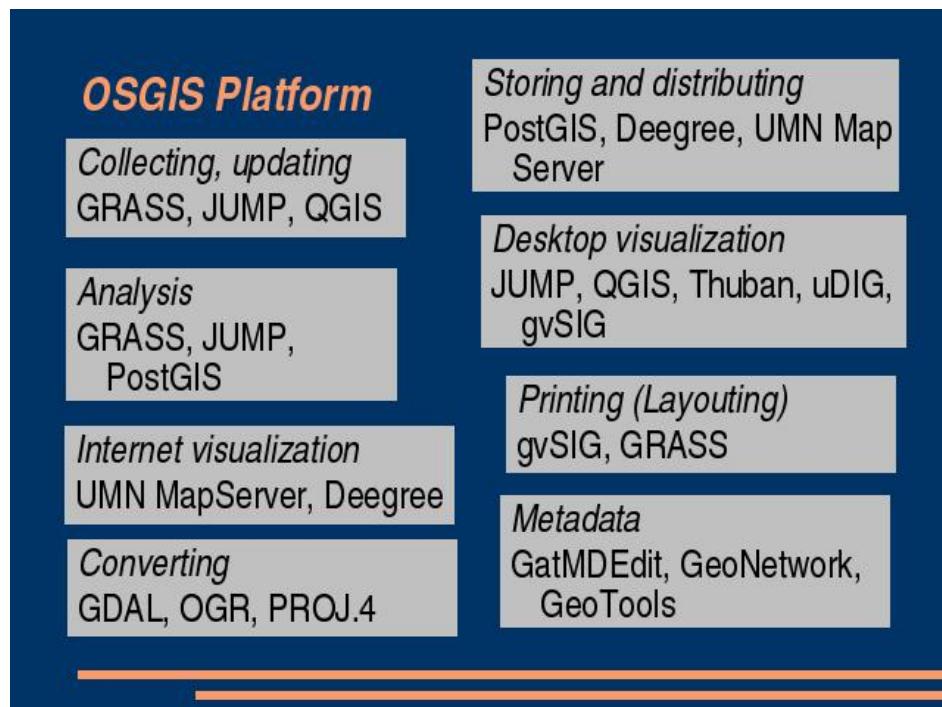


Figure 12: Open Source GIS Platform

- Prepare other software
- ...

## References

1. Růžička J., Klímek F., Děrgel P., Šeliga M. GIS on Linux4All - Live CD. In Sborník z konference GIS Ostrava 2005, Ostrava, 2005, ISSN 1213-239X. Dostupný na: [WWW](#)<sup>2</sup>
2. [Kanotix Home Page](#)<sup>3</sup> - Kanotix Home Page
3. Linux4All. Linux4All. 2004. Available on [WWW](#)<sup>4</sup>
4. Source Pole. GIS-Knoppix. 2004. Available on [WWW](#)<sup>5</sup>
5. GRASS Development Team. GRASS GIS. 2004. Available on [WWW](#)<sup>6</sup>
6. QGIS.org. Quantum GIS. 2004. Available on [WWW](#)<sup>7</sup>
7. Thuban Project Team. Thuban. 2004. Available on [WWW](#)<sup>8</sup>

<sup>2</sup>[http://gis.vsb.cz/Publikace/Sborniky/GIS\\_Ova/GIS\\_Ova\\_2005/Sbornik/Referaty/ruzicka.htm](http://gis.vsb.cz/Publikace/Sborniky/GIS_Ova/GIS_Ova_2005/Sbornik/Referaty/ruzicka.htm)

<sup>3</sup><http://kanotix.com/files/kanotix/>

<sup>4</sup><http://www.linux4all.de/livecd>

<sup>5</sup><http://www.sourcepole.com/gis-knoppix>

<sup>6</sup><http://grass.itc.it/>

<sup>7</sup><http://www.qgis.org/>

<sup>8</sup><http://thuban.intevation.org/>

8. The JUMP Project. JUMP Unified Mapping Platform. 2004. Available on [WWW<sup>9</sup>](#)
9. Regents of the University of Minnesota. UMN MapServer. 2004. Available on [WWW<sup>10</sup>](#)
10. MapTools.org. MapLab. 2004. Available on [WWW<sup>11</sup>](#)
11. PostGIS.org. PostGIS. 2004. Available on [WWW<sup>12</sup>](#)
12. Ganter F. GPS Drive. 2004. Available on [WWW<sup>13</sup>](#)
13. Orlík A., Růžička J., Stromský J., Děrgel P., Kamler J. Správa časoprostorových dat v prostředí PostgreSQL/PostGIS, sborník z konference Open Weekend 2005, Praha 15. - 16.10.2005, ISBN 800103349X
14. Růžička J. Workshop Open Source GIS. Available on [WWW<sup>14</sup>](#)
15. Trio Team 2003 from VSB-TUO. Barborka. Available on [WWW<sup>15</sup>](#)

---

<sup>9</sup><http://www.jump-project.org/>

<sup>10</sup><http://mapserver.gis.umn.edu/>

<sup>11</sup><http://www.maptools.org/maplab/index.phtml>

<sup>12</sup><http://www.postgis.org/>

<sup>13</sup><http://gpsdrive.kraftvoll.at/>

<sup>14</sup><http://gis.vsb.cz/ruzicka/Seminare/OpenSource/index.php>

<sup>15</sup><http://barborka.vsb.cz/lms/>

## My experience from CVUT

Sigbjørn Herstad

Department of Geomatics<sup>1</sup>

Faculty of Engineering Science & Technology<sup>2</sup>, Norwegian University of Technology and  
Science<sup>3</sup>

E-mail: [sigbjoh@stud.ntnu.no](mailto:sigbjoh@stud.ntnu.no)

### Introduction

Through this paper I will try to describe both my background and my study- period in Prague. If you have further questions or want to know more, don't hesitate to contact me.

### Master of Science in Engineering and ICT (Information & Communication Technology)

#### Background

This branch was created because there are a lot of good engineers in all the engineering branches (not only geomatics) and also people who can handle information technology. However it is not always the reality that a good engineer can handle information technology equally well, and vice versa. Therefore there was a need for people who were skilled in both engineering and information technology. This happened in 2002, the same year I started studying at the university.

#### Structure of the field of study

Master of Science in Engineering and ICT (Information & Communication Technology) is a 5 years Master program. The first 2 years includes basic engineer and computer- courses (mathematics, object- oriented programming, physics, mechanics, databases, fluid-mechanics, statistics, algorithms and computer structures etc.) After the first two years a choice has to be made in which direction you want to go. There is limited number of places on each branch. These are the study- branches possible to choose between: These are the study- branches possible to choose between:

1. *Energi- og prosessteknikk*<sup>4</sup> [Norwegian], *Energy & Process Engineering*<sup>5</sup> [English]
2. *Geofag og petroleumsteknologi*<sup>6</sup> [Norwegian], *Petroleum Engineering*<sup>7</sup> [English]

---

<sup>1</sup><http://www.geomatikk.ntnu.no/english/index.html>

<sup>2</sup>[http://www.ivt.ntnu.no/e\\_index.php](http://www.ivt.ntnu.no/e_index.php)

<sup>3</sup><http://www.ntnu.no/>

<sup>4</sup>[http://www.studier.ntnu.no/rw\\_index\\_sprog.php?dokid=40b4970b08f821.74711920](http://www.studier.ntnu.no/rw_index_sprog.php?dokid=40b4970b08f821.74711920)

<sup>5</sup><http://www.ept.ntnu.no/en/>

<sup>6</sup>[http://www.studier.ntnu.no/rw\\_index\\_sprog.php?dokid=3fe15ace7dbcd1.58219460](http://www.studier.ntnu.no/rw_index_sprog.php?dokid=3fe15ace7dbcd1.58219460)

<sup>7</sup><http://www.ipt.ntnu.no/>

3. *Geomatikk*<sup>8</sup> [Norwegian], *Geomatics*<sup>9</sup> [English]
4. *Konstruksjonsteknikk*<sup>10</sup> [Norwegian], *Structural Engineering*<sup>11</sup> [English]
5. *Marin teknikk*<sup>12</sup> [Norwegian], *Marine Civil Engineering*<sup>13</sup> [English]
6. *Produktutvikling og materialer*<sup>14</sup> [Norwegian], *Product Development & Materials*<sup>15</sup> [English]

During the 4th or 5th year you have to decide further in which specialization you want to go. For instance in Geomatics you can choose between:

- *Cartography and geographic information sciences*<sup>16</sup>
- *Geodesy*<sup>17</sup>
- *Photogrammetry and remote sensing*<sup>18</sup>

For a short introduction to Master of Science in Engineering and the different fields it is possible to study I recommend to visit *Hybrida*<sup>19</sup> (a union for the students who study Master of Science in Engineering) and look at the *PDF-file*<sup>20</sup>. For the moment it is only in Norwegian, but it contains a lot of pictures and is therefore easily understandable.

### Experience from studying at NUTS (Norwegian University of Technology and Science) in Trondheim

The study- branch was founded the year I started at the university. Since it was the first year, everything was new. Most of the courses and the program for the first 3 years was planned. However there have been changes in courses and which year they should be mandatory.

I considered applying for the information technology study- branch, but I was afraid that this was only focused on computers and too much technical. I wanted something in between. For me it was very positive to delay the decision about which direction to go for 2 years. With this line everyone have the same courses the 2 first years. This result in 2 more years to decide in which field you really want to study.

---

<sup>8</sup>[http://www.studier.ntnu.no/rw\\_index\\_sprog.php?dokid=405868776327e8.28972588](http://www.studier.ntnu.no/rw_index_sprog.php?dokid=405868776327e8.28972588)

<sup>9</sup><http://www.geomatikk.ntnu.no/english/index.html>

<sup>10</sup>[http://www.studier.ntnu.no/rw\\_index\\_sprog.php?dokid=40b49aa561daa2.96785114](http://www.studier.ntnu.no/rw_index_sprog.php?dokid=40b49aa561daa2.96785114)

<sup>11</sup><http://www.bygg.ntnu.no/ktek/>

<sup>12</sup>[http://www.studier.ntnu.no/rw\\_index\\_sprog.php?dokid=40b498480b55c1.16452366](http://www.studier.ntnu.no/rw_index_sprog.php?dokid=40b498480b55c1.16452366)

<sup>13</sup>[http://www.ivt.ntnu.no/bat/english/mb\\_english/](http://www.ivt.ntnu.no/bat/english/mb_english/)

<sup>14</sup>[http://www.studier.ntnu.no/rw\\_index\\_sprog.php?dokid=421259891e9108.53831450](http://www.studier.ntnu.no/rw_index_sprog.php?dokid=421259891e9108.53831450)

<sup>15</sup><http://www.immtek.ntnu.no/engelsk/>

<sup>16</sup><http://www.geomatikk.ntnu.no/english/Intro/cartography.html>

<sup>17</sup><http://www.geomatikk.ntnu.no/english/Intro/geodesy.html>

<sup>18</sup><http://www.geomatikk.ntnu.no/english/Intro/photogrammetry.html>

<sup>19</sup><http://www.hybrida.ntnu.no/hybridaweb/Skole/>

<sup>20</sup>[http://www.hybrida.ntnu.no/filer/IIKT\\_IVTstyret050204.pdf](http://www.hybrida.ntnu.no/filer/IIKT_IVTstyret050204.pdf)

## Experience from studying at CVUT (Czech Technical University) in Prague

I was recommended to go to Germany or Finland because these are countries that have well known universities within geomatics. However I decided to choose to go a different road. I wanted to study somewhere exotic (not in the Australian beach-and-surfing-way) and different from Norway. I found out that at CVUT it would be possible to study my 4th year. I knew it may be difficult to find the subjects needed, but hoped it would be possible to take more computer- courses and other courses. That was also one of my intentions to go abroad – finding new courses which I normally would not have discovered.

### Negative experiences

- Registration for courses. It took some time to find people, departments and the right places to queue for different papers.
- Not integrating with Czech students. Since most of the English- courses are made for ERASMUS and foreign students there are few or no Czech people attending them. Integration between Czech and foreign students would become easier if it was a better mix between Czech and foreign students in classes.
- Too many courses. It is obligatory to have 30 ECTS credits each semester in Norway. Most of the courses in Norway have 7,5 ECTS - so 4 courses each semester is common the first years. While at CVUT I needed 10 courses to get the same amount of ECTS.
- Courses are full or cancelled. Many of the courses which were planned opened when applying for a year at CVUT were closed. The most popular courses were crowded very early, and therefore difficult to register.
- Computer rooms and places to study. There seems to be too few computers and places to study. However it doesn't seem to be a problem for the foreign students, because most of them have their own computer at the dormitory.

### Positive experiences

- Select courses from different faculties. The possibility to select courses from all the different faculties is an advantage.
- International office is helpful. Without the international office I think it would be even more chaotic to find out where to go and how to register, so a big thank to them for helping new students find their place.
- *International Student Club*<sup>21</sup> - important for the social life of the students. Active not only during the first weeks, but they arrange trips throughout the whole year.
- Helpful teachers. Most of the teachers are very helpful and want to help as much as possible. Even though a lot of the teachers are very busy, most of them takes time and shows interest in helping foreign students.

---

<sup>21</sup><http://www.isc.cvut.cz/en/index.php?menu=1>

## MY EXPERIENCE FROM CVUT

---

- More interesting courses. Since it is possible to combine courses from different faculties there are a wide variety of different courses to select between.
- Different locations. The faculties are spread all around Prague, from Dejvicka and Karlovo Namesti to Florenc. Since I had courses in 3 faculties I had to travel between these locations. First I thought it would be a problem, but it made it easier to explore the city.
- Meeting other international students. Perhaps one of the main reasons why I took a year abroad. Easy to get in touch with international students.
- New contacts and relations for more studies/work abroad.
- Traveling. It is easy to travel around in the Czech Republic and the nearby countries. It is possible to take a week off and travel.

### Suggestions and ideas for further consideration

I will try to make some suggestions on how to improve the conditions to get more people to study the branch of geomatics at CVUT. It was mostly luck that made me discover CVUT and the fact that it was possible to study here. Increased cooperation abroad with other universities would be good, both in exchanging students for 1 or 2 semesters, but also perhaps cooperation in courses. For instance 2-3 people from different universities cooperate through the semester (through internet) and present a final project. More accurate information on the homepage would be good. There is a list of subjects, but will all of them be open? Is it possible to have more project- oriented courses?

It is difficult (but possible) for foreign students to attend Czech lessons and courses. I think it is easier for Czech people to take part in English lessons than the opposite. For those of the Czech students going abroad to study for a period of time it is also an advantage to already have had some courses in English. So perhaps some of the Czech- courses can be taught in English?

## Využití systému Galileo ve stavebním inženýrství

**Leoš Mervart**

Department of Advanced Geodesy  
Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague  
E-mail: [mervart@fsv.cvut.cz](mailto:mervart@fsv.cvut.cz)

**Klíčová slova:** Systém Galileo, stavební inženýrství, výzkumný plán MSM 6840770032

### Popis výzkumného záměru

#### Předmět a cíl výzkumného záměru



Vývoj prvních družicových navigačních systémů - známých též jako globální polohové systémy (GPS) - se datuje do 60. let dvacátého století. Jejich význam pro technickou praxi začal vzrůstat s postupným dokončováním systému NAVSTAR (Navigation Satellite Timing And Ranging) GPS v průběhu let 80. Od té doby se neustále zvyšuje počet aplikací a GPS se staly nepostradatelné v nejrůznějších oblastech lidské činnosti.

S vývojem nových aplikací GPS se však zároveň začala projevovat určitá omezení v současné době jediného plně operačního systému NAVSTAR GPS, která jsou způsobena hlavně tím, že systém byl původně navržen pro potřeby armády Spojených států a jeho tvůrci nepočítali se stovkami různých civilních aplikací.

Z tohoto důvodu se jednou z priorit států Evropské unie stalo vybudování vlastního družicového navigačního systému, který by byl (na rozdíl od systému Spojených států) primárně navržen pro celou řadu velmi rozmanitých civilních aplikací. V průběhu složité a dlouhé přípravné fáze projektu se měnila jak jeho celková koncepce tak i název vlastního navigačního systému. Obtížná byla i jednání mezi Evropskou unií a Spojenými státy, která měla zajistit tzv. interoperabilitu stávajícího a nového navigačního systému. V současné době je možno konstatovat, že neexistují žádné další politické překážky bránící vybudování evropského navigačního systému a byla schválena i jeho detailní koncepce. V roce 2006 přešel projekt z tzv. vývojové fáze do fáze zaváděcí. Operační fáze by mělo být dosaženo v roce 2008. Navigační systém Evropské unie je založen na dvou projektech:

#### **Projektu EGNOS (Euro Geostationary Navigation Overlay Service).**

Jde o společný projekt Evropské kosmické agentury (ESA) a Evropské komise, který se bude (podle plánu z roku 2005) sestávat ze tří geostacionárních družic.

#### **Projektu GALILEO.**

Systém GALILEO (jde opět o společný projekt ESA a Evropské komise) je velmi ambiciózním projektem, který by po svém dokončení měl představovat nejmodernější technologii pro přesné určování polohy. Od 1. července 2003 do konce roku 2005 byl projekt v tzv. vývojové fázi, rokem 2006 byla zahájena tzv. zaváděcí fáze a od roku 2008 má být systém již plně funkční. V systému se počítá s celkem 30 družicemi na třech oběžných dráhách (sklon k rovníku 56 stupňů, vzdálenost od Země 23616 km). Protože v roce 2004 (26. června) byla podepsána

## VYUŽITÍ SYSTÉMU GALILEO VE STAVEBNÍM INŽENÝRSTVÍ

---

dohoda mezi USA a Evropskou unií "o podpoře, rozmístování a používání družicových navigačních systémů GALILEO a NAVSTAR GPS", otevřela se cesta k uživatelské interoperabilitě a radiofrekvenční kompatibilitě obou systémů.

**Systém GALILEO má v současné době jednu z nejvyšších priorit ve všech členských zemích EU. Usnesení vlády ČR číslo 218 z 23.2.2005 k organizačnímu zajištění aktivní participace České republiky na programu Galileo deklaruje připravenost České republiky k podpoře vlastních podnikatelských a výzkumných subjektů.**

Návrh služeb a signálů systému GALILEO podléhal dlouhé diskusi a mnoha změnám. V současné době je však zřejmé, že jeden ze signálů systému GALILEO bude ve vysokofrekvenčním pásmu L1. Tato skutečnost otevírá cestu k jednoduchým a levným přijímačům schopným pracovat s oběma systémy – NAVSTAR GPS i GALILEO. Zároveň tím otevírá i cestu k výraznému zvýšení přesnosti a zejména spolehlivosti určování polohy při využití kombinace měření obou navigačních systémů. A jako přímý důsledek tohoto kvalitativního skoku lze očekávat ohromný rozvoj nových aplikací včetně aplikací ve stavebním inženýrství.

**Domníváme se, že vzhledem k výše uvedeným skutečnostem je nezbytné soustředit úsilí vědeckých pracovníků Fakulty stavební ČVUT na výzkum a vývoj aplikací systému Galileo v oblastech geoinformatiky, krajinného a stavebního inženýrství.** Jsme přesvědčeni, že pro projekt takového výzkumu máme k dispozici kvalitní řešitelský tým sestávající z odborníků z oblasti družicových navigačních systémů, informatiky, geodézie, dopravního stavitelství, stavebních konstrukcí a dalších stavebních oborů. **Rovněž jsme přesvědčeni, že předkládaný projekt je správně věcně zacílen, že je správně načasován (vzhledem k budování systému GALILEO), a že jeho realizace přinese i podstatné hospodářské výsledky.**

Zamýšlený výzkumný záměr sestává ze **tří na sebe navazujících částí**:

1. **Výzkum a vývoj metod pro zpracování signálů družic Galileo**, problematika kombinování měření systému Galileo se stávajícím globálním polohovým systémem NAVSTAR GPS, specifika použití systému Galileo v České republice a návaznost na současné geodetické základy České republiky.
2. **Výzkum a vývoj metod efektivního zpracování polohových informací poskytnutých systémem Galileo**, jejich vizualizace, tvorba databázových a informačních systémů (GIS) založených na údajích poskytnutých systémem Galileo.
3. **Výzkum a vývoj aplikací systému Galileo v jednotlivých oborech stavebního inženýrství.**
  - monitorování deformací mostních objektů
  - sledování posunů stavebních objektů pomocí kombinace měření systému Galileo a metody laserového skenování
  - řízení stavebních strojů
  - dlouhodobé sledování posunů tramvajových a železničních tratí
  - prevence rizik při dopravě nebezpečných nákladů

- hledání a vývoj nových aplikací družicových navigačních systému ve stavebnictví
- hledání a vývoj nových aplikací družicových navigačních systémů a metod dálkového průzkumu Země ve vodním hospodářství

Jedním z hlavních cílů předkládaného výzkumného záměru je tedy **komplexní vývoj stavebních aplikací systému Galileo**. Pod “stavebními aplikacemi“ rozumíme nejrůznější technologické postupy, jejichž součástí je získávání polohových informací o stavebních objektech, řízení stavebních strojů, optimalizace logistických problémů při procesu výstavby atd. Na jedné straně půjde o aplikace, které jsou v současné době řešeny jinými technologiemi (např. terestrickými měřeními). V těchto případech bude cílem vyvinout technologické postupy založené na systému Galileo, které jsou ekonomicky výhodnější, přesnější či méně rizikové pro pracovníky provádějící měření. Na straně druhé kvalitativní skok v přesnosti a spolehlivosti určení polohy, který systém Galileo přináší, otevře cestu i ke zcela novým aplikacím a technologiím, které dosavadními prostředky nebylo možno zajistit. Tyto aplikace nelze konkrétně předvídat, a proto ani vyjmenovat v návrhu výzkumného záměru, domníváme se však, že právě jejich hledání a vývoj by měly představovat významnou část navrhovaného výzkumného záměru.

Předkládaný projekt však není zaměřen pouze na aplikační úroveň systému Galileo. Projekt je předkládán pracovníky Fakulty stavební ČVUT, Mezi předkladateli projektu jsou ve značném počtu zastoupeni geodeti a kartografové (Geodézie a kartografie je jedním s oborů studovaných na stavební fakultě). Neméně důležitým cílem projektu je proto **vývoj algoritmů, metod a softwarových aplikací pro zpracování původních měření systému Galileo a začlenění výsledků získaných pomocí tohoto systému do informačních systémů**. Teprve na výsledky tohoto vývoje mohou navazovat jednotlivé aplikace ve stavebním a krajinném inženýrství.

Projekt je tedy určitou **syntézou výzkumu v oblasti družicové geodézie a geoinformatiky s konkrétními aplikacemi ve stavebním a krajinném inženýrství**.

**Současný stav výzkumné činnosti a úrovně poznání v oblasti, která je předmětem výzkumného záměru, z mezinárodního a národního hlediska**

Z části pojednávající o předmětu a cíli výzkumného záměru je zřejmé, že pro dosažení cílů projektu jsou nezbytné poznatky z více vědních a technických disciplín. Zde je stručné shrnutí stavu výzkumné činnosti a úrovně poznání v oborech, které jsou pro řešení záměru nejdůležitější:

### Družicová geodézie a navigace

Družicová geodézie, teorie globálních polohových systémů a vývoj algoritmů a softwarových nástrojů pro zpracování družicových měření je jakýmsi “výchozím bodem“ předkládaného projektu, neboť družicová měření představují první zdroj dat, na nichž jsou zamýšlené aplikace založeny. Samotná družicová geodézie nemůže existovat bez vazby na další specializace spadající do oboru tzv. vyšší (teoretické) geodézie. Jejich společným úkolem je umožnit určení polohy statických či pohybujících se objektů v přesně definovaném souřadnicovém a časovém systému. Protože každé určení polohy je založeno na měření vykonávaných v konkrétním

## VYUŽITÍ SYSTÉMU GALILEO VE STAVEBNÍM INŽENÝRSTVÍ

---

fyzikálním prostředí, stává se součástí vyšší geodézie i studium fyzikálních vlastností tělesa Země a studium změn těchto vlastností v čase.

Problematice družicové navigace se pracovníci Katedry vyšší geodézie Fakulty stavební ČVUT věnují od počátku 90. let. Vedoucí katedry, prof. Mervart, je spoluautorem dvou významných softwarových systémů pro zpracování měření NAVSTAR GPS – tzv. Bernského GPS Softwaru (ve spolupráci s Astronomickým ústavem Univerzity Bern) a programu RTNET (Real-Time Network) užívaného Japonským geografickým institutem pro monitorování japonské sítě Geonet (síť cca 1200 permanentních stanic GPS) .

Prof. Mervart a Ing. Lukeš jsou autory či spoluautory mnoha vědeckých publikací s tématickou globálních polohových systémů.

Další členové řešitelského týmu – prof. Kostelecký, Ing. Vondrák, DrSc. a Ing. Pešek jsou odborníky v oboru geodetických polohových základů, geodetické astronomie a souřadnicových a časových referenčních systémů. Problematika referenčních rámci je důležitou součástí řešení, neboť jednotlivé navigační systémy mohou pracovat v různě definovaných a realizovaných referenčních rámci, jejichž korektní transformace a následný převod výsledků do systémů užívaných v České republice je nutnou podmínkou použití družicových navigačních systémů pro přesné aplikace v technické praxi.

Vědecká činnost v oblasti družicové geodézie není myslitelná bez široké mezinárodní spolupráce. Výše uvedené členové řešitelského týmu jsou zapojeni do mezinárodní spolupráce v rámci bilaterálních smluv s našimi zahraničními partnery (zejména Astronomickým ústavem Univerzity v Bernu) a v rámci mezinárodních vědeckých organizací – zejména Mezinárodní GNSS služby (International GNSS Service) a Mezinárodní služby rotace Země a referenčních systémů (International Earth Rotation and Reference systems Service - IERS).

Z vědeckých pracovišť v České republice je naším partnerem zejména Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický.

### **Informatika, geoinformatika, digitální kartografie a geografické informační systémy**

Druhým pilířem zamýšleného výzkumného záměru je skupina vědních disciplín, které by (pokud je chceme shrnout pod jednoslovnným termínem) bylo možno nazvat „geoinformatikou“. Tato moderní vědní disciplína aplikuje poznatky informatiky – vědy o zpracování a manipulaci s informacemi – na potřeby geodézie, kartografie a dalších vědních a technických disciplín zabývajících se měřením, zobrazováním nebo (jako v případě stavebnictví) i přetvářením zemského povrchu. V našem pojednání chápeme geoinformatiku jako velmi široký pojem, který do jisté míry zastřešuje kartografiu, fotogrammetrii, dálkový průzkum Země, mapování a katastr nemovitostí. O významu geoinformatiky svědčí i skutečnost, že „Geoinformatika“ je i názvem a náplní nově akreditovaného studijního oboru na Fakultě stavební ČVUT, jehož výuka bude zahájena v akademickém roce 2006/2007.

Katedra mapování a kartografie Fakulty stavební ČVUT je špičkovým pracovištěm v oborech spadajících do geoinformatiky. Součástí katedry je Laboratoř dálkového průzkumu Země, která se svým výzkumem zaměřuje na několik oblastí. Jednou z nich je sledování časových změn v krajině, které je možno určovat z dat dálkového průzkumu Země – družicových dat (optická i radarová data) i leteckých dat (letecké měřické snímky). V procesu vyhodnocování snímků je nezbytná přesná lokalizace sledovaných změn. Systém Galileo a jím poskytovaná

## VYUŽITÍ SYSTÉMU GALILEO VE STAVEBNÍM INŽENÝRSTVÍ

---

data umožní získávání dat s podstatně větší polohovou přesností a snazší využití získaných poznatků pro praxi.

Laboratoř dálkového průzkumu Země se již několik let zabývá problematikou diferenciální interferometrie. Tato metoda umožňuje získávat informace o změnách v poloze území na zemském povrchu. Podpůrným nástrojem pro posouzení výsledku zpracování diferenciální interferometrie je např. použití GIS, kde je na základě různého druhu vstupních dat zkoumána teoretická možnost existence poklesových oblastí. Tímto způsobem již byly porovnávány hodnoty dat přebírané z geologických, důlních aj. podkladů, které však nelze používat jako zcela spolehlivé pro potvrzení nebo vyloučení poklesů. Systém Galileo umožní sledovat polohu ve vybraných lokalitách průběžně v rámci několika let. Tato měření budou porovnávána s výsledky interferometrických vyhodnocení. Předpokladem je tedy měření systémem Galileo na předem vybraných lokalitách. Tato data budou pravidelně vyhodnocována, informace vkládána do GIS.

Další součást Katedry mapování a kartografie FSv ČVUT je Laboratoř fotogrammetrie. Činnost laboratoře se v posledních pěti letech soustředila zejména na využití pozemní fotogrammetrie v oblasti dokumentace památkových objektů, kde bylo dosaženo řady významných úspěchů i v mezinárodních projektech. Vyšší formy vyhodnocovacích systémů digitální fotogrammetrie využívají princip virtuální reality a jsou zastoupeny v laboratoři na čtyřech stanicích. Nosným projektem laboratoře z dlouhodobého hlediska je práce se systémem PhotoPa, který představuje dnes již poměrně rozsáhlou fotogrammetricko-měřickou databázi drobných památkových objektů. Sběr těchto dat má geoinformační prvky, pro lokalizaci objektů se předpokládá využití evropského navigačního systému GALILEO.

### Inženýrská geodézie

Inženýrské geodézie je aplikací geodetických metod v průmyslu a stavebnictví. Mezi hlavní úkoly inženýrské geodézie patří kompletní geodetické zajištění staveb – od prací při projektové části výstavby přes vytyčení stavby až po dokumentaci jejího skutečného provedení a v některých případech i dlouhodobé sledování jejich posunů a deformací.

Inženýrská geodézie se vyznačuje vysokými nároky na přesnost měření a také tím, že měření jsou prováděna ve velmi obtížných podmínkách. Nasazení nejmodernějších přístrojů je často jedinou cestou pro splnění požadavků na přesnost a zároveň umožňuje dodržet bezpečnost práce a výrazně snížit riziko pracovních úrazů. V této souvislosti je třeba zmínit použití družicových navigačních systémů při vytyčování velkých staveb, metodu laserového skenování či metody automatizovaného řízení stavebních strojů. Současný navigační systém NAVSTAR GPS byl již úspěšně použit v některých výše zmíněných aplikacích. Využití systému Galileo by však přineslo zvýšení přesnosti výsledků a tím i nahrazení klasických terestrických metod v aplikacích inženýrské geodézie s vysokými nároky právě na přesnost určení polohy. Ještě důležitější dopad nového systému Galileo by byl v případech, kdy měření jsou vykonávána v nepříznivých podmínkách (např. omezená viditelnost družic způsobená zástavbou atd.) Více než dvojnásobný počet družic (celkem 54 družic při současném použití systému NAVSTAR GPS a Galileo oproti pouhým 24 družicím NAVSTAR GPS) by umožnil výsoko přesná měření i v těchto obtížných podmínkách.

Problematikou geodetických měření na stavbách se zabývá Katedra speciální geodézie Fakulty stavební ČVUT a rovněž Katedra geodézie a pozemkových úprav FSv ČVUT. Doc. Blažek, vedoucí posledně zmínované katedry, se zabývá měřením deformací mostů optickými metodami.

## VYUŽITÍ SYSTÉMU GALILEO VE STAVEBNÍM INŽENÝRSTVÍ

---

Ing. Štroner, PhD z Katedry speciální geodézie FSv ČVUT se zabývá metodou laserového skenování staveb. Doc. Hampacher je odborníkem na matematické zpracování geodetických měření metodami vyrovnávacího počtu.

### **Stavební mechanika, dopravní stavby, inženýrství životního prostředí, vodní hospodářství a vodní stavby**

Katedra stavební mechaniky Fakulty stavební ČVUT se mimo jiné dlouhodobě zabývá monitorováním statického a dynamického chování významných stavebních konstrukcí a detekcí jejich nadměrných statických deformací a dynamických výchylek. V současné době je přesnost družicových měření NAVSTAR GPS zpravidla nižší než přesnost požadovaná při výše zmíněném monitorování. Lze však očekávat, že po zvýšení přesnosti zavedením systému Galileo bude v některých případech možné nahradit terestrická měření měřeními družicovými s výraznými ekonomickými úsporami a zvýšením bezpečnosti práce. Pro posouzení získaných výsledků by byla velmi cenná i skutečnost, že opakovaná měření by bylo možno nahradit měřeními permanentních družicových přijímačů a eliminovat tak vliv periodických jevů (např. střídání teplot v průběhu dne či roku) na celkově zjištěné chování stavebních konstrukcí.

Katedra železničních staveb FSv ČVUT se mimo jiné zabývá sledováním posunů vybraných úseků tramvajových a železničních tratí – např. zkušebních úseků s novými konstrukčními prvky. V současné době jsou tyto posuny sledovány terestrickými metodami. Nasazení družicových metod by bylo velmi výhodné jak z ekonomického hlediska, tak z hlediska bezpečnosti práce. Podmínkou je nejen vysoká přesnost měření, ale především schopnost dosáhnout této vysoké přesnosti v poměrech běžných na železničních a tramvajových tratích – omezení viditelnosti družic v zářezech, zhoršení příjmu signálů v důsledku vegetace atd.

Katedra zdravotního a ekologického inženýrství FSv ČVUT se zabývá modelováním distribučních sítí a srážkoodtokových procesů v urbanizovaných povodích i hodnocením ekologického stavu vodních toků a vodárenských nádrží, pro něž jsou zapotřebí přesné informace o druhu a velikosti ploch v povodí včetně jejich výškového zaměření a ohrazení a přesné umístění objektů, např. povrchových znaků vodovodů a kanalizací, které by se s výhodou daly získat pomocí družicových metod.

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí FSv ČVUT se podílí na řešení úkolů, které si kladou za cíl sledovat takové ocelové a dřevěné konstrukce, u kterých je riziko nadměrných deformací a posunů. Tato rizika jsou zásadní například pro historicky cenné věžové dřevěné konstrukce střech. U většiny konstrukcí dochází k postupné degradaci materiálu nosné konstrukce a při extrémních klimatických podmínkách (zatížení větrem) hrozí riziko jejich poruch a nenávratných ztrát. Proto je měření navrhovanou metodou při využití milimetrových přesností velmi cenné a může velmi dobře identifikovat poruchu konstrukce. Použití družicových metod u těchto konstrukcí je velice výhodné, neboť se jedná o stavby zpravidla převyšující okolní zástavbu. Proto je jakékoli jiné měření v takovýchto podmínkách velmi náročné, využití družicových přijímačů je naopak v tomto případě velice výhodné neboť nehrozí, že by přijímače byly zastíněny.

Použití navrhované metody by rovněž významně přispělo při měřeních na vysokých stožárech, věžích, komínech a jiných obdobných konstrukcích. U takovýchto staveb je často rozhodující II. mezní stav (mezní stav použitelnosti). Zejména se jedná o dynamické účinky větru, které je nutno sledovat jak ve směru působícího větru, tak v kolmém směru, kde obzvláště válcové stavby mohou být účinkem větru rezonančně rozkmitávány a tím i ohrožovány únavovým

poškozením. Účinky větru se velmi komplikovaně sledují ve větrných tunelech (používají se zmenšené modely), kde se pouze simulují skutečné účinky větru. Měření pomocí družicových přijímačů by poskytlo velmi ojedinělé informace, na jejichž základě by bylo možné analyzovat skutečné působení větru na skutečných konstrukcích. Pro rozvoj v této oblasti navrhování konstrukcí by měl navrhovaný projekt významný vliv. Katedra geotechniky je připravena k účasti na řešení výzkumného záměru využitím znalostí, týkajících se základových poměrů staveb (stavu horninového prostředí v podzákladí staveb) a jejich základových konstrukcí, včetně geotechnických příčin statických poruch. Tvarové deformace stavebních objektů mohou být vyvolány i dynamikou horninového prostředí, bez přihlédnutí k tomu, zda jde o autonomní projevy v masivu, nebo o interakci masivu se stavbou. Spolehlivé výsledky tedy přinesou zpravidla jen komplexní posouzení. Katedra je materiálně i personálně vybavena ke sledování a hodnocení dynamiky horninového prostředí v interakci se stavebními objekty. Očekávaným výsledkem spolupráce s ostatními zúčastněnými řešiteli je mj. získání hodnotných geodetických a geotechnických podkladů pro typové hodnocení lokalit; řešitelský kolektiv katedry geotechniky poskytne také inženýrsko-geologické a geotechnické podklady i k ostatním projektovaným pracem.

### Dílčí cíle výzkumného záměru

#### **1. Systémová analýza a stanovení základních úkolů (SA)**

Proces navazuje na výsledky řešitelů dosažené před započetím projektu. Probíhá na začátku a zároveň po celou dobu trvání projektu, aby byla zajištěna aktuálnost stanovovaných dílčích úkolů v souvislosti s mezinárodním vývojem v dané problematice. Systémové řešení projektu sestává ze základní analýzy řešených problémů, aplikační analýzy a následném stanovení požadavků na funkcionality a vlastnosti subsystémů, aby byla zajištěna vzájemná provázanost jednotlivých procesů.

#### **2. Výzkum, vývoj, testování a optimalizace výpočetních algoritmů zpracování informací z družic Galileo (GA)**

Proces je jedním z hlavních úkolů zamýšleného výzkumného závěru. Navazuje na předchozí práce řešitelů týkající se vývoje programů pro zpracování měření NAVSTAR GPS v reálném čase. V rámci této části výzkumného záměru chceme

- vyvinout program pro zpracování tzv. fázových měření systému Galileo
- posoudit vliv korekcí systému EGNOS na určovanou polohu přijímače, navrhnout optimální způsob využití systému EGNOS pro zamýšlené technické aplikace
- zkoumat problémy vyplývající z kombinace měření NAVSTAR GPS a Galileo (rozdílné referenční systémy atd.) a připravit softwarové nástroje pro řešení těchto problémů

V současné době je připravována nová generace přijímačů družicových signálů. Tyto nové přijímače se od současných liší v tom, že některé hardwarové prvky jsou nahrazovány prvky firmwarovými. Přijímače budou vybaveny výkonnými procesory a stanou se do jisté míry univerzálními. Úpravou či změnou firmwaru bude možno použít přijímač k měření s různými globálními polohovými systémy či jejich kombinacemi (NAVSTAR GPS, Galileo a případně i další). Přijímače budou mít vlastní operační systém, který umožní spuštění uživatelských

programů přímo v přijímačích. Otevřá se tak cesta k vývoji nových aplikací, které optimalizují zpracování původních surových dat, řeší komunikaci s ostatními zařízeními v rámci dané technologie atd. Výzkum a vývoj takovýchto aplikací, které jsou na hranici firmwaru a uživatelské aplikace, bude rovněž součástí naší práce.

### **3. Integrace polohových geodetických základů do jednotného evropského rámce (PZ)**

Cílem je realizace evropského souřadnicového systému ETRF89 na území ČR s centimetrovou přesností a jeho navázání na stávající polohové a výškové souřadnicové systémy (S-JTSK, S42/83, ČSNS) s centimetrovou přesností. Pouze při dodržení tohoto standardu bude možné provádět lokalizaci ve všech souřadnicových systémech s požadovanou přesností. Protože po hybu družic je primárně popisován zákony nebeské mechaniky v nebeském kvazi-inerciálním nebeském systému, bude zapotřebí se věnovat též dalšímu zpřesňování transformačních vztahů mezi tímto nebeským a rotujícím pozemským referenčním systémem (precese, nutace, světový čas, pohyb pólu). Některé z parametrů orientace Země (precese, nutace, světový čas) přitom není možné získat pouze z pozorování družic, je potřeba je dále kombinovat s pozorováním VLBI; výzkum bude proto zaměřen též na techniku těchto kombinací. Pro získání integrovaných polohových základů je nutno mimo jiné provést další zpřesnění průběhu plochy kvazi-geoidu na území ČR zpracováním heterogenních dat, provést testování jeho přesnosti metodou "GPS-nivelace", vytvořit algoritmus transformace ETRF89 – S-JTSK, resp. ETRF89 – S42/83 a provést jeho softwarovou realizaci s ohledem na jeho začlenění do GIS softwarů

### **4. Aplikace metod moderní numerické matematiky (NM)**

Nalezení efektivních a numericky stabilních metod řešení matematických problémů, které se vyskytují při zpracování měření družicových navigačních systémů a při zpracování velmi rozsáhlých souborů geoinformací. V návrhu výzkumného záměru nelze přesně odhadnout, které matematické problémy se při řešení vyskytnou. Obecně lze očekávat, že bude nutno řešit problémy při řešení velkých soustav lineárních rovnic (při zpracování měření družicových navigačních systémů se mohou vyskytnout soustavy s počtem neznámých v řádu 100 tisíc). Požadavkem řešení je nejen vysoká numerická stabilita, ale i rychlosť. Optimalizaci algoritmů lze dosáhnout tím, že využijeme určitých apriorních znalostí o struktuře systémů rovnic (např. jde o tzv. "řídke" systémy rovnic nebo o systémy, v nichž některé neznámé jsou silně závislé atd.) Při zpracování družicových měření v reálném čase se nejčastěji (z důvodů efektivity výpočtu) používají různé modifikace tzv. Kalmanova filtru. Obecně lze říci, že tato filtrace může být numericky velmi nestabilní. Optimalizace filtračních algoritmů z hlediska numerické stability je dalším z úkolů této části projektu.

### **5. Monitorování deformací mostních konstrukcí (MK)**

Tuto oblast považujeme za jednu z nejslibnějších aplikací družicových měření ve stavebnictví. Úkolem projektu je ověření využitelnosti nového evropského navigačního systému Galileo pro monitorování statického a dynamického chování stavebních konstrukcí a pro detekci jejich nadměrných statických deformací a dynamických výchylek.

Z hlediska použitelnosti, provozuschopnosti, dlouhodobé spolehlivosti a životnosti předpjetých mostních konstrukcí větších rozpětí je vysoce aktuální otázka trvalého růstu deformací v čase. Společenský význam problémů provozuschopnosti mostů je mimořádný a jejich důsledky vyvolané náklady v ekonomickém pohledu mnohonásobně převyšují náklady vyvolané poruchami

## VYUŽITÍ SYSTÉMU GALILEO VE STAVEBNÍM INŽENÝRSTVÍ

---

statického charakteru.

Zkušenosti ukazují na větší hodnoty skutečných průhybů oproti výpočtové predikci a na jejich dlouhodobý nárůst v čase - skutečné dlouhodobé průhyby jsou větší než průhyby stanovené dosavadními výpočty. Příčin tohoto jevu je celá řada a je třeba je objektivně analyzovat.

Jedním (nikoliv však jediným) z významných faktorů ovlivňujících vývoj průhybů je dotvarování a diferenční smršťování betonu. Vzhledem k tomu, že jde o velmi složité jevy zahrnující interakci řady faktorů na různých úrovních mikrostruktury, které jsou ovlivňovány mnoha proměnnými účinky, je matematické vyjádření vývoje těchto jevů nutně dosti složité.

Řešitelský tým Katedry betonových konstrukcí a mostů FSv ČVUT již přinesl zcela konkrétní výsledky charakteru jak původních přínosů v oblasti teorie stavebních konstrukcí, tak i podpory pro praktické projektování a sledování vývoje přetvoření velkých mostních staveb. Byly vytvořeny nové matematické modely a metodika výpočtů, zobecněny výsledky a zpracována praktická doporučení která nacházejí uplatnění jakožto účinný nástroj pro spolehlivý a hospodárný návrh konstrukcí, pro dosažení úspor konstrukčních materiálů, energie a finančních nákladů, a to nejen na výstavbu, ale i na údržbu, opravy a rekonstrukce.

Pro kalibraci teoretických predikcí mají informace o skutečném průběhu nárůstu deformací mostních konstrukcí z předpjatého betonu zcela zásadní význam. Lze je využít jak k posuzování stavu sledované mostní konstrukce, tak i k ověření výstižnosti matematických modelů predikce dotvarování.

Příklad: na mostu na dálnici D8 přes Ohři u Doksan je dlouhodobě sledován vývoj průhybů. V nejdelším poli, které měří cca. 130 m, byl za 5 let zjištěn nárůst trvalého průhybu uprostřed rozpětí o cca. 3 cm. Při takto velkých deformacích je možné uvažovat o jejich měření metodami družicové geodézie, u nichž lze očekávat oproti běžným metodám nejen srovnatelnou či vyšší přesnost, ale zejména možnost monitorování v průběhu celého dlouhodobého měření.

Zatížení změnou teploty představuje u významných stavebních konstrukcí podstatnou složku jejich celkového namáhání. Informace o deformacích konstrukce způsobené změnou jejich teploty, které by byly získány pomocí systému Galileo, doplněné o měření změn teploty, které deformace vyvolaly, lze využít k upřesňování poznatků o podkladech, výpočtových modelech a postupech pro výpočet a posuzování vlivu změn teploty na spolehlivost zkoumaných konstrukcí.

Příklad: v současné době je na několika mostech v ČR soustavně sledována změna jejich teploty za účelem ověření hodnot, které jsou předepsány v převzaté evropské normě EN 1991-1-5. Katedra stavební mechaniky FSv ČVUT sleduje změny teploty mostu z předpjatého betonu přes Sedlický potok na dálnici D1 v řezu ležícím uprostřed jeho nejdelšího pole, jehož rozpětí je 75 m. Průhyb od změny teploty dosahuje cca. 1 cm.

Z výše uvedených skutečností je zřejmé, že systém Galileo by mohl být použit pro :

- monitorování nárůstu trvalých průhybů významných mostních konstrukcí z předpjatého betonu.
- monitorování nárůstu poddajnosti významných stavebních konstrukcí způsobené postupnou degradací jejich nosné konstrukce.

- monitorování kvazistatických deformací významných stavebních konstrukcí vyvolaných změnou jejich teploty.
- monitorování změn základních vlastních frekvencí významných stavebních konstrukcí v reálném čase způsobené postupnou degradací jejich nosné konstrukce.
- detekce nadměrných statických deformací sledované konstrukce vlivem extrémního statického nahodilého zatížení (např. sněhem).
- detekce nadměrných dynamických výchylek sledované konstrukce vlivem extrémního dynamického nahodilého zatížení (např. rozkmitání sledované konstrukce extrémními účinky větru, rozkmitání lávky pro pěší vandaly) nebo ztrátou aerodynamické stability.

V první fázi se předpokládá porovnání výsledků měření získaných systémem Galileo s výsledky měření provedeného klasickým způsobem (řešitelské pracoviště: Katedra geodézie a pozemkových úprav FSv ČVUT). Po ověření výsledků by měl být možný přechod od klasických měření k měření družicovým s výhodami v ekonomičnosti a bezpečnosti práce a spolehlivosti výsledků.

Součástí úkolu je rovněž vývoj metod pro matematicko-statistické zpracování získaných dat a programové zajištění výpočetních prací.

### **6. Sledování poruch a nadměrných deformací významných historických pozemních objektů a staveb, sledování výchylek a deformací vysokých stožárů, věží a komínů (HK)**

Cílem této části projektu je ověření využitelnosti nového evropského navigačního systému Galileo pro monitorování statického a dynamického chování významných historických stavebních konstrukcí a pro detekci jejich nadměrných statických deformací a dynamických výchylek, které zpravidla signalizují poruchu v nosné konstrukci.

Rizika poruch a poškození jsou zásadní například pro historicky cenné věžové dřevěné konstrukce střech. U většiny dřevěných konstrukcí dochází k postupné degradaci materiálu nosné konstrukce (působení vlhkosti, dřevokazných škůdců atd.) a při extrémních klimatických podmínkách (u věžových staveb zejména zatížení větrem) hrozí riziko jejich poruch. Proto by bylo využití družicových přijímačů s milimetrovými přesnostmi velmi cenné a může velmi dobře identifikovat poruchu konstrukce a poskytnout odpověď na otázku, zda je nutné přistoupit k sanaci (zesílení) nosné konstrukce. Použití družicových metod u těchto konstrukcí je velice výhodné, neboť se jedná o stavby zpravidla převyšující okolní terén a okolní stavby. Jakékoli jiné měření je v takovýchto podmínkách velmi náročné a drahé, využití družicových přijímačů se jeví naopak v tomto případě velice výhodné neboť nehrozí, že by přijímače byly zastíněny, není potřeba stálá obsluha, měření lze velmi snadno omezit pouze na určité časové období, ve kterém je konstrukce vystavena extrémním účinkům.

Družicová měření jsou jednou z mála možností, jak ověřit chování vysokých stožárů, věží, komínů a jiných obdobných konstrukcích při působení větru. U těchto staveb je zpravidla rozhodující mezní stav použitelnosti (tzv. II. mezní stav). Jedná se zejména o dynamické účinky větru, které je nutno sledovat jak ve směru působícího větru, tak v kolmém směru, kde obzvláště válcové stavby mohou být účinkem větru rezonančně rozkmitávány a tím i ohrožovány únavovým poškozením. Účinky větru se velmi komplikovaně sledují na zmenšených modelech ve větrných tunelech, kde se simulují skutečné účinky větru. Měření pomocí přijímačů Galileo

by poskytlo velmi ojedinělé informace, na jejichž základě by bylo možné analyzovat skutečné působení větru na skutečných konstrukcích. Vzhledem k proporcím těchto objektů je jejich poměr výšky a šířky velmi nevýhodný pro ověřování ve větrných tunelech, sledování výše zmíněných veličin na skutečných objektech by znamenalo výrazný posun v poznání v tomto oboru navrhování konstrukcí.

Dalším přínosem by bylo provádění měření na takových konstrukcích, které již nesou poměrně značné množství anténních systémů a u kterých je tendence jejich počty a rozměry dále zvyšovat. S tímto stavem se budeme setkávat stále častěji, neboť jde o doprovodný jev spojený s rozvojem komunikačních sítí. Výškových budov a konstrukcí je omezený počet, v zastavěných lokalitách již dále není možné stavět nové výškové stavby a konstrukce a proto dochází k nárůstu ploch anténních systémů na stávajících konstrukcích. Tento růst má však svoje hranice a rizika z poruch při extrémních povětrnostních podmírkách stoupají. Proto by bylo možné na vybraných konstrukcích nejprve sledovat jejich chování při současném stavu a poté, co se počet či plocha anténních systémů navýší. Při významném nárůstu deformací bude možné rozhodnout, zda technologie neohrožuje bezpečnost a stabilitu konstrukce a popřípadě jak velké přitížení od vodorovných zatížení bude ještě pro konstrukci přípustné z hlediska zachování spolehlivosti celého systému.

### 7. Aplikace systému Galileo v krajinném a vodohospodářském inženýrství (VI)

Řešitelská pracoviště (Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství Fsv ČVUT a Katedra zdravotního a ekologického inženýrství) se budou zabývat vývojem expertních a varovných systémů pracujících pro podporu rozhodování v reálném čase. Půjde především o následující oblasti:

- vodní hospodářství – sledování kritických situací jako jsou havárie, povodně, apod.
- krajinné inženýrství – mapování cenných prvků v krajině a jejich sledování, ochrana přírody a krajiny
- doprava a její dopad na životní prostředí

Přesná měření pomocí systému Galileo budou sloužit ke zpřesňování polohových a výškových informací povrchových znaků a k přesnému umístění dat dálkového průzkumu Země. Možné aplikace jsou např. v následujících oblastech:

- přesné vytyčení povrchových znaků vodovodů a kanalizací v souřadnicích x,y,z umožňující rychlý přístup k ovládacím prvkům a šachtám pro účely provozu a rychlého zásahu při haváriích (digitalizace mapových podkladů neposkytuje výškovou souřadnici, geodetická měření jsou náročná a nákladná, prvky jsou často obtížně přístupné, zejména kvůli husté dopravě)
- informace pro srážkoodtokové modely kvantity a kvality vody (typy a velikosti ploch v území, jejich sklony),
- podklady pro hodnocení ekologického stavu vodních toků a vodárenských nádrží (jejich zaměření, sledování změn koryt, pobřežních zón a pokryvu povodí, kolísání hladin),
- sledování havárií ovlivňujících vodní zdroje, postup eutrofizace nádrží,
- sledování poklesů inženýrských sítí v důsledku poklesu povrchu důlní činností, apod.

## VYUŽITÍ SYSTÉMU GALILEO VE STAVEBNÍM INŽENÝRSTVÍ

---

Z obou řešitelských pracovišť se předpokládají jednak výstupy v teoretické rovině – studie proveditelnosti, návrhy aplikací a posouzení technických nároků systému a ve spolupráci s ostatními pracovními skupinami definování nutných technických požadavků na systém, jednak výstupu v formě demonstrace jednotlivých aplikací.

### 8. Aplikace systému Galileo v silničním stavitelství (SI)

Přesná lokace v čase a místě se stává nezbytnou součástí silniční dopravy a silničního stavitelství. Aplikace existují např. v řízení a regulaci nákladních vozidel, snadnějších kontrolách při přetížení, zpoplatnění dálničních a rychlostních komunikací atd. Jedním z důležitých úkolů je sledování přetížených vozidel a nadměrných a nebezpečných nákladů během přepravy. Nový systém Galileo se též jeví výhodný pro řešení problematiky oprav a údržby vozovek. Jde např. o optimalizaci odstraňování sněhu v zimních měsících, diagnostiku aktuálního stavu a poruch vozovek, včetně měření jejich proměnných a neproměnných parametrů.

Řešitelské pracoviště (Katedra silničních staveb FSv ČVUT) se bude zabývat vývojem expertního systému, který by komplexně řešil výše uvedenou problematiku s využitím systému Galileo jako základního zdroje prostorových dat. Pozornost bude věnována probíhajícím projektům GPS v Kanadě a jihovýchodní Asii. Systém Fsv však bude využívat i ty vlastnosti nových navigačních systémů, kterými se tyto liší od systémů stávajících. Jde především o možnost komunikace mezi uživatelem (např. vozidlem) při zjištění krizové situace a expertním systémem zajišťujícím reakci na vzniklou situaci.

### 9. Aplikace systému Galileo v železničním stavitelství (ŽS)

Řešitelské pracoviště (Katedra železničních staveb FSv ČVUT) se bude zabývat vývojem aplikací systému Galileo pro dlouhodobé sledování prostorových posunů vybraných úseků tramvajových a železničních tratí. Půjde v tomto případě o nahrazení technologií založených na terestrických měřených technologiích založenou na měřeních družicových s výhodou vyšší ekonomičnosti a bezpečnosti práce. Sledování posunů tratí je nezbytné v případech, kdy jde o tratě s novými konstrukčními prvky, vysokorychlostní tratě a tratě ohrožené např. svahovými pohyby v důsledku lidské činnosti (tzv. technogenní pohyby např. v důsledku poddolování apod.) Cílem automatického sledování je zajištění vyšší bezpečnosti provozu kolejových vozidel.

### 10. Kombinace metody laserového skenování a systému Galileo (LS)

Řešitelské pracoviště (Katedra speciální geodézie FSv ČVUT) se zabývá metodami sledování a dokumentace staveb tzv. laserovými skenery. Jde o velmi efektivní a moderní metodu, která umožňuje hromadný sběr prostorových dat a jejich následné počítačové zpracování a vizualizaci. Nejdůležitější použitý přístroj – laserový skener – pracuje v lokálním souřadném systému a výsledky měření je třeba transformovat do souřadnicového systému mapového podkladu, národního referenčního systému nebo obecně do zvoleného dobře definovaného systému souřadnic. Pro efektivní a přesné provedení této transformace se jeví jako velmi vhodné vyvinout technologie kombinace laserového skenování s určováním polohy opěrných bodů metodami družicové geodézie s využitím systému Galileo. Navržený úkol by zahrnoval

- výzkum možností sběru dat laserovými skenery pro dokumentaci staveb,
- výzkum možností sběru dat laserovými skenery pro analýzu změn stavebních konstrukcí a dalších objektů,

- zpracování, vizualizace a prezentace dat pořízených laserovými skenery,
- výzkum možností propojení měření laserovými skenery s družicovými daty systému Galileo,
- porovnání a skloubení terestrických geodetických technologií a moderních navigačních metod se zaměřením na evropský navigační systém Galileo,
- výzkum možností získávání podkladů pro rozhodování podnikového facility managementu,
- využití získaných 3D modelů v městských informačních systémech (MIS)

### 11. Aplikace systému Galileo v experimentální geotechnice (EG)

Při geotechnickém průzkumu je posuzován stav horninového či zeminového prostředí a jeho možný vliv na stavbu, nebo na již existující objekty. Častým úkolem je vyhledávání diskontinuit, oslabených zón, dutin a dalších podzemních nehomogenit. To vše poskytuje průzkum pomocí georadaru, nejlépe v kombinaci s dalšími metodami (mělkou refrakční seismikou, mikrogravimetrií).

Využití georadaru umožňuje získat neocenitelné informace o geologické stavbě v okolí trasy stavby, jako např. o hloubce a reliéfu skalního podloží, litologických změnách, výskytu poruchových zón apod. Umožňuje lokalizaci inženýrských sítí a podzemních objektů. Na základě výsledků průzkumu pomocí georadaru lze optimalizovat trasu stavby, zatrídit zemní práce, stanovit nejvhodnější technologii, stanovit rozsah trhacích prací, posoudit stabilitu území či případný vliv stavby na okolí. Georadar má své uplatnění jak během výstavby tak po jejím skončení (např. při posuzování kvality zhotovení). Nesporou výhodou je získání vysoké hustoty měřených dat. Zatímco vzdálenost mezi průzkumnými vrty činí často několik set metrů, krok měření při použití georadaru se pohybuje v řádu decimetrů.

Využití georadaru ve spojení se systémem Galileo umožní získávat přesně lokalizované výstupy tohoto průzkumu navázáním na souřadný systém. Bude možné vytvořit 3D automatizovanou kontinuální databázi podloží rozsáhlých území spojením nedestruktivního způsobu geotechnického průzkumu se systémem Galileo.

### 12. Hodnocení rizika přetvoření ve spolupůsobení stavební konstrukce a horninového masívu (GT)

Cílem této části projektu je sledování historických staveb (hrady, zámky – Kunětická hora, Valdštejn), skladek, výsypek (Palivový kombinát Ústí nad Labem - Rabenov), hald, poddolovaných území (vědecko výzkumná podzemní laboratoř, štola Josef, Mokrsko), svahových deformací (Čertovka – Ústí n.L., Vaňov), popřípadě dopravních staveb (dálniční stavby), hydrotechnických (sypané hráze apod.), průmyslových staveb a inženýrských konstrukcí (mosty) z hlediska přírodních a antropogenních deformací horninového masívu. Po archivní studii, by byly vybrány citlivé lokality z hlediska existujících pohybů (svahové deformace, eroze, povodňové transporty a akumulace, senzitivní zeminy, lidský zásah). Po zúžení výběru na počet objektů, který je ve výzkumném zámeru časově a personálně zpracovatelný, budou osazeny měřičské prvky a bude prováděno režimní sledování, které bude vztaženo k měřením prováděným na horninovém masívu, případně v podzemí a ve vrtech. Závěrem a výsledkem bude hodnocení možnosti podobných měření a sledování na stavebních objektech.

### **13. Vývoj webových služeb pro geoinformatiku (WS)**

Cílem procesu je vývoj obecného objektového systému pro geoinformatiku s cílem sjednotit rozličné geoinformační služby tak, aby přístup k nim byl homogenní. Rozhraní každé služby bude popsáno pomocí XML v jazyce WSDL. Pro uživatele s registrovaným účtem bude možné přistupovat k výsledkům zadaných úloh, vlastní geoinformační systém bude napsán v jazyce Java s využitím servletů a databázového ovladače JDBC. Oprávnění uživatelé budou moci registrovat v systému vlastní úlohy.

### **14. Referencování státních mapových děl velkých a středních měřítek pomocí systému Galileo (MA)**

Využití měření družicového navigačního systému je nemyslitelné bez začlenění výsledků do stávajících mapových podkladů. Na území ČR se vyskytuje řada státních mapových děl celkem ve čtyřech souřadnicových systémech a třech kartografických projekcích, s neobyčejně pestrou paletou systémů kladu a značení mapových listů. Pro potřebu digitální kartografie, výměnu kartografických dat se zahraničím a obecně všechny moderní technické aplikace je třeba zavést bezešvé mapy (tj. mapa jako celek nikoli soubor mapových listů) v zobrazení a souřadnicovém systému podle volby uživatele. Problémy vznikají např. proto, že podkladové mapy jsou získány skenováním a sousedící listy nemají vyrovnané styky a navíc mají nepravidelnou srážku. Řešitelské pracoviště (Katedra mapování a kartografie FSv ČVUT) se bude zabývat vývojem nástrojů pro převod existujících mapových podkladů do jednotného (elektronického) formátu tak, aby je bylo možno používat společně s družicovým navigačním systémem Galileo.

### **15. Aplikace systému Galileo pro zvýšení efektivity vedení katastru nemovitostí (KN)**

Technické aplikace navigačního systému ve stavebním inženýrství závisí na bezchybné funkci nového Informačního systému katastru nemovitostí (ISKN), a na rychlém poskytování aktuálních dat pro jeho grafickou část (SGI). V této souvislosti bude řešena problematika tvorby rychlých výstupů v podobě tématických map pro krizový management v době živelních katastrof nebo obdobných situací. Lokalizaci vybraných prvků v území pomocí systému GALILEO bude možno vhodně kombinovat s obrazovými daty (barevná ortofota) určenými pro zjišťování a sledování využívání pozemků systémem IACS, podle požadavků a pravidel EU pro poskytování dotací pro zemědělskou výrobu.

### **16. Využití systému Galileo ve fotogrammetrii (FG)**

Laboratoř fotogrammetrie se zabývá řadou úkolů, které jsou vázány na přesné určení polohy.

Činnost laboratoře je dlouhodobě zaměřena na dokumentaci a prezentaci památkových objektů s cílem vytvoření rozsáhlé virtuální databáze památkových objektů v prostředí sítě Internet. První úspěšné pokusy v této oblasti byly již u nás provedeny <http://lfgm.fsv.cvut.cz>, funkční je prototyp databáze malých památkových objektů PhotoPa. Ten by měl být doplněn zejména o možnosti animací a virtuálních rekonstrukcí objektů a měl by být zpřístupněn do formy zjednodušené databáze široké veřejnosti pro virtuální prohlídky a turistiky. Vzhledem k ukládání rozsáhlého množství dat do prostředí GIS a jejich lokalizovatelnost je nutno pro každý objekt určit definiční bod nebo body. Dosud jsme používali pro tuto činnost odměření polohy z podrobné mapy nebo turistickou GPS. Dalším předpokládaným stupněm systému bude vizualizace objektu na základě jeho polohy v mapě. Zde je možnost systému Galileo ve

## VYUŽITÍ SYSTÉMU GALILEO VE STAVEBNÍM INŽENÝRSTVÍ

---

spojení s digitální mapou. Obdobný přístup lze využít při dlouhodobém průzkumu geoglyfů a petroglyfů v Perú, který ve spolupráci s HTW Dresden a INC Peru probíhá již několik let. Zde jde o využití metod přesných GPS pro dokumentační práce v extrémních podmírkách pouště a vysokých hor. Další výzkumná činnost předpokládá vytvoření systému pro víceúčelovou navigaci po kulturních památkách. Zde by bylo možno použít digitální mapový podklad a doplnit ho dalšími užitečnými informacemi. Laserové skenování se stalo v posledních několika letech novou technologií dokumentace a hromadného sběru třírozměrných bodů z okolí. Zároveň se objevily také dynamické metody, využívající systému GPS doplněného inerciálním navigačním systémem. Systémy s inerciální jednotkou patří dnes ke špičkovým technickým zařízením a využívají se v leteckých aplikacích. Pozemní dynamické systémy jsou zatím ve vývoji. Cílem výzkumu v tomto případě bude vytvoření dynamického systému pro zaměřování pozemních liniových oblastí umístěný na automobilu nebo železničním vozidle. Jádrem systému bude přijímač Galileo a laserová měřící hlava. Předpokládaným výsledkem měření by byl 3D model blízkého okolí projízděného úseku s víceúčelovým využitím.

## Historické mapy v prostředí mapového serveru

Jiří Cajthaml

Department of Mapping and Cartography

Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague

E-mail: [jiri.cajthaml@fsv.cvut.cz](mailto:jiri.cajthaml@fsv.cvut.cz)

### Abstrakt

Tento příspěvek se zabývá možnostmi zobrazování historických map na internetu. Tyto mapy často leží v archivech, kde jsou pro běžné uživatele těžko přístupné. V souvislosti s rozvojem informačních technologií dochází nyní k převodu map do digitální podoby a jejich archivaci na digitálních médiích. Současná technologie jde však ještě dál. Data mohou být publikována na internetu. Tam mohou být velice jednoduše k dispozici všem, jak odborníkům tak laikům. Kromě toho, že mohou být data na internetu prohlížena, s nástupem webových služeb je nyní možné data distribuovat mezi různými aplikacemi. Webové mapové služby jsou budoucností webové kartografie. Můj konkrétní ukázkový projekt souvisí s daty II. vojenského mapování Rakouska-Uherska (1819-1858). Tato data jsem publikoval pomocí mapového serveru na internetu. Data jsou volně přístupná a to nejen pro prohlížení, ale jsou i distribuována pomocí služby WMS.

### Zdroj digitálních dat - skenování map

Analogové mapy je nutné převést do digitální formy skenováním. Skenování je založeno na principu snímání obrazových elementů, zpravidla ve třech barevných složkách (systém barev RGB). Při skenování vystupují dvě velice důležité konstanty – hustota skenování a barevná hloubka. V Laboratoři digitální kartografie na Stavební fakultě, ČVUT v Praze jsem provedl řadu pokusných skenování s různou hustotou i barevnou hloubkou. K dispozici zde máme bubnový velkoformátový skener Contex Chameleon Tx36.

Hustota skenování je často udávána v jednotkách dpi (dot per inch, bodů na palec). Pro skenování map se jeví nejvhodnější hodnota někde mezi 300dpi a 500dpi. Při vyšší hustotě skenování již nedochází k výraznému vylepšení obrazu, pod 300dpi dochází často k degradaci textů na mapách. Konkrétní nejvhodnější hustota ale vždy závisí na konkrétní mapě (velikost písma, čitelnost mapy,...).

Barevná hloubka velice významně ovlivňuje kvalitu digitálního obrazu. Pro skenování barevných map jsou nejpoužívanější dvě metody: 8-bitové snímání do barevné palety nebo 24-bitové snímání pro složky RGB (tzv. "true color"). Méně často se používá 16-bitové snímání, kde zelené složce odpovídá 6 bitů, modré a červené pak po 5 bitech. Skenování do 8-bitové palety znamená, že výsledný obraz bude složen pouze z 256 barev (28 bitů). Většinou toto skenování probíhá dvoufázově. Skener otestuje mapu a zvolí 256 barev palety. Poté je každému snímanému bodu přiřazena nejbližší hodnota z palety. Výhodou tohoto snímání je úspora velikosti dat (třetinová velikost oproti "true color"). 24-bitové snímání představuje kvalitnější možnost, kde každému obrazovému elementu (pixelu) je možné přiřadit jednu z přibližně 16,7

milónu barev (24 bitů). Skenování v této barevné hloubce se hodí zvláště tam, kde bude následně použita JPEG komprese dat. Ta totiž využívá právě “true color“.

Pokud jde o mapy II. vojenského mapování, které jsem používal, ty byly neskenovány přímo ve vídeňském státním archivu pro [Ministerstvo životního prostředí ČR](#)<sup>1</sup>. S těmito daty pak v ČR pracuje [Laboratoř geoinformatiky UJEP v Mostě](#)<sup>2</sup>. S tímto pracovištěm spolupracujeme na katedře mapování a kartografie. Mapy byly ve Vídni neskenovány s hloubkou 400dpi a v 8-bitové paletě. Sám jsem tedy nemohl ovlivnit parametry skenování. Sám bych raději navrhoval skenování v “true color“ a případnou kompresi dat. Skenování v 8 bitech bylo provedeno patrně kvůli úspoře místa na datových médiích. Hustota skenování 400dpi je podle mě ideální.

### Komprese dat

Po vlastním neskenování je možné data zkomprimovat tak, aby se zmenšila celková velikost souboru. Rozlišujeme 2 základní typy komprese – bezetrátovou a ztrátovou. Při bezetrátové kompresi můžeme zpětným postupem získat opět originální obraz, při ztrátové nikoliv. Teorii kompresních algoritmů zde patrně nemá smysl popisovat. Pro konkrétní data II. vojenského mapování byla použita bezetrátová komprese LZW. Zároveň byla na zkoušku data převedena do “true color“ obrazu s JPEG kompresí. Touto ztrátovou kompresí sice obraz degradujeme, nicméně ušetříme velké množství místa a dále zvýšíme rychlosť aplikace, která bude s daty pracovat. Naskenovaná data by měla zůstat nedegradovaná v archivu, pro práci v aplikaci však doporučuji kompresi použít.

### Georeferencování

Data historických vojenských mapování představují listy jednotlivých mapových sekcí. Každý mapový list obsahuje kromě mapového pole také mapový rám, nadpis a další mimorámové údaje. Pokud chceme pracovat s bezešvou mapou na území celé ČR, je nutné před samotným georeferencováním rastry ořezat podle mapových rámu.

Georeferencování představuje umístění rastrového obrazu do souřadnicového systému. Rastrový soubor může nést informaci o své poloze buď přímo v datech (zpravidla v hlavičce souboru) nebo v externím souboru. První skupinu nejčastěji reprezentuje formát GeoTiff, druhou skupinu pak tzv. “world files“. Formát GeoTiff je tvořen jediným souborem (TIF), který obsahuje v hlavičce zároveň informaci o poloze rastru. “World files“ jsou malé textové soubory, které doprovázejí daný rastr. Data jsou pak tvořena vždy dvojicí souborů (TIF+TFW, JPEG+JGW,...). Souřadnicové umístění je dáno 6 parametry (souřadnice x a y středu levého horního pixelu, velikost pixelů v osách x a y, stočení osy x a y). Tyto parametry vlastně představují afinní transformaci rastru. Rotace v osách bývá zpravidla nulová, neboť práce s natočenými rastry je daleko náročnější. Proto jsou data při georeferencování přeukládána do nového rastru s pixely ve směru souřadnicových os.

V mé případě byly vytvořeny 2 sady georeferencovaných dat II. vojenského mapování z území Čech. První soubor vznikl ve spolupráci s Ing. Brňou ([Laboratoř geoinformatiky](#)

---

<sup>1</sup><http://www.env.cz>

<sup>2</sup><http://www.geolab.cz>

[UJEP v Mostě](#)<sup>3)</sup> a představuje rastry (TIF s LZW kompresí) s hustotou 200dpi. Tato data byla georeferencována v software ArcGIS 9.0. Druhý soubor byl vytvořen ve spolupráci s Ing. Doubravou ([GEPRO, a.s.](#)<sup>4)</sup> a představuje rastry (JPEG komprimované) s hustotou 400dpi. Tato data bylo georeferencována v software Kokeš. V obou případech byla použita metoda “world files”.

Samotné georeferencování probíhalo v obou případech afinní transformací na rohy mapových listů. Souřadnice rohů mapových listů byly ze systému Stabilního katastru (Gusterberg) převedeny do systému S-JTSK doc. Čadou ([ZČU Plzeň](#)<sup>5</sup>), který odvodil globální transformační klíč. Jak vyplývá z disertační práce Ing. Doubravy [5], přesnější georeferencování u těchto map nemá smysl. Odchylky transformovaných bodů (globální klíč versus afinní transformace na rohy mapových listů) dosahují v maximálních hodnotách pouze několika metrů.

### Mapový server

V obecnějším pojetí lze mapový server chápat jako celou internetovou aplikaci, která slouží k práci s prostorovými daty. V užším pojetí mapovým serverem rozumíme aplikaci, která umí zpracovat požadavky uživatele a je schopná vrátit určitý výřez zdrojových dat. Dále budu pracovat s pojmem mapový server v užším vymezení.

Existuje celá řada již naprogramovaných mapových serverů. Některé jsou komerční, některé svobodné (volně šířitelné). Každý odborník si navíc může naprogramovat vlastní mapový server podle jeho představ. Já jsem využil již existující řešení, konkrétně [UMN MapServer](#)<sup>6</sup>, který patří do kategorie svobodného software. [UMN MapServer](#)<sup>7</sup> může pracovat v prostředí internetu buď pomocí rozhraní CGI nebo využitím knihovny MapScript (lze ji použít v řadě programovacích jazyků – PHP, Python, Perl). Já jsem se rozhodl pro použití CGI MapServeru, ačkoliv bych rád v budoucnu vyzkoušel i možnosti MapScriptu. Mapový server ve výsledné aplikaci generuje obrázky map (hlavní mapové okno, referenční mapka), obrázek grafického měřítka, atd. Všechny tyto obrázky jsou generovány po odeslání požadavku uživatele (kliknutí na ikonu, zaškrtnutí políčka, posun mapy, atd.). Mapový server je tedy jakýmsi jádrem aplikace, která umí pracovat se zdrojovými daty v souřadnicovém systému a umí generovat obrázky do internetové stránky. Více o teorii fungování mapových serverů lze nalézt v mých publikacích na 16. Kartografické konferenci v Brně [1], GIS Ostrava 2006 [2], nebo na Juniorstavu 2006 [3].

### Internetová aplikace

Vlastním uživatelským rozhraním mapové aplikace je XHTML stránka. Existuje více možností jak je stránka vytvářena. První, jednodušší možností je využit šablonový systém [UMN MapServeru](#)<sup>8</sup>, který umožňuje do stránky přímo vkládat objekty vygenerované MapServerem. Tímto způsobem byla vytvořena jedna z ukázkových aplikací. Celá internetová stránka je

---

<sup>3</sup><http://www.geolab.cz>

<sup>4</sup><http://www.geopro.cz>

<sup>5</sup><http://gis.zcu.cz>

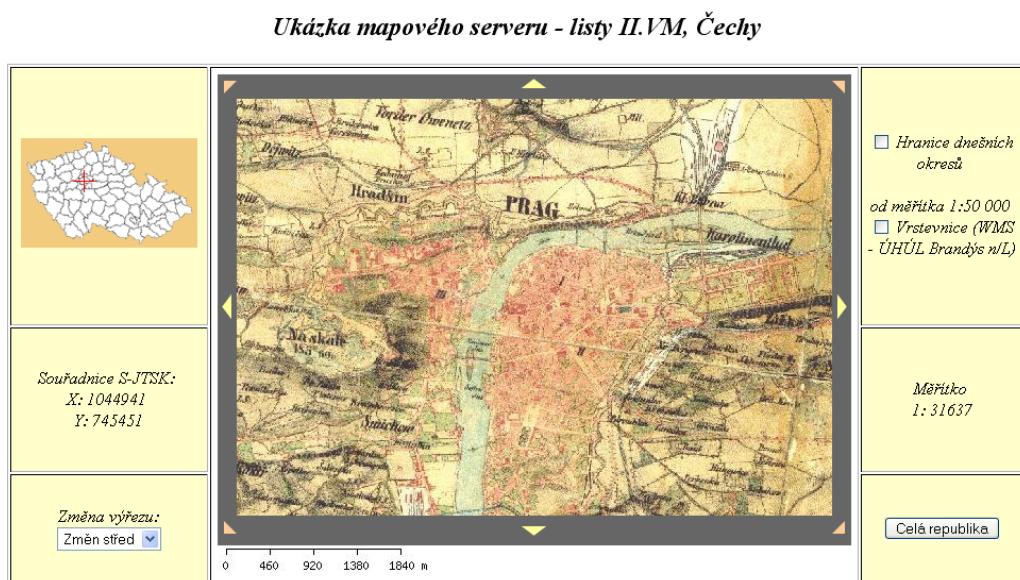
<sup>6</sup><http://mapserver.gis.umn.edu>

<sup>7</sup><http://mapserver.gis.umn.edu>

<sup>8</sup><http://mapserver.gis.umn.edu>

## HISTORICKÉ MAPY V PROSTŘEDÍ MAPOVÉHO SERVERU

pak HTML formulářem po jehož odeslání dojde k novému vygenerování všech mapových obrázků. Ovládání mapy je vyřešeno pomocí tlačítek a přepínacích políček. Ukázka aplikace je na obrázku č.1.



Obrázek č.1: CGI MapServer

Druhá ukázková aplikace využívá nové možnosti JavaScriptu (programovací jazyk pracující v internetových prohlížečích). Je zde využita metoda AJAX (Asynchronous JavaScript And XML), konkrétně v použité knihovně mscross. Díky této knihovně, která opět patří do skupiny svobodného software, je možné mapu ovládat mnohem interaktivněji (změna výřezu mapy taženým obdélníkem, posun mapy tažením). Některé ovládací prvky zůstávají stejné jako v předchozím případě.

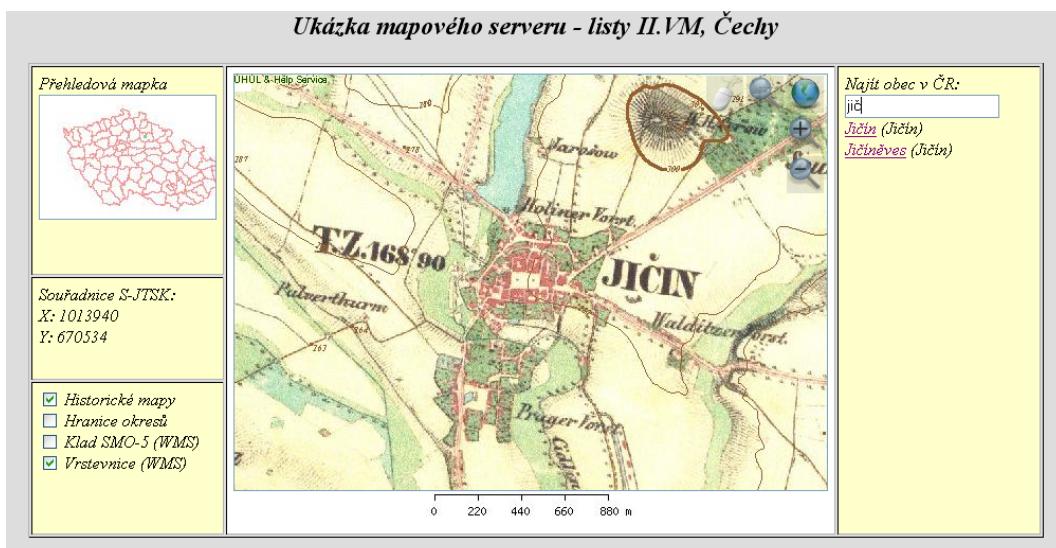
Některé další doplňkové funkce jsem doprogramoval. Jde zejména o odečítání kartografických souřadnic při pohybu myši nad mapou a dále o vyhledávání obcí v rámci ČR. Odečítání souřadnic je řešeno JavaScriptovými funkcemi, bohužel odděleně pro různé internetové prohlížeče (Internet Explorer má nestandardní chování). Vyhledávání obcí je pak založeno na spojení AJAX (výpis obcí po zadávání jednotlivých písmen) a PHP (obslužení databázového požadavku). Aplikace využívá databázi ÚIR-ZSJ, kterou je možné získat z webu Českého statistického úřadu. Na serveru byla data migrována do volně šířitelné databáze PostgreSQL<sup>9</sup>. Ukázka aplikace je na obrázku č.2.

## Webové mapové služby

Pomocí webových mapových služeb je možné poskytovat data jiným aplikacím, případně připojovat data z ostatních serverů. [UMN MapServer](#)<sup>10</sup> podporuje webové mapové služby velmi dobře a proto není problémem připojit data z jiných serverů, případně data publikovat

<sup>9</sup><http://www.postgresql.org>

<sup>10</sup><http://mapserver.gis.umn.edu>



Obrázek č.2: CGI MapServer + AJAX

pomocí mapových služeb. Vzhledem k tomu, že historické mapy představují rastrová data, má smysl použít pouze službu WMS.

V mých aplikacích jsou na ukázku připojena některá data z datového skladu ÚHÚL Brandýs nad Labem. Jedná se o vrstevnice a klad map SMO-5. Není problém připojit libovolné další vrstvy. Zároveň jsou pomocí WMS služby distribuována data II. vojenského mapování. Podrobněji jsou webové mapové služby popsány např. v mé publikaci připravené na konferenci GICON 2006 ve Vídni [4].

### Závěr

Myslím, že tento standardně popsaný postup pro publikování historických map na internetu umožní snadný převod dat v různých mapových archivech. Má práce podnítila budoucí vybavení Laboratoře digitální kartografie serverovým hardware (předpoklad v červnu 2006). Na tomto serveru pak budou aplikace veřejně přístupné. Kromě samotných aplikací budou data poskytována pomocí WMS a kdokoliv si tak bude moci připojit do své aplikace tato data. V souvislosti s mou prací bude do výuky na naší fakultě zaveden nový předmět Interaktivní kartografie, jehož náplní bude právě práce s mapovými servery.

Samotné internetové aplikace lze samozřejmě vylepšovat. Rád bych aplikace doplnil přepočty souřadnic do hojně využívaného WGS-84. Další možností je implementovat určování kladu mapových listů podle pohybu myši nad mapovým oknem. V oblasti zdrojových dat bude třeba georeferencovat i zbylé oblasti ČR (Morava, Slezsko). Velice zajímavé bude spojení těchto souřadnicových soustav do bezešvé mapy. Stejným postupem jako II. vojenské mapování bude možné zpracovat III. vojenské mapování. Otázkou zůstává georeferencování I. vojenského mapování, kde není možné použít rohů mapových listů.

## Reference

1. Cajthaml J.: Využití webových mapových serverů. Sborník: 16. kartografická konference – Mapa v informační společnosti, 7.-9.9.2005. Ed.: Václav Talhofer, Lucie Friedmannová, Alois Hoffman. Univerzita obrany, Brno, ČR, 2005. 91 stran (abstrakta), plné texty na CD. ISBN 80-7231-015-1.
2. Cajthaml J.: Mapserver of the Old Maps. In: Proceedings of International Symposium GIS Ostrava, 23.-25.1. 2006. VSB - Technical University of Ostrava, ISSN 1213-2454.
3. Cajthaml J.: Jak publikovat staré mapy na internetu? In: Juniorstav 2006, sborník konference, Díl 8, Geodézie a kartografie, Brno 25.1.2006. VUT v Brně, 2006, ISBN 80-214-3114-8.
4. Cajthaml J.: Old Maps Internet Presentation - Overview of Possibilities In: GICON 2006 - Geoinformation Connecting Societies, sborník konference v tisku, Vienna 10.-14.7.2006. University of Vienna, 2006.
5. Doubrava P.: Zpracování rastrových mapových podkladů pro využití v oblasti aplikací GIS a katastru nemovitostí. Doktorská disertační práce, 156 stran. ČVUT v Praze, 2005.
6. [oficiální webové stránky projektu UMN MapServer<sup>11</sup>](http://mapserver.gis.umn.edu)
7. [oficiální webové stránky projektu mscross<sup>12</sup>](http://datacrossing.crs4.it/en_Documentation_mscross.html)
8. [oficiální webové stránky projektu PostgreSQL<sup>13</sup>](http://www.postgresql.org)

---

<sup>11</sup><http://mapserver.gis.umn.edu>

<sup>12</sup>[http://datacrossing.crs4.it/en\\_Documentation\\_mscross.html](http://datacrossing.crs4.it/en_Documentation_mscross.html)

<sup>13</sup><http://www.postgresql.org>

## MapServer vs. Mapserver

**Jáchym Čepický**

Department of geoinformatics

Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno

E-mail: [jachym.cepicky@centrum.cz](mailto:jachym.cepicky@centrum.cz)

**David Procházka**

Department of Informatics

Faculty of Business and Economics, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno

E-mail: [xproch17@pef.mendelu.cz](mailto:xproch17@pef.mendelu.cz)

**Jitka Machalová**

Department of Informatics

Faculty of Business and Economics, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno

E-mail: [machalov@mendelu.cz](mailto:machalov@mendelu.cz)

**Klíčová slova:** WMS, MapServer, ArcIMS

### Abstrakt

*Můžeme říci, že mapy prožívají díky moderním technologiím svou renesanci. Díky aplikacím, jako je [Google Maps](#)<sup>1</sup> či [Seznam-Mapy](#)<sup>2</sup> mohou uživatelé sítě náhle pracovat s geoinformacemi způsobem, na jaký doposud nebyli zvyklí - a tento nový způsob je baví.*

*Pro vytvoření obrázku mapy, který je bud' zobrazen v GISu nebo v okně prohlížeče je potřeba mít stroj odpovídajícího výkonu a programové vybavení schopné takový obrázek vytvořit.*

*Tento článek se snaží pomoci nalézt odpověď na otázku "Jaký mapový server je pro má data nevhodnější?".*

### Mapové servery

Mapové servery jsou programy generující požadovanou mapu jako obrázek na základě požadavků klientských programů. Výsledný obrázek předávají webovému serveru, a ten pak zpět klientskému programu. Primární funkcí mapového serveru je načíst data z různých zdrojů a jejich spojení dohromady do výsledného obrázku [1].

Na „data“ poskytovaná mapovými servery lze přistupovat bud' ze specializovaných programů - Geografických informačních systémů - a nebo na příklad z klientských aplikací napsaných pro webové prohlížeče. Lze předpokládat, že uživatele obou typů těchto programů zajímá kromě vzhledu výsledného obrázku především rychlosť s jakou se tento obrázek objeví u nich na obrazovce.

---

<sup>1</sup><http://maps.google.com>

<sup>2</sup><http://mapy.seznam.cz>

Správce takových serverů zase zajímá zátěž, které je vystaven stroj, na němž jsou uložena data a na němž probíhá vykreslování výsledných obrázků, ať už z hlediska zatížení disků, tak z hlediska zátěže procesoru.

Komunikace mezi klienty a mapovými servery může probíhat buď pomocí proprietárního rozhraní a nebo přes rozhraní standardní. Standardem v případě mapových serverů je tzv. služba **WMS<sup>3</sup>** (*Web Mapping Service*), definovaná konsorciem **OGC<sup>4</sup>** (*Open Geospatial Consortium*).

### Web Mapping Service

OGC je mezinárodní standardizační sdružení, zabývající se především standardy v oblasti geografických informačních systémů, jejich výmenných formátů a podobně. Mezi standardy definované touto organizací patří mimo jiné WMS (*Web Mapping Service*), WFS (*Web Feature Service*), WCS (*Web Coverage Service*), GML (*Geography Markup Language*) a další.

**Web Mapping Service<sup>5</sup>** je definovaná v dokumentu OGC 06-042 [2], který popisuje komunikaci mezi mapovým serverem a klientskou aplikací. Mezi dotazy, které musí takový server být schopen spracovat patří mimo jiné

- **GetCapabilities**, vrátí popis dostupných dat na mapovém serveru, jejich formátů, geografické projekce a další informace
- **GetMap**, který vrátí výsledný obrázek - mapu podle zadaných vstupních parametrů.

Protože právě WMS je rozhraní, na jehož základě komunikuje většina programů stahujících z mapových serverů data (**ArcGIS<sup>6</sup>**, **QGIS<sup>7</sup>**, **Udig<sup>8</sup>**, **GRASS<sup>9</sup>**, **UMN MapServer<sup>10</sup>**, ...), zaměřili jsme se v tomto testu právě na toto rozhraní.

### Test

K vlastnímu testu byl použit server HP Proliant ML 350T03 (<http://indica.mendelu.cz><sup>11</sup>), s nainstalovaným operačním systémem MS Windows 2003 SP1. Vybavený je dvěma 73GB SCSI disky v konfiguraci RAID-1, 2GB pamětí, procesorem Intel Xeon 3 3.06GHz (32b). Důvod pro zvolení tohoto operačního systému byl, že server se používán i pro běh licenčního manažera pro produkty *ESRI*, který je pouze pro MS Windows. Jako webový server byl, na základě doporučení firmy *ESRI*, zvolen *Apache 2.0* s nadstavbou *Tomcat 5.0* a *JRE 1.4.2*.

---

<sup>3</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_Map\\_Service](http://en.wikipedia.org/wiki/Web_Map_Service)

<sup>4</sup><http://opengeospatial.org>

<sup>5</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_Map\\_Service](http://en.wikipedia.org/wiki/Web_Map_Service)

<sup>6</sup><http://www.esri.com/software/arcgis/>

<sup>7</sup><http://qgis.org>

<sup>8</sup><http://udig.refractions.net/confluence/display/UDIG/Home>

<sup>9</sup><http://grass.itc.it>

<sup>10</sup><http://mapserver.gis.umn.edu>

<sup>11</sup><http://indica.mendelu.cz>

### Použitá data

K testu byla použita data u oblasti školního lesního podniku Křtiny - „Masarykův les“. Území, na kterém byl test prováděn je ohraničeno souřadnicemi 16d35'30.12"E 49d13'5.52"N a 16d48'44.64"E 49d21'18.72"N (WGS84). Pro test byly použity vrstvy:

- Letecké snímky - 50 leteckých snímků v infra-červeném spektru v rozlišení 0.5 m, jejichž barevná paleta byla redukována na 256 barevných odstínů. Průměrná velikost jednoho rastru je 1.89 MB (formát TIFF + TFW)
- Digitální model terénu - Jednotná rastrová mapa v rozlišení 5 m (formát TIFF + TFW)
- Mapa využití půdy - vektorová mapa ve formátu *ESRI Shapefile*, obsahující 32488 linií a 11647 ploch rozdělených do 13 kategorií. Servery byly nastaveny tak, aby se mapová vrstva vykreslovala *bez* popisků s pouze vybarvenými plochami.
- Typologická mapa - vektorová mapa ve formátu *ESRI Shapefile*, obsahující 14731 linií a 5282 ploch rozdělených do 133 kategorií. Mapová vrstva byla nastavena tak, aby se plochy vykreslily pomocí šraf (rastrový obrázek velikosti 2x2 pixely) s popiskami jednotlivých kategorií.

Od původního záměru, testovat data v zobrazení S-JTSK jsme upustili z důvodu problémů s tímto zobrazením v knihovně *PROJ.4* (kterou využívá *UMN MapServer*) na operačním systému MS Windows a problémů při konfiguraci *ArcIMS*. Data tak byla pomocí nástrojů **gdalwarp** a **ogr2ogr** převedena do zobrazení Lat/Long (referenční elipsoid WGS84).

Pro *UMN MapServer* byly ještě letecké snímky opatřeny souborem obsahujícím „mapu“ jednotlivých leteckých snímků - *tile index*.

### Použité mapové servery

[University Of Minnesota MapServer](#)<sup>12</sup> (současný název je pouhé *MapServer*) je asi nejrozšířenější Open Source a Free Software GIS program. Je vyvíjen a udržován početnou komunitou uživatelů. Lze jej spouštět buď jako CGI aplikaci nebo pomocí rozhraní *MapScript* zpracovat do různých programovacích jazyků. Pro účely testu byl použit předkompilovaný *MapServer* verze 4.8.1, stažený ze stránek projektu, který byl spouštěn jako CGI.

Druhým použitým mapovým serverem je [ArcIMS](#)<sup>13</sup> firmy *ESRI*. Nativním formátem pro komunikaci serveru je *ArcXML*. Pro testy bylo použito *ArcIMS* verze 9.1 SP1, ve které integrován *WMS connector* – nadstavba napsaná v jazyku Java, která umožňuje publikovat data ve formátu WMS. *WMS connector* přistupuje k mapových službám běžícím na serveru a *de facto* pro ně vytváří WMS rozhraní.

### Vlastní test

Vlastní test byl proveden skriptem k tomuto účelu vytvořeným. Skript byl napsán v programovacím jazyce Python. K měření času potřebného k vytvoření obrázku s mapou byl využit

<sup>12</sup><http://mapserver.gis.umn.edu/>

<sup>13</sup><http://www.esri.com/software/arcgis/arcims/index.html>

modul **timeit** s funkcí *repeat*.

Tato funkce<sup>14</sup> potřebuje ke svému běhu dva parametry:

- Počet opakování tohoto testu
- Počet volání testované funkce vrámci jednoho testu.

Obě hodnoty byly nastaveny na 10. Funkce vrací číselné pole, obsahující počty sekund potřebné k provedení každého testu (v našem případě pole o deseti prvcích).

Výsledná čísla jsou tedy počty sekund potřebných k vytvoření, stažení a uložení 10 obrázků s mapami.

Nelze říci, že se jedná o počet sekund potřebných k vytvoření obrázku. Celkový čas je kromě parametrů na straně serveru závislý na prostupnosti sítě, rychlosti ukládání souboru na straně klienta a dobou potřebnou k vykonání samostatné funkce.

Funkce *save\_file* dostane jako svůj parametry vždy URI, ze kterého má stahovat potřebná data. Ještě před tím, než započne se stahováním dat, jsou hraniční souřadnice upraveny o náhodnou hodnotu. Cílem této úpravy bylo zamezit načítání odpovědí z cache na straně serveru.

```
[...]
t = timeit.Timer("""mapserverVsMapserver.save_file(
    "%s",
    verbose=%d,
    bbox="%s",
    mapserv="%s"
)"""\ %
(URI,verbose,bbox,mapserv),
"import mapserverVsMapserver")
times = t.repeat(10,10)
[...]

number = 0
def save_file(uri, verbose=0, bbox=None, mapserv ""):
    # bbox randomization
    newBox = ""
    rand = random.random()/100-0.005
    for cord in bbox.split(","):
        newBox += str(float(cord)+rand)+","
    newBox = newBox[:-1]
    uri += "&BBOX=%s" % (newBox)
    global number
    number += 1
    if verbose == 3:
        print number
```

<sup>14</sup>[http://diveintopython.org/performance\\_tuning/timeit.html](http://diveintopython.org/performance_tuning/timeit.html)

```
if verbose > 3:  
    print number, uri  
map = urllib.urlopen(uri)  
input = open('map-%s-%03d.png' % (mapserv,number), 'wb')  
input.write(map.read())  
input.close()  
return
```

Testovány byly následující varianty:

- „Jednoduchý“ rastrový soubor celého území (digitální model terénu)
- „Jednoduchý“ rastrový soubor celého území (digitální model terénu) - výřez území
- „Náročná“ vektorová mapa celého území, včetně rastrových textur a popisků (typologická mapa)
- „Náročná“ vektorová mapa celého území, včetně rastrových textur a popisků (typologická mapa) - výřez území
- „Náročný“ rastrový soubor celého území - letecké snímky
- „Náročný“ rastrový soubor celého území - letecké snímky - výřez území
- Kombinace „náročného“ rastru s „náročnou“ vektorovou mapou na celém území - letecké snímky + typologická mapa
- Kombinace „náročného“ rastru s „náročnou“ vektorovou mapou na celém území - letecké snímky + typologická mapa - výřez území
- „Jednoduchá“ vektorová mapa celého území (mapa využití půdy)
- „Jednoduchá“ vektorová mapa celého území (mapa využití půdy) - výřez území.

Celé území bylo ohraničeno (výchozími) souřadnicemi 16d35'30.12"E 49d13'5.52"N a 16d48'44.64"E 49d21'18.72"N. Výřez pak 16d42'7.128"E 49d17'14.388"N a 16d42'39.996"E 49d17'35.412"N.

Obrázky byly stahovány ve formátu PNG o velikosti  $400 \times 400$  pixelů.

## Výsledky

### Sekvenční dotazy z jednoho klienta na server

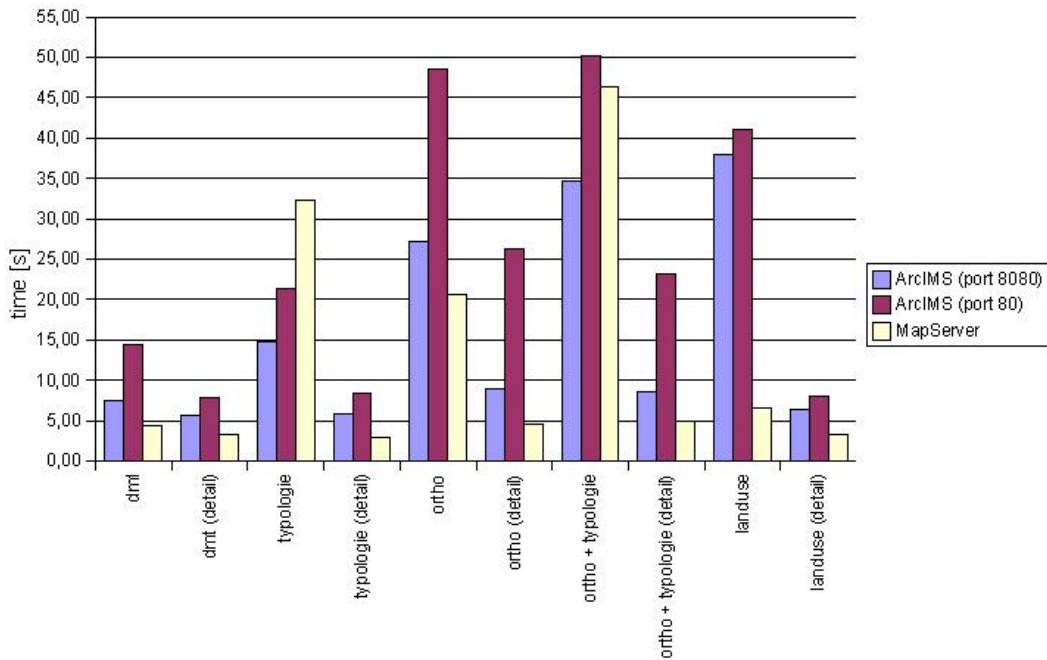
Tyto testy popisují řady sekvenčních dotazů z jednoho klienta na mapový server. Pro kladení dotazů na mapový server *ArcIMS* jsou použity porty 80 a 8080. Pokud je dotaz položen přes port 80, převeze jej webový server *Apache*, ten jej předá *Tomcatu* a následně se zavolá samotný *WMS connector* (který získá data z běžící mapové služby *ArcIMS*). Pokud je dotaz položen přes port 8080, probíhá komunikace přímo s nádstavbou *Tomcat* a je tedy ušetřen čas komunikace s web serverem.

## MAPSERVER VS. MAPSERVER

---

	dmt	dmt (de- tail)	typo- logie	typo- logie (de- tail)	ortho	ortho (de- tail)	ortho + typo- logie	ortho + typo- logie (de- tail)	land- use	land- use (de- tail)
ArcIMS (port 8080)	7,52	5,61	14,73	5,82	27,23	8,88	34,59	8,62	37,90	6,38
ArcIMS (port 80)	14,51	7,89	21,37	8,38	48,61	26,27	50,15	23,17	41,03	8,10
MapServer	4,38	3,28	32,38	3,00	20,65	4,66	46,37	4,85	6,55	3,28

Tabulka 1: Srovnání rychlosti vykreslování různých typů vrstev servery



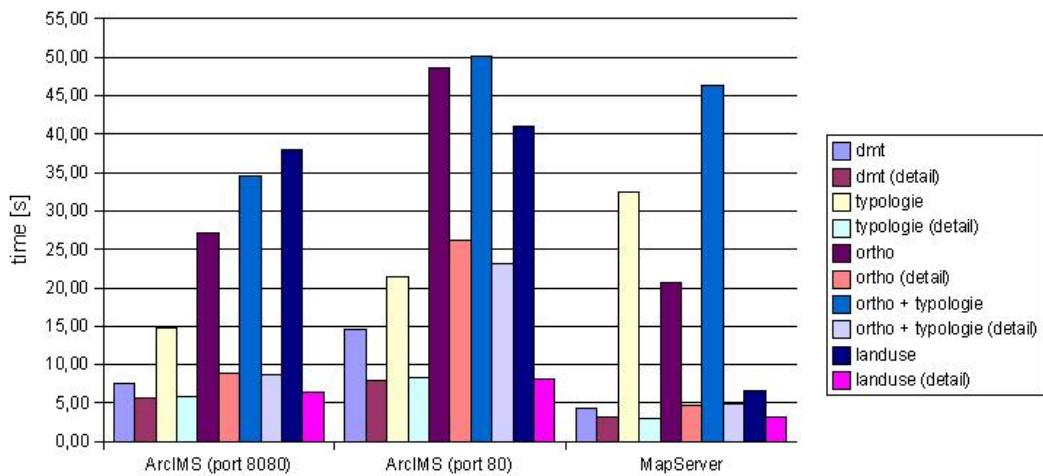
Obrázek 1: Jak rychle je daná vrstva zpracována různými servery (větší čas znamená horší výsledek)

### Sekvenční dotazy ze serveru na server

Tyto hodnoty popisují dotazy pokládané ze stejného počítače, jako je ten, na kterém je instalován mapový server. Porovnáním s předchozími hodnotami získáme vliv komunikace po síti na výsledné časy.

## MAPSERVER VS. MAPSERVER

---



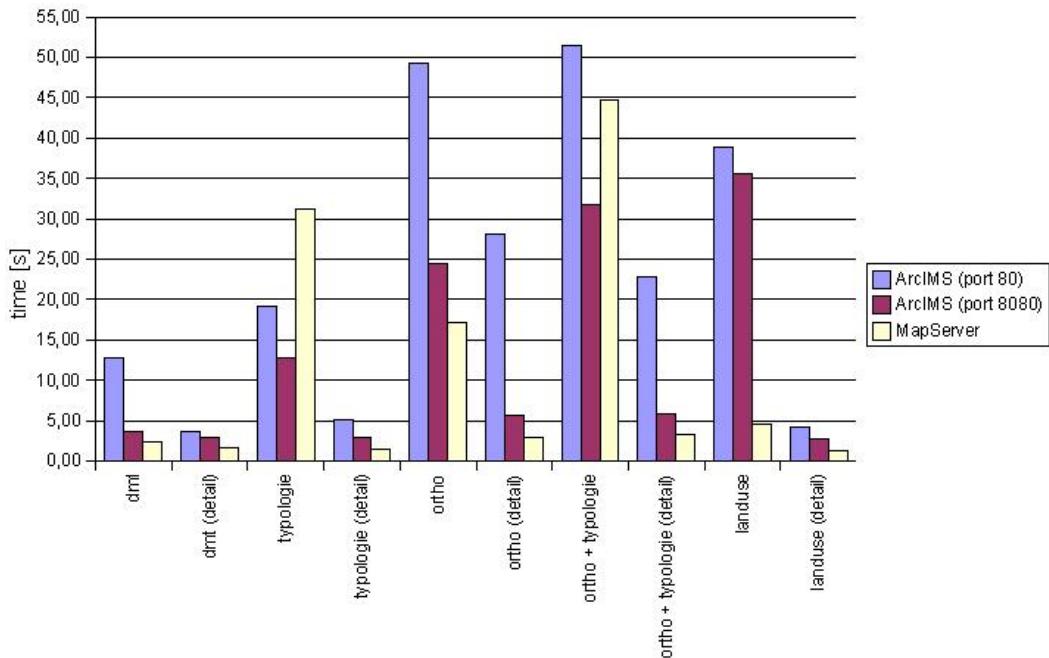
Obrázek 2: Jak rychle dokáží servery zpracovávat jednotlivé vrstvy

	dmt	dmt (de-tail)	typo-logie	typo-logie (de-tail)	ortho	ortho (de-tail)	ortho + typologie	ortho + typologie (de-tail)	land-use	land-use (de-tail)
ArcIMS (port 8080)	3,65	2,89	12,74	2,95	24,43	5,63	31,80	5,78	35,52	2,83
ArcIMS (port 80)	12,84	3,64	19,10	5,17	49,37	28,20	51,50	22,85	38,82	4,27
MapServer	2,39	1,67	31,20	1,53	17,17	2,98	44,76	3,39	4,50	1,21

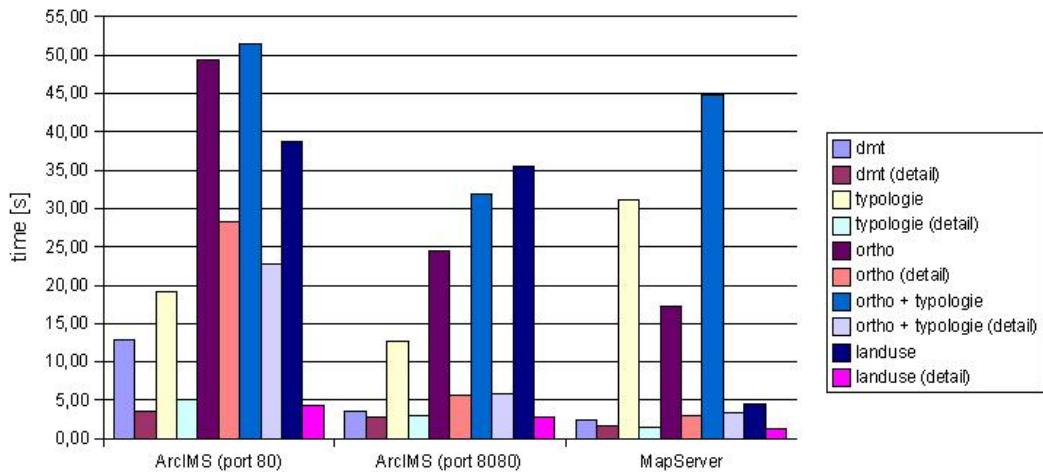
Tabulka 2: Srovnání časů nutných odpovědi při kladení dotazů pouze v rámci serveru  
(neprobíhá komunikace po síti)

## MAPSERVER VS. MAPSERVER

---



Obrázek 3: Jak rychle je daná vrstva zpracována různými servery



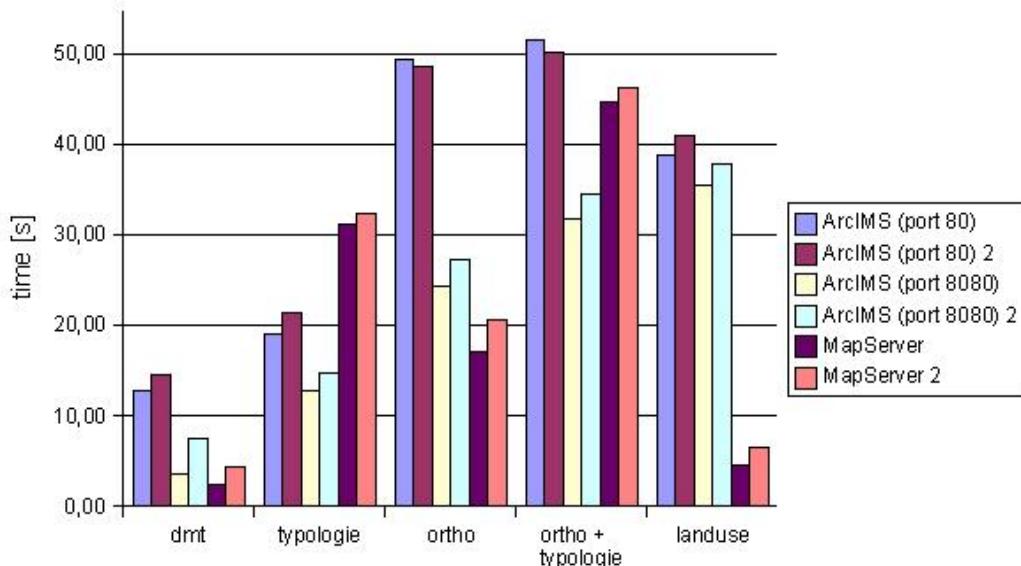
Obrázek 4: Jak rychle dokáží servery zpracovávat jednotlivé vrstvy

## Porovnání sekvenčních dotazů

Níže uvedená tabulka a graf shrnují rozdíly mezi dotazy klient-server a server-server. Je patrné, že zpoždění při dotazech přes počítačovou síť je ve většině případů téměř konstantní. Tímto testem se navíc vzájemně ověřili i naměřené hodnoty. Je patrné, že při opakovém měření dosahujeme obdobných výsledků. Hodnoty bez čísla 2 jsou naměřené při kladení ze samotného serveru. Hodnoty s číslem 2 (např. ArcIMS (port 80) 2) jsou naměřeny při kladení dotazů z klienta na server.

	dmt	typologie	ortho	ortho + typologie	landuse
ArcIMS (port 80)	12,84	19,10	49,37	51,50	38,82
ArcIMS (port 80) 2	14,51	21,37	48,61	50,15	41,03
ArcIMS (port 8080)	3,65	12,74	24,43	31,80	35,52
ArcIMS (port 8080) 2	7,52	14,73	27,23	34,59	37,90
MapServer	2,39	31,20	17,17	44,76	4,50
MapServer 2	4,38	32,38	20,65	46,37	6,55

Tabulka 3: Srovnání vlivu komunikace po síti na dobu nutnou k odpovědi



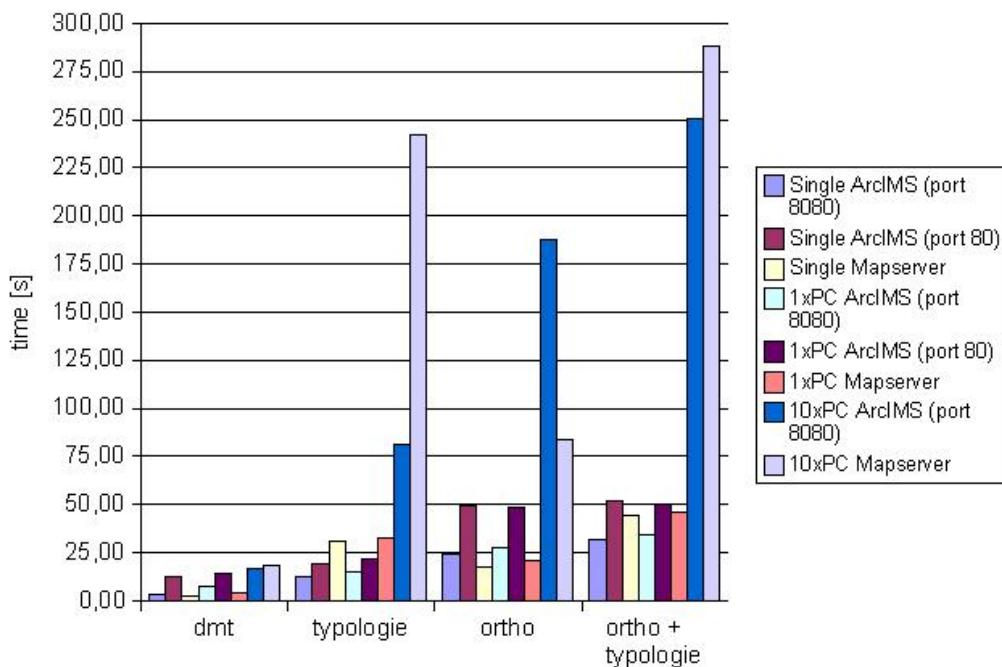
Obrázek 5: Porovnání dotazu z klient-server a ze server-server

### Porovnání sekvenčních a paralelních dotazů

Následující tabulka srovnává délky odpovědí v případě kladení dotazů z jednoho PC, samotného serveru a paralelně z 10 různých PC. Zobrazená naměřená hodnota pro 10 PC je průměrem naměřených hodnot ze všech PC (rozdíly mezi hodnotami z PC byly ve všech uvedených případech pod 10%). Položky označené "Single" popisují dotazy server-server. Od testovaní *ArcIMS* přes port 80 bylo pro paralelní zátež bylo upuštěno, protože je z předchozích výsledků zcela evidentní, že se pro takovéto nasazení nehodí.

	dmt	typologie	ortho	ortho + typologie
Single ArcIMS (port 8080)	3,65	12,74	24,43	31,80
Single ArcIMS (port 80)	12,84	19,10	49,37	51,50
Single Mapserver	2,39	31,20	17,17	44,76
1xPC ArcIMS (port 8080)	7,52	14,73	27,23	34,59
1xPC ArcIMS (port 80)	14,51	21,37	48,61	50,15
1xPC Mapserver	4,38	32,38	20,65	46,37
10xPC ArcIMS (port 8080)	16,98	80,90	187,68	250,05
10xPC Mapserver	18,31	242,06	83,68	287,84

Tabulka 4: Srovnání vlivu sekvenčního a paralelního kladení dotazů



Obrázek 6: Porovnání sériového a paralelního kladení dotazů

## Závěr

Vyvozovat závěry z naměřených výsledků je vždy problematické. Do značné míry záleží na úhlu pohledu a interpretaci. Navíc každý test může být napadnut z hlediska ne zcela objektivní metodiky měření, použitých prostředků nebo konfiguraci daného produktu. Primárním cílem tohoto článku proto bylo poskytnout výtah z námi získaných dat a popsat podmínky, za kterých byla tato data naměřena. Na základě zde zmíněných výsledků lze bez újmy na objektivitě říci:

- Jak se dalo předpokládat, je markantní rozdíl mezi rychlostí zpracování požadavku u produktu *ArcIMS* při kladení dotazů přes port 80 a port 8080. V případech, kdy je webový server *Apache* vypuštěn a dotaz je položen přímo *Tomcatu* (standardně port 8080), je požadavek vyřízen často i v poloviční době. Pro nasazení s vysokou zátěží serveru je tedy velmi vhodné zvolit tuto variantu.
- Otevřený projekt *MapServeru* je pro poskytování mapových služeb minimálně konkurenceschopných řešením komerčnímu produktu *ArcIMS*. Jak je patrné z výsledků slabým místem *MapServeru* je mapování v souborech uložených textur do vektorové mapy (vrstva typologie). Při práci s rastry i vektorovými podlady však dosahuje velmi zajímavých výsledků. Relativně nízký výkon *ArcIMS* je pochopitelný, pokud vezmeme v potaz fakt, že *WMS connector* je napsán v Javě a nemůže tedy dosáhnout takové efektivity, jako kdyby byl předkompilován pro určitou platformu. Tedy výkon *WMS connectoru* je do značné míry dán i výkonem *Tomcatu*.
- Horší výsledky při zpracování rastrových map u obou řešení by mohly být teoreticky vylepšeny vybudováním pyramid (u produktu ArcIMS např. uložením rastru do [ArcSDE<sup>15</sup>](#)).
- Sledování zátěže serveru v průběhu testů potvrdilo předpoklad, že zatímco při zpracování rozsáhlých rastrových dat je limitním faktorem rychlosť disku, při zpracování vektorových dat je limitním faktorem rychlosť procesoru.

Bylo by bezesporu zajímavé, porovnat i další známé a v praxi často používané mapové servery, zejména [GeoServer<sup>16</sup>](#), [DeeGree<sup>17</sup>](#), nově uvolněný produkt [MapGuide<sup>18</sup>](#) či český [TopoL Internet Server<sup>19</sup>](#). Při dalším testování hodláme rovněž porovnat rychlosti zpracování dat v nativních formátech jednotlivých řešení.

## Reference

1. Mitchell, Tyler (2005): Web Mapping Illustrated, O'Reilly Media, Inc., Sebastopol.
2. Beaujardiere, Jeff (2006): OpenGIS(r) Web Map Server Implementation Specification, Open Geospatial Consortium Inc., OGC(r) 06-042, Version 1.3.0,  
<http://www.opengeospatial.org>

---

<sup>15</sup><http://www.esri.com/software/arcgis/arcsde/>

<sup>16</sup><http://docs.codehaus.org/display/GEOS/Home>

<sup>17</sup><http://www.deegree.org/>

<sup>18</sup><http://www.autodesk.com/mapguide>

<sup>19</sup><http://topol.cz/?doc=2400>

## SVG v kartografii

Otakar Čerba

Department of Mathematics, Geomatics section

Faculty of Applied sciences, University of West Bohemia

E-mail: ota.cerba@seznam.cz

**Klíčová slova:** SVG, XML, digitální mapa, internet, mobilní zařízení

### Abstrakt

*V červenci 2005 se ve španělském městě A Coruña konala dvacátá druhá Mezinárodní kartografická konference. Ve svém příspěvku definoval předseda Komise pro mapy a internet Mezinárodní kartografické asociace (Commission on Maps and the Internet, International Cartographic Association / Association Cartographique Internationale) Prof. Michael P. Peterson čtyři základní směry, kterými by se měl ubírat výzkum v oblasti digitální kartografie v prostředí internetu:*

- *Internet Map Use,*
- *Internet Map Delivery,*
- *Internet Multimedia Mapping,*
- *Internet Mobile Mapping.*

*Cílem tohoto příspěvku je ukázat SVG (Scalable Vector Graphics) jako pravoplatného člena rodiny technologií pro tvorbu digitálních map, konkrétně pro tzv. Internet Mapping. Jednotlivé části se věnují představení SVG, možnostem využívání SVG v současné kartografii s přihlédnutím k bodům z výše uvedeného seznamu, přednostem a nedostatkům současně verze SVG a také různého aplikacního software. Článek také obsahuje výčet možností tvorby map ve formátu SVG, včetně jejich stručného zhodnocení.*

### Úvod

SVG představuje otevřený formát určený především pro popis a distribuci dvourozměrných vektorových dat v prostředí internetu. V oblasti digitální kartografie, především v internetové kartografii, se s SVG setkáváme stále častěji.

Standard SVG vytváří od roku 1998 [World Wide Web Consortium \(W3C\)](http://www.w3.org/)<sup>1</sup>. SVG 1.0 získalo status W3C Recommendation (doporučení organizace W3C), které se de facto rovná standardizaci, v září 2001. Od 14.1.2003 je k dispozici verze 1.1 ([specifikace SVG 1.1](http://www.w3.org/TR/SVG11/)<sup>2</sup>), která je dnes všeobecně uznávaným standardem. Verze 1.1 se zaměřuje především na aplikování SVG na méně výkonná mobilní zařízení. Proto došlo k rozdělení (modularizaci) celé specifikace SVG a vznikly dva nové profily SVG Tiny (SVGT) a SVG Basic (SVGB), které jsou souhrnně označovány jako SVG Mobile Profiles (Mobile SVG). SVGB se orientuje na zařízení typu PDA

---

<sup>1</sup><http://www.w3.org/>

<sup>2</sup><http://www.w3.org/TR/SVG11/>

(Personal Data Assistant) nebo Smartphone. Z původní specifikace byly odstraněny některé filtry a použití ořezových cest. SVGT jako podmnožina SVGB je určeno především pro mobilní telefony. Z toho důvodu byla vypuštěna podpora CSS stylů, filtrů, skriptů, gradientů, vzorků a průhlednosti. Ve stádiu přípravy (W3C Working Draft) se nalézá verze 1.2 - [Scalable Vector Graphics \(SVG\) Full 1.2 Specification<sup>3</sup>](#).

SVG je schématem odvozeným ze standardu SGML/XML (Standard Generalized Markup Language / eXtensible Markup Language). Díky tomu může SVG komunikovat se všemi aplikacemi a technologiemi na stejné bázi. Kromě vlastního XML lze využít například GML (Geography Markup Language), XHTML (eXtensible HyperText Markup Language), MathML (Mathematical Markup Language), XForms, SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language), XSLT (Extensible Stylesheet Language Transformations), XSL FO (Extensible Stylesheet Language Formatting Objects), DOM (Document Object Model) a mnohé další. Navíc pokud má uživatel zkušenosti s nějakou SGML/XML aplikací, pak základy práce s SVG na něj nekladou žádné zvláštní požadavky ani z hlediska času, ani z hlediska studijní náročnosti.

Ze SGML/XML přebírá SVG řadu výhod, pro které si získává ve světě informačních technologií řadu příznivců. Jedná se především o formu zápisu, snadné propojení s jinými aplikacemi, jednoduché přizpůsobení potřebám uživatele a jednoduchá pravidla pro užívání (podrobněji viz [Čer2006]).

Soubor ve formátu SVG není binární (pro příznivce binárních formátů existuje komprimovaná verze SVGZ - používá se komprese gzip, tedy open-source varianta známého zip algoritmu), ale jde o běžný textový ASCII (American Standard Code for Information Interchange) soubor. Zápis v textové formě je snadno čitelný a také srozumitelný pro běžného člověka, nikoli jen pro IT specialistu. ASCII text je nezávislý na konkrétní platformě a technologii - se stejným SVG souborem mohou pracovat uživatelé různých operačních systémů i různých typů zařízení. Textový formát je univerzální, a proto nezastarává jako některé proprietární formáty. Důležitá je také možnost prohledávání dokumentů. Zápis SVG souboru umožňuje také vyhledávání textu uvnitř obrázků - například systém Google dokáže indexovat SVG elementy .

Integrace SVG do vlastních aplikací je bezproblémová - SVG je otevřená technologie. Kterýkoli uživatel má možnost SVG využívat a také vytvářet si vlastní podmožiny SVG (obecně nové formáty založené na XML). Integraci do jiných aplikací, případně s jinými dokumenty podporuje fakt, že SGML/XML není jediný formát, ale jedná se velice širokou skupinu technologií, které lze mezi snadno propojit pomocí vazeb, většinou definovaných opět pomocí SGML/XML. Ke kladným reakcím uživatelů na SVG mapy přispěla také podpora znakového kódování Unicode, které obsahuje více než 38 000 znaků světových abeced. Pro tvůrce map tedy není problémem vytvářet texty, včetně mapových popisků v nejrůznějších exotických jazycích.

Výhodou formátů založených na standardu SGML/XML je možnost automatické kontroly syntaktické správnosti dokumentu pomocí specializovaných programů - validátorů. Kontrola je možná díky propojení s tzv. schémovými jazyky (RELAX NG, XML Schema, DTD, Schématron a další). Pomocí schémových jazyků (opět často založených na SGML/XML) uživatel může definovat řadu pravidel (povolené elementy a atributy, vazby mezi jednotlivými prvky a dokumentu, datové typy, omezení rozsahu přípustných hodnot, integrativní omezení apod.).

---

<sup>3</sup><http://www.w3.org/TR/SVG12/>

případně přidávat a upravovat pravidla již existujících schémat. Tato pravidla určují libovolnou podmnožinu jakéhokoli SGML/XML formátu pro vlastní použití.

SVG dokumenty lze snadno převádět mezi sebou a také do jiných formátů. Pro zápis transformačních pravidel slouží stylové jazyky. Vizualizační vlastnosti lze přiradit SVG dokumentům pomocí kaskádových stylů [Čer2005]. SVG dokument lze převést na SVG dokument s odlišnou strukturou (např. odstranění popisků, výběr konkrétního typu prvků apod.). Také je možná transformace na jiný SGML/XML - často se používá metoda generování map v SVG z GML (Geography Markup Language) dat (viz XSLT transformace). Je možná i transformace obrácená, kdy lze z mapy získat například souřadnice jednotlivých prvků a uložit je v libovolném SGML/XML formátu nebo v ASCII textu. Konečně je možné také upravit SVG do formátu, který bude vhodnější pro tisk (např. PDF). K těmto operacím se používá transformační jazyk nazývaný XSL (eXtensible Stylesheet Language).

Podrobnější informace o SVG jsou k dispozici na stránkách W3C, kde se také nachází specifikace jednotlivých verzí a další materiály.

### SVG & internetová kartografie

V červenci 2005 se ve španělském městě A Coruña konala [dvacátá druhá Mezinárodní kartografická konference](#)<sup>4</sup>. Ve svém příspěvku definoval předseda [Komise pro mapy a internet](#)<sup>5</sup> [Mezinárodní kartografické asociace](#)<sup>6</sup> (Commission on Maps and the Internet, International Cartographic Association / Association Cartographique Internationale) Prof. Michael P. Peterson z University of Nebraska čtyři základní směry, kterými by se měl ubírat výzkum v oblasti digitální kartografie v prostředí internetu:

1. Internet Map Use (používání internetových map),
2. Internet Map Delivery (distribuce map na internetu),
3. Internet Multimedia Mapping (propojení map na internetu a multimédií),
4. Internet Mobile Mapping (intertové mapy na mobilních zařízeních).

Následující části se věnují aplikaci SVG s přihlédnutím k jednotlivým bodům z výše uvedeného seznamu.

#### Internet Map Use

Podle [Pet2005] je cílem výzkumu je šetření v oblasti nárůstu uživatelů internetu, nárůstu uživatelů map na internetu, metod používání map na internetu a přístupů ke zlepšení používání map na internetu.

Používání SVG mapy je poměrně jednoduché. Uživatel obvykle nepotřebuje žádný speciální software pro prohlížení map a pro práci s těmito mapami. V praxi se používají dva základní způsoby zobrazování SVG souborů - speciální prohlížeče (Batik) nebo klasické prohlížeče

<sup>4</sup><http://www.icc2005.org/>

<sup>5</sup><http://maps.unomaha.edu/ica/>

<sup>6</sup><http://www.icaci.org/>

webových stránek (Mozilla Firefox, Opera, Internet Explorer, Konqueror, Safari, Amaya). Prohlížeče mohou SVG podporovat nativně (např. Mozilla Firefox, Konqueror, Amaya, Safari nebo Opera; přímou podporu SVG by měla nabízet i sedmá verze programu Internet Explorer) nebo pomocí pluginu, který je nutné do prohlížeče nainstalovat. Nejpoužívanější kombinací je propojení prohlížeče Microsoft Explorer s modulem Adobe SVG Viewer. Tento prohlížeč lze nainstalovat i do jiných prohlížečů (Mozilla Firefox, Opera) a existují i verze pro Mac OS X, Linux nebo Solaris. Adobe SVG Viewer představuje v současnosti nejpoužívanější a nejkvalitnější aplikaci pro prohlížení SVG dokumentů. Také množina podporovaných SVG elementů a atributů je v případě Adobe SVG Viewer nekomplexnější. Na druhou stranu je třeba poznamenat, že firma Adobe si přidala do SVG standardu řadu atributů, které ostatní prohlížeče ani SVG standardy nepodporují.

Většina programů pro práci SVG (prohlížeče, editory, validátory, konverzní nástroje apod.) je navíc k dispozici zdarma v rámci nejrůznějších otevřených licencí. To znamená, že tvorba map i jejich používání znamená pro autory i uživatele minimální náklady.

SVG je velice atraktivní i z hlediska interaktivity. Některé prohlížeče uživateli nabízí některé předdefinované základní funkce, které jsou pro uživatele digitálních map důležité. Například Adobe SVG Viewer nabízí změnu měřítka (zooming) a posun (panning), přičemž tyto funkce jsou přístupné kombinací tlačítka myši a kláves nebo prostřednictvím kontextového menu. Mnohem univerzálnější je používání skriptovacích jazyků. S jejich pomocí objektově orientované reprezentace XML DOM lze realizovat výše uvedené funkce i náročnější operace s mapou, jako je například přepínání vrstev. Jednotlivé elementy SVG dokumentu lze provázat pomocí odkazů s dalšími prvky (webové stránky, jiné SVG dokumenty apod.). Tímto způsobem lze SVG mapu provázat s legendou, datovou tabulkou, grafy nebo externími dokumenty. Nejvíce používaným skriptovým jazykem je ECMAScript (European Computer Manufacturer's Association), který představuje standardizovanou verzi JavaScriptu. Z hlediska skriptování SVG dokumentů je zajímavá iniciativa E4X (ECMAScript pro XML) - podporu tohoto standardu nabízí například prohlížeč Mozilla Firefox 1.5.

Ačkoli je SVG standardizováno od roku 1998, výrobci software většinou nepodporují kompletní specifikaci, ale pouze nějakou podmnožinu. Například prohlížeč www stránek Opera, která do své aplikace integrovala prohlížeč firmy Ikivo, podporuje od verze 8 pouze profil SVG 1.1 Tiny. To znamená, že v Opeře nelze pracovat s grafickými filtry, skripty, přechody barev, výplňovými vzorky, průhledností, symboly, ořezovými cestami, maskováním ani s některými složitějšími elementy pro zobrazení textu (, ). Opera, resp. SVG 1.1 Tiny nepodporuje ani formátování pomocí kaskádových stylů. Také prohlížeč Mozilla Firefox, který přišel s přímou podporou SVG od verze 1.5, nepodporuje kompletní SVG 1.1. K dipozici nejsou elementy práci fonty, většina filtrů a také chybí podpora animací. Tyto nedostatky by měly být podle tvůrců odstraněny, cílem je kompletní podpora SVG 1.1. Také autoři Opery předpokládají, že devátá verze bude obsahovat podporu standardu SVG 1.1 Basic.

### Internet Map Delivery

Výzkum v této oblasti se soustředí na nalezení lepších metod pro přenos map v prostředí internetu, především studium nových internetových protokolů a grafických souborových formátů pro kartografické aplikace [Pet2005].

Do této kategorie spadá výzkum SVG z hlediska vhodnosti pro tvorbu internetových map. V současnosti se ukazuje, že producenti digitálních map konečně začínají SVG využívat ve větší míře a že SVG není jen kuriozitou nebo experimentálním formátem používaným v univerzitním prostředí. Proč se SVG prosazuje stále ve větší míře na trhu s internetovými mapami? Na tuto otázku nejlépe odpovídají vlastnosti tohoto formátu.

Základem každého SVG dokumentu jsou tři libovolně kombinovatelné prvky - vektorové elementy, text a rastrové obrázky. Uživatel může vhodným způsobem zobrazit vektorové prvky mapy, u nichž při změně měřítka nedojde k rozostření hran, jako v případě rastrů a není tedy zapotřebí vytvářet pohledové pyramidy jako v případě některých rastrových map. Vektorové elementy (například komunikace, hranice, polygony apod.) mohou být doplněny rastrovým podkladem (například ortofotomapa nebo zdigitalizovaná historická mapa) a textovými popisky.

Další výhodou SVG je malá velikost souborů. Ačkoli současné technologie umožňují rychlý přenos a zobrazování, přesto velikost souborů je pro velkou část uživatelů limitujícím faktorem. Pokud bude SVG použito pro mapy s velkým podílem vektorových prvků, pak je srovnání velikosti a kvality souborů mezi SVG a libovolným rastrovým formátem bezpředmětné. mnohem zajímavější situace nastává v případě porovnání SVG a jeho největšího konkurenta na poli vektorové grafiky formátu Shockwave Flash (SWF). SWF dokumenty jsou binární a proto jsou menší než stejné soubory SVG. SVG ovšem může existovat i v komprimované variantě SVGZ - pak je velikost výsledných souborů podobná [Hel2004].

Mezi další vlastnosti SVG, které kartografa zaujmou patří možnost transformací. SVG nabízí celou množinu geometrických transformací v rovině - posunutí (translate), otočení (rotate), změnu měřítka (scale) a zkosení (skewX, skewY). Transformace je možné zapisovat pomocí atributu transform s příslušnými hodnotami (viz seznam transformací) nebo se pro zápis používá transformační matic. Transformace zjednoduší problematiku přizpůsobení souřadnicového systému mapy souřadnicovému systému používanému v SVG dokumentu. SVG také umožňuje také zavedení vlastních délkových jednotek, které lze definovat pomocí atributu viewBox. Mezi podporované délkové jednotky patří milimetry, centimetry, palce, pixely, procenta a další. Takovým způsobem lze například dokumentu o rozměru 400 x 400 pixelů, přiřadit souřadnice S-JTSK.

Dalším užitečným prvkem je element . Tento prvek umožňuje definování grafických entit, které je pak možné opakovaně umisťovat na libovolná místa SVG dokumentu. V případě tvorby map lze tuto vlastnost využít pro definování mapových značek. Tyto značky je pak možné pomocí transformačních funkcí nejen posunout na správné místo, ale také natočit, případně zmenšit nebo zvětšit. V SVG je jednoduché definování knihoven mapových značek, které mohou být připojeny (vloženy) do různých SVG dokumentů, přičemž jejich vizualizační vlastnosti (barva, typ linie, průhlednost apod.) lze individualizovat prostřednictvím kaskádových stylů.

V úvodní pasáži SVG dokumentu, která je označená tagy , lze kromě symbolů definovat také další prvky jako například vzory výplně, gradienty nebo typy čar. Pro kartografiy je užitečná také další vlastnost, která dovoluje rozmištít text podle libovolné křivky, což lze využít například při popiscích pohoří, vodních ploch nebo územních celků.

V SGML/XML dokumentech je možné používat elementy z jiných SGML/XML formátů. K tomu se používají tzv. jmenné prostory (Namespaces). Takovým způsobem je možné propojit

i metadata popisující mapu. W3C doporučuje metadatové formáty na bázi SGML/XML - RDF (Resource Description Framework) nebo Dublin Core.

Tvůrci internetových map a atlasů uvádí mnoho dalších důvodů proč používat technologii SVG. Jedná se například o možnost vyhlazování grafických i textových prvků (antialiasing) nebo možnosti exportu dat z jiných formátů jako jsou například shapefile nebo GML. SVG mapy je také možné generovat z databází.

### Internet Multimedia Mapping

V prostředí internetu lze snadno zrealizovat propojení kartografického produktu s multi-mediálními prvky (zvukové soubory, grafické soubory, video apod.). Internetová kartografie zkoumá možnosti obohacení map o nejrůznější multimediální prvky.

SVG v současnosti nabízí dva prvky, které podporují propojení multimediálních prvků s vektorovou grafikou. Jedná se o možnost vložení rastrové grafiky. K tomu účelu slouží element , který umožňuje připojení rastru. K dispozici jsou dva typy kompresí rastrové grafiky:

- Bezztrátová komprese - formát PNG (Portable Network Graphics),
- ztrátová komprese - formát JPEG (Joint Photography Expert Group).

Druhou zajímavou vlastností, která může přispět k podpoře Multimedia Mapping a také vést k nárůstu uživatelů SVG map je využívání SMIL animací. Animace jsou důležité nejen jako prostředek prostředek pro zatraktivnění mapy a přitáhnutí pozornosti uživatele. Pomocí animovaných kartogramů nebo kartodiagramů lze velice snadno vizualizovat časové změny v geografickém prostoru.

Velké zlepšení v souvislosti s podporou multimédií se očekává s nástupem nové verze SVG 1.2, která by měla zlepšit integraci audio a video souborů a také zavést možnosti streamování.

### Internet Mobile Mapping

Mobilní zařízení (mobilní telefony, kapesní počítače) jsou díky své velikosti a snadné manipulaci čím dál častěji používány pro navigační účely spojené se naváděním pomocí mapových produktů. Hlavním problémem je redukce velikosti mapy pro zobrazení na malých displejích a přenos pomocí technologií s malou kapacitou.

Tvůrci SVG kladou v současnosti velký důraz na mobilní aplikace, o čemž svědčí iniciativa [Mobile SVG](#)<sup>7</sup>. V konsorciu, které SVG vyvíjí, aktivně pracují výrobci mobilních zařízení, jako jsou například Nokia, ERICSSON nebo Sharp Corporation. Normu SVG Tiny také zařadilo konsorcium [3GPP](#)<sup>8</sup> (3rd Generation Partnership Project) do svého 3GPP standardu pro třetí generaci mobilních telefonů jako povinný základ Multimedia Message Service (MMS). Mobile SVG je také určeno pro oblast zábavy a e-komerce. Dále by na podkladě SVG měly pracovat lokalizační a mapovací služby. Uvažuje se i o tvorbě grafického uživatelského prostředí (GUI) pomocí SVG.

<sup>7</sup><http://www.w3.org/TR/SVGMobileReqs>

<sup>8</sup><http://www.3gpp.org/>

Z hlediska aplikací je k dispozici programové vybavení firem Nokia, CSIRO, eSVG (embedded SVG), BitFlash, Sharp, ACCESS nebo ZOOMON. Jedná se například o prohlížeče TinyLine, ZOOMON SVGT Viewer nebo BitFlash SVGT Viewer. Samostatnou kapitolou je prohlížeč Opera s integrovaným prohlížečem ZOOMON SVGT Viewer existující ve verzi pro mobilní telefony, PDA, Smartphones, který umožňuje zobrazování SVG i XHTML. Kartografické služby určené pro mobilní zařízení poskytuje například firma Vodafone nebo japonská telekomunikační společnost KDDI, která také spravuje www stránky JaMaPS<sup>9</sup>. [Qui2004]

V oblasti Internet Mobile Mapping se v poslední době objevilo velké množství konkurenčních vektorových formátů. Jedná se například o RaveGeo (od společnosti Idevio), MapTP (NET-SOLUT), SlimMap a GfxFeatureMap (Wayfinder Systems AB). Podrobnější srovnání těchto formátů lze nalézt v publikaci [Wal2003].

### Tvorba map v SVG

Ačkoli se používání SVG v digitální kartografii jeví jako velice perspektivní, je nutné si uvědomit, že SVG je pouze prostředkem pro tvorbu a distribuci map a nikoli komplexní technologií nebo dokonce programovým vybavením. Kvalita výsledného kartografického produktu tedy nezávisí v plné míře na vývoji SVG, ale zčásti také na používaném software pro tvorbu map a jejich zobrazení.

Existují čtyři základní způsoby tvorby map v SVG:

1. Pomocí WYSIWYG (What You See Is What You Get) editorů,
2. export z jiného formátu,
3. generování z dat ve formátu XML pomocí XSLT transformací,
4. generování z databáze prostřednictvím skriptovacích jazyků.

### WYSIWYG editory

Tvorba map pomocí WYSIWYG editorů je velice snadná a pohodlná. Z tohoto důvodu je tato metoda vhodná i pro kartografické začátečníky a laiky, kterým umožní poměrně jednoduše publikovat na webu vektorové mapy. Navíc existuje velké množství editorů, které jsou distribuovány na platformě open-source (Inkscape, GLIPS Graffiti, Sodipodi).

Na druhou stranu tento postup bývá často zdrojem elementárních chyb a nepřesností, které jsou často způsobeny ignorováním základních kartografických pravidel. Mapy vytvořené pomocí WYSIWYG editorů mají většinou pouze grafickou přesnost - správné souřadnice je většinou nutné opravit "ručně" ve zdrojovém kódu mapy.

Dvojsečnou zbraň představuje také jazyk Java, v němž je většina software pro práci s SVG vytvořena. Na jednu stranu jsou tyto programy k dispozici pro všechny hardwarové platformy. Problémem zůstávají rozsáhlé soubory, s nimiž se v oblasti digitální kartografie můžeme často setkat. Přičemž se jedná především o velikost z hlediska počtu vykreslovaných elementů. Programy v interpretovém jazyce Java často nedokáží tak rozsáhlé soubory zpracovat - dochází

---

<sup>9</sup><http://www.jamaps.org/>

ke značnému zpomalení aplikace nebo dokonce k jejímu zastavení v důsledku nedostatku paměti.

### Export dat do SVG

Některé GIS aplikace, jako například ArcGIS, MapInfo nebo open-source OpenJUMP, umožňují export dat do formátu SVG. Výhodou tohoto přístupu je možnost tvorby mapy v prostředí, které je současným standardem pro tvorbu digitálních map. Další předností tohoto přístupu je existence velkého množství dat ve formátech pro GIS software a také mnoha kartografických nástrojů integrovaných do GIS. Data převedená z GIS do SVG neobsahují některé typy chyb, například překryty značek nebo popisků. Proto tato cesta představuje pro uživatele geografických informačních systémů nejjednodušší prostředek k tvorbě SVG map.

Mezi problematické stránky tohoto přístupu patří nemožnost ovlivnění výsledného SVG, které často nesplňuje standardy. Vyexportované soubory bývají většinou příliš rozsáhlé z důvodu připojení nadbytečného množství XML prezentacích atributů. Některé programy (například OpenJUMP) neexportují do SVG data, z nichž je mapa generována, ale pouze výslednou mapu - nejsou tedy zachovány původní souřadnice. Podobně jako v předchozí sekci je uživatel nucen použít "ruční" editaci souboru, pokud bude chtít mapu obohatit o různé interaktivní prvky.

### XSLT transformace

Pro tvorbu map z dat v XML formátu (nejčastěji se používá formát GML) prostřednictvím XSLT transformací jsou nutné netriviální znalosti z oblasti XML a XSLT. Také zápis XSLT pravidel lze většinou realizovat jen pomocí textových (programátorských) editorů, které přes snahu svých tvůrců nemohou z hlediska komfortu předstihnout své WYSIWYG konkurenty. Proto je tvorba XSLT map pomocí XSLT trasformací často opomíjenou metodou.

Na druhou stranu je třeba poznamenat, že díky příbuznosti všech XML formátů jsou postupy pro práci s nimi téměř identické - proto lze označit jako výhodu fakt, že formáty pro zdrojová data, transformační pravidla a také výsledná mapa jsou založeny na bázi SGML/XML. Tvůrce mapy i její uživatel mohou využívat všech předností formátu XML, jako je například čitelnost, flexibilita apod. Také je možné opakované využívání již vytvořeného stylu a především přizpůsobení výstupní mapy potřebám uživatelů, včetně změny symbolizace nebo velikosti souborů, kdy je možné odstranění nadbytečných elementů a atributů výsledné SVG. Tato vlastnost je důležitá při přenosu a zobrazování map prostřednictvím málo výkonných mobilních zařízení.

Předností je také široká nabídka kvalitního programového vybavení (editory, konvertory, transformační procesory), přičemž většina je šířena pod některou z otevřených licencí.

XSLT procesory, včetně nejpoužívanějšího procesoru Saxon, jsou většinou vytvořeny v jazyce Java, proto se můžeme setkat s obtížemi popisovanými v odstavci 3.1.

### Generování SVG map z databáze

Z pohledu budoucnosti se tato metoda jeví jako nejperspektivnější. Podobně jako v předchozím odstavci lze výslednou mapu téměř dokonale přizpůsobit potřebám a požadavkům uživatele. Databáze, serverové technologie a skriptovací jazyky umožňují bezpečné uchovávání a spravování velkého množství geografických dat, jejich transformaci do SVG a také publikování na internetu. Navíc veškeré komponenty existují open-source nebo podobných licenčních variantách:

- Serverové technologie (Apache),
- skriptovací jazyky (Python, Perl, PHP),
- databázové systémy (PostgreSQL).

Generování SVG map z relační databáze využívá například projekt [Tirol Atlas<sup>10</sup>](#), který vytváří katedra geografie univerzity v Innsburku. Jednotlivé tematické mapy a grafy atlasu jsou vytvářeny skripty v jazyce Perl z databáze PostgreSQL/PostGIS. Z dalších technologií autoři použili HTML, CSS a JavaScript.

### Závěr

Technologie SVG se v současné kartografii prosazuje ve stále větší míře. Ačkoli se SVG hojně využívá v mnoha oblastech, například v prostředí komerční grafiky, e-bussinesu nebo zábavního průmyslu, na celosvětové konferenci [SVG Open 2005<sup>11</sup>](#) v nizozemském Eshende byla téměř jedna čtvrtina všech příspěvků věnována problematice geografických informačních technologií, především tvorbě map.

Nelze ovšem považovat SVG za jedinou samospasitelnou technologii, která vyřeší veškeré problémy, se kterými se současná kartografie setkává. SVG, stejně jako ostatní technologie, má svoje přednosti, ale i nevýhody. Mezi klady SVG patří univerzálnost, nezávislost, otevřenosť a komunikativnost. Naopak k nedostatkům SVG se nejčastěji řadí nedostatečná podpora ze strany výrobců software a také fakt, že tato podpora není standardizována, neboť producenti programového vybavení často nerespektují všechna doporučení ze strany standardů W3C. Kartografové by přivítali obohacení SVG o podporu topologie, souřadnicových systémů a trojrozměrné grafiky, především výškových systémů (v současnosti se nadmořské výšky připojují k SVG souborům jako metadata) [Ack2001].

Nekomerční licence a také široká komunita pracující na vývoji nových verzí SVG a také na software pracující s SVG zaručuje velice rychlý vývoj tohoto formátu. Například ještě v polovině roku 2005 neexistovala v žádné aplikaci podpora tzv. alternativních stylů - tedy možnost volby stylů v prostředí prohlížeče nebo pomocí skriptů [Čer2005]. Alternativní styly nepodporoval žádný ze speciálních prohlížečů ani prohlížeče www stránek s přímou podporou SVG (například Opera používá pouze variantu SVG Tiny, která neobsahuje kaskádové styly a vizualizačních vlastností jsou definovány pomocí XML prezentačních atributů). Kvalitní podpora kaskádových stylů, včetně alternativních, přišla až s programem Mozilla Firefox 1.5. Alternativní styly mohou být využívány pro změny barevných stupnic tematických map nebo

<sup>10</sup><http://tirolatlas.uibk.ac.at/>

<sup>11</sup><http://www.svgopen.org/2005/index.html>

některých kartografických technik (např. typy grafů v kartodiagramech). Navíc v kvalitním prohlížeči, který respektuje zásady W3C, není nutné ke změně stylů používat skripty, což zjednoduší a především zrychlí práci z rozsáhlými SVG soubory.

Určité zlepšení přinese nová verze SVG 1.2, od které se očekávají následující změny: lepší podpora multimédií (audio i video, včetně streamování), zkvalitnění interaktivnosti, zalamování textů, podpora XBL (XML Binding Language) a další. Tyto nové vlastnosti jistě přinesou nové prvky do digitálních map, které budou poskytovat mnohem více informací navíc přitažlivější a zajímavější formou.

### Reference

- [Ack2001] Ackland, Ron, Cox, Simon. Markup Mapping [online]. South Pacific Science Press International P/L, 2.8.2001. Dostupné z: [online](#)<sup>12</sup>
- [Čer2005] Čerba, Otakar. CSS v digitální kartografii. In 16. kartografické konference. Brno: Univerzita obrany, 2005.
- [Čer2006] Čerba, Otakar. Cartographic e-documents & SGML/XML [online]. In International Symposium GIS... Ostrava 2006. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2006. Dostupné z: [online](#)<sup>13</sup>
- [Eis2002] Eisenberg, J. David. SVG Essentials. 1. vyd. Sebastopol: O'Reilly, 2002. 364 s. ISBN 0-596-00223-8.
- [Hel2004] Held, Georg ,Ullrich, Torsten, Neumann, Andreas, Winter, André M. Comparing .SWF (ShockWave Flash) and .SVG (Scalable Vector Graphics) file format specifications [online]. 29.3.2004. Dostupné z: [online](#)<sup>14</sup>
- [Neu2003] Neumann, Andreas ,Winter, András M. Vector-based Web Cartography: Enabler SVG [online]. 2003. Dostupné z: [online](#)<sup>15</sup>
- [Neu2005] Neumann, Andreas. Use of SVG and ECMAScript Technology for E-learning Purposes. In ISPRS Workshop Commissions. Potsdam, 2005.
- [Pet2003] Peterson, Michael P. Maps and the Internet. 1. vyd. Oxford: Elsevier; International Cartographic Association (ICA), 2003. 451 s. ISBN 0-08-044201-3.
- [Pet2005] Peterson, Michael P. A Decade of Maps and the Internet. In The 22th International Cartographic Conference. Mapping Approaches into a Changing World. A Coruña: International Cartographic Association / Association Cartographique Internationale, 2005. ISBN 0-958-46093-0.
- [Qui2004] Quint, Antoine. Mobile SVG [online]. XML.com - O'Reilly Media Inc., 2004. Dostupné z: [online](#)<sup>16</sup>

<sup>12</sup>[http://www.positionmag.com.au/GU/content/2001/GU47/gu47\\_feature.html](http://www.positionmag.com.au/GU/content/2001/GU47/gu47_feature.html)

<sup>13</sup>[http://gis.vsb.cz/GISEng1/Conferences/GIS\\_Ova/GIS\\_Ova\\_2006/Proceedings/Referaty/default.htm](http://gis.vsb.cz/GISEng1/Conferences/GIS_Ova/GIS_Ova_2006/Proceedings/Referaty/default.htm)

<sup>14</sup>[http://www.carto.net/papers/svg/comparison\\_flash.svg](http://www.carto.net/papers/svg/comparison_flash.svg)

<sup>15</sup>[http://www.carto.net/papers/svg/index\\_e.shtml](http://www.carto.net/papers/svg/index_e.shtml)

<sup>16</sup><http://www.xml.com/pub/a/2004/08/18/sacre.html>

[Rei2003] Reichenbacher, T. Adaptive Methods for Mobile Cartography. In 21. International Cartographic Conference (ICC). Cartographic Renaissance. Durban: International Cartographic Association / Association Cartographique Internationale, 2003. ISBN 0-958-46093-0.

[Sep2004] Sepesi, Greg. Analysis vs. Documentation. A Comparsion of Complementary Geographical Tasks [online]. 2004. Dostupné z: [online](http://www.carto.net/papers/greg_sepesi/greg_sepesi_complementary_geographical_tasks_200401.pdf)<sup>17</sup>

[Sim2004] Simpson, John E. Mapping and Markup [online]. XML.com - O'Reilly Media Inc., 2004. Dostupné z: [online](http://www.xml.com/pub/a/2004/11/24/tourist.html)<sup>18</sup>

[Wal2003] Waldén, Martin. Towards the integration of vector map graphics in mobile environments [online]. Lund: Department of Communication Systems, Lund Institute of Technology, Lund University, 2003. Dostupné z: [online](http://serg.telecom.lth.se/education/master_theses/docs/44_Rep.Walden.pdf)<sup>19</sup>

---

<sup>17</sup>[http://www.carto.net/papers/greg\\_sepesi/greg\\_sepesi\\_complementary\\_geographical\\_tasks\\_200401.pdf](http://www.carto.net/papers/greg_sepesi/greg_sepesi_complementary_geographical_tasks_200401.pdf)

<sup>18</sup><http://www.xml.com/pub/a/2004/11/24/tourist.html>

<sup>19</sup>[http://serg.telecom.lth.se/education/master\\_theses/docs/44\\_Rep.Walden.pdf](http://serg.telecom.lth.se/education/master_theses/docs/44_Rep.Walden.pdf)

## Výuka GIS na FIT VUT v Brně

**Martin Hrubý**

Department of Intelligent Systems

Faculty of Information Technology, Brno University of Technology

E-mail: [hrubym@fit.vutbr.cz](mailto:hrubym@fit.vutbr.cz)

**Klíčová slova:** GIS, výuka, programování, GRASS

### Abstrakt

*Příspěvek pojednává o zavedení předmětu GIS do výuky na Fakultě informačních technologií VUT v Brně. Předmět se vyučuje už druhý rok. Vzhledem k programátorskému zaměření naší fakulty je hlavním posláním předmětu zatáhnout do GIS oblasti další nové programátory.*

*Jako technické zázemí předmětu GIS byl zvolen nástroj GRASS a to především proto, že v době vzniku předmětu jsme nic jiného neměli. V průběhu letního semestru 2005/06 jsme kupili komerční nástroj ArcGIS firmy ESRI, takže mě jako garanta předmětu čeká rozhodování o budoucí formě výuky GIS...*

*Základním textem pro přípravu kurzu byla kniha Jána Tučka "Geografické informační systémy". Posloužila mi jako odrazový můstek pro návrh osnov předmětu.*

### Fakulta informačních technologií, VUT

Naše fakulta vznikla před pár lety, kdy se tehdejší Ústav informatiky a výpočetní techniky odtrhl od Fakulty elektrotechniky a informatiky VUT v Brně. Nově vzniklá fakulta se začala hned rychle rozrůstat, nabírat víc studentů, budovat nové studijní programy a podobně. Dá se říci, že studijní obory a předměty jsou stále ještě ve velkém vývoji a neustálené. Výhodou však je, že stavíme na naší dlouhé tradici počítačů a programování.

Já pracuji na Ústavu inteligentních systémů. Specializujeme se na počítačové modelování, simulaci a umělou inteligenci. Zpráva o existenci GIS se k nám dostala v podstatě náhodou. Po jisté diskuzi o kompetenci různých ústavů vyučovat tuto problematiku se toho ujal náš ústav. V našem pojetí jsou GIS technologie modelovým vyjádřením reality, na které lze aplikovat teorii počítačového modelování a simulace; GIS technologie mohou být provázány s robotikou, agentní simulací, počítačovými hrami, modely počasí a podobně. Ukázalo se, že pojem "informační systém" ve smyslu databáze zde hraje minoritní význam.

### Studium GIS na FIT

Jsme programátorská škola, ke geodézii a kartografii nemáme absolutně žádný vztah a proto se snažíme pojmet přednášky o GIS programátorským způsobem. GIS chápeme jako specifický druh softwaru.

Jistým základům se však nedá vyhnout, proto přednášky zahrnují i statě o geografických souřadných systémech, kartografii, základech geografie naší planety a podobně.

V tomto textu jsou uvedeny téma jednotlivých přednášek. Vypadá to, že každé jednotlivé téma by vydalo na samostatný předmět na specializované škole. Z tohoto pohledu je náš předmět v podstatě jenom přehledový. Chtěl bych ho směřovat do studia analytických algoritmů a nástrojů, modelování reálných situací do podoby GIS aplikací, zapojení podpůrné elektroniky, provázání na další problémy modelování a simulace a především na programátorský rozvoj GISovských nástrojů - tedy programů. V tomto ohledu se zdá být GRASS ideální pro svou otevřenosť. Nabízí se však otázka, jestli je opravdu koncepčníhoho rozvíjet. Mám v dlouhodobém plánu zkoumat možnosti objektově orientovaných GIS modelů a jejich snadnou propojitelnost. Proto se taky s kolegy a studenty budeme snažit položit základ nového experimentálního objektově orientovaného GIS nástroje nebo alespoň ukázat smysluplnost nebo nesmysluplnost OO pojetí GIS dat a modelů.

### Přednášky GIS

Na naší fakultě má semestr 13 přednáškových týdnů. Snažím se na každé přednášce probrat jedno téma. Osnova je následující a nejspíš taková i několik let zůstane:

1. Úvodní seznámení s GISy - pojem GIS, pojmy geoobjekt, prostor (abstraktní) a vazba pojmu prostor na geografický prostor, atribut. Smyslem přednášky je především vysvětlit základní pojmy a motivaci pro celý tento vědecko-technický obor.
2. Modelování geografického prostoru - je ukázána problematika modelování geografického prostoru od nejnižší abstrakce ve formě nepřesně změřené fyzické reality, přes její model ve formě geoidu a dále referenčního elipsoidu a zobrazení náhradního elipsoidu do souřadného systému. Proberou se souřadné systémy šířka-délka, UTM a S-JTSK. S tím souvisí historie zjišťování polohy na Zemi, měření vzdáleností a podobně.
3. Modelování geo-objektů - základní přístupy k modelování prostorových objektů, koncept vektoru a rastru, vektorová topologie, uložení vektorových dat. Z této přednášky by mělo alespoň intuitivně být studentům jasné, jaké části reality modelovat vektorově a které rastrem (v závěru semestru chystám přednášku o konkrétních případových studiích). Je objasněn pojem topologie - minimálně jako způsob organizace vektorových dat při ukládání.
4. Rastrové vrstvy - vzhledem k silné vazbě předmětu na nástroj GRASS je rastrovým vrstvám věnována zvláštní přednáška. Typické aplikace rastrů. Po úvodním seznámení s koncepcí rastrů se probírají povrchy, digitální modely terénu a jejich různé vyjádření.
5. Geografické (GIS) databáze - různé generace GIS z pohledu databázových systémů, objektově orientované DB, postrelační databáze, PostGIS.
6. GIS nástroj GRASS - seznámení s GRASSem, uložení dat v GRASSu, lokace, mapsety, monitory, základní operace, NVIZ. Příprava pro první počítačové cvičení.
7. Vstup geo-údajů, základní restrukturalizace údajů - primární a sekundární zdroje geografických údajů, průzkum v terénu, fotogrammetrie a DPZ, restrukturalizace vektorů a rastrů - převody, změny měřítka. Přednáška je také podkladem pro druhé počítačové cvičení, kde se ukazuje geokoordinace naskenovaného kusu mapy a vektorizace vybraných částí obrázku.

8. Analýza (v rastrovém formátu) - analýzy geografických dat jako hlavní smysl GIS, dotazy na geodatabázi, reklassifikace a mapová algebra, vzdálenostní analýzy (buffer, šíření, proudění), výškové analýzy (sklon a orientace svahů, analýza osvětlení, přímá viditelnost). Několik rozsáhlejších příkladů v GRASSu
9. Analýza (ve vektorovém formátu), analýza obrazu - analýza sítí, zóny dopravní dostupnosti k obslužným centrům. Vektorová analýza se vzhledem k nedostatkům ukázkových dat necvičí. Dalším tématem přednášky jsou ákademní pojmy z analýzy dat z DPZ - úprava obrazu, identifikace objektů v obrazu, analýza multispektrálních dat. V tomto tématu bych chtěl rozhodně přednášky a cvičení poslat.
10. GIS ve státní správě, zavádění GIT do organizací (přednáší host - dr. Jitka Machalová z PEF MZLU) výměnou za to, že já u nich přednáším rastrovou analýzu v GRASSu.
11. Mapový výstup - základní pravidla pro tvorbu map, základy kartografie, tématické mapy, 3D vizualizace. Tady zřejmě bude i MapServer. Tato přednáška se poněkud zkvalitní zavedením nástroje ArcGIS.
12. GPS a podobné systémy. DPZ pro meteorologii - technické parametry, popis principu, rozšíření GPS, další podobné systémy, připojení GPS k počítači, formát NMEA. Tato problematika je pro studenty zřejmě atraktivní (asi se nejvíce blíží jejich vnímání zapojení GIS do života). Druhou částí přednášky je popis systému Meteosat pro sledování meteorologických prostorových procesů. Chtěl bych více rozvést problematiku počítačového modelování počasí, meteorologických map a podobně.
13. Case studies - zatím nenaplněné téma. Chtěl bych tu ukázat konkrétní inženýrské projekty se zapojením GIS nástrojů a technologií. Zřejmě závisí na dostupnosti dat nebo na spolupráci s jinými odborníky.

### Cvičení

Cvičení jsou zatím vedeny na systému GRASS. Proto taky začínají až po úvodní přednášce o GRASSu a navíc v době, když už na přednášce zazněly hlavní pojmy.

Cvičení se dělá ve skupinkách po cca 20 studentech u počítačů. Naše školní počítače v laboratořích jsou naštěstí všechny vybaveny OS Linux (MS-Windows je tam taky). Instalace GRASSu je umístěna centrálně na file-serveru. Menší datasety si studenti vytvářejí ve svých domovských adresářích. Velký dataset, jako je třeba demonstrační lokace cr-wgs84 od skupiny českých uživatelů GRASSu, je umístěn a používán souběžně všemi ve speciálním sdíleném adresáři.

Náplní cvičení je:

1. Seznámení s GRASSem - základní operace, výpis mapových vrstev, monitory, zobrazení vrstvy, nastavení zobrazovacího regionu, měření vzdáleností a podobně. Ukázka selekce vybraných částí vrstev.
2. Vstup dat - georeferencování zadáного obrázku, vektorizace vybraných partií obrazu, pořizování atributových dat, správa databázové části GRASSu.

3. Analýza v rastru - jako podklady jsou použity demonstrační datasety z distribuce GRASSu (spearfish, leics). Vzhledem k fatálnímu nedostatku vektorových dat se neprobírají analýzy založené na vektorech.
4. tady zřejmě přijde seznámení s ArcEditorem od ESRI

Náplň cvičení je podle mě celkem rozumná vzhledem ke stavu kurzu, technických možnostech a našemu hlavnímu zaměření. V budoucnu nejspíš více zapojím nástroj ArcGIS, ke kterému jsme dostali několik DVD geodat pro experimentování. Nebylo by špatné mít cvičení na implementaci vybraného analytického algoritmu pro GRASS nebo ArcGIS. Budeme instalovat taky rozhraní ArcSDE, tak si lze představit experimenty s uložením a správou geodat na školních Oracleovských serverech.

### Projekty

Je u nás zvykem v každém předmětu hodnotit samostatnou studentskou práci na zadané nebo studentem zvolené téma - tak zvaný projekt. Obtížnost projektu v jednotlivých předmětech je dána obvykle významností předmětu pro náš studijní obor nebo prostě jenom nároky jeho vypisovatele-garanta předmětu.

V předmětu GIS není příliš mnoho alokovaného kreditového prostoru pro obtížná zadání. Ani je ze studentů nevymáhám. Studenti si své zadání volí sami z těchto tří:

1. studijní - cílem je nastudovat vybranou problematiku v rozsahu převyšujícím výuku. Tato kategorie je studentsky nejoblíbejší - studenti tvrdí, že považují za odpocinek chvíli neprogramovat. Nacházím zde místy velmi zajímavé práce (tentokrát jsem například dostal velmi obsáhlou třicetistránkovou studii modelování větrů v ČR včetně popisu příslušných simulačních nástrojů a analýzy provozovatelnosti větrných elektráren v ČR).
2. implementační - implementace vybraných algoritmů a formátů. Dostal jsem například hezké pokusy o objektovou GIS databázi, implementace rastrových analýz, prohlížečky různých formátů a další.
3. infiltrační - cílem je proniknout do nějaké gisařské firmy a vyzvědět od nich zajímavé detaily o jejich práci (včetně například ceníků).
4. gisovské - použití GIS nástroje pro zpracování geodatabáze zadané lokality. Ve většině případů tyto projekty kopírují úlohy ze cvičení a v mnoha případech poskytují téma studentům, kteří nechtejí nic speciálního hledat nebo řešit.

### Studentské bakalářské/diplomové projekty

Vypsal jsem několik témat pro studentské bakalářské a diplomové projekty. Několik ukázků:

1. Databázová podpora GIS systému GRASS - cílem je poněkud narovnat db část grassu, prozkoumat napojení postgresu a podobně. V ideálním případě vyrobit něco jako ArcSDE pro GRASS.

2. Databázová podpora v projektech geografického průzkumu - jednoduchá aplikace zobrazuje mapové vrstvy na například Palmu s možností vrstvy editovat, měřit polohu a podobně.
3. GIS systém pro obec - implementace GIS aplikace pro potřeby obce s možným webovým rozhraním.
4. Navigační systémy v geografických průzkumných akcích - výpočet navigace pro pohybující se objekt. Napojení na řídící prvek (například na autonomní mobilní robot).
5. Objektově orientované geografické databáze - lze pojmut na různých úrovních složitosti. Zapojení topologie, mobilita objektů, analytické operace. Implementační prostředí na bázi Smalltalku, Selfu.
6. Vektorová analýza v GIS systémech - souhrnná studia a implementace vektorových analýz na obecnější úrovni. Knihovna napojitelná na libovolná rozhraní. Možná revize vektorové analýzy v GRASSu, nové programové rozhraní.
7. Webové rozhraní pro GIS systém GRASS (diplomka přihlášená na příští rok) - studium mapových serverů, nezbytné zásahy do jádra GRASSu, správa více připojení. Rozhraní ve formě vzdáleného přístupu ke GRASSu nebo pouze poskytovatele mapových služeb. Některé závěry byly již publikovány [1].
8. Systém pro podporu sběru a správy programu rozvoje obcí v ČR (bakálařský projekt, momentálně běží) - bakalářská práce našeho studenta ve spolupráci se studentem z přírodovědy MUNI. Cílem byl počítacový program, který bude generovat specifickou dokumentaci (program rozvoje obcí) z veřejně dostupných dat a z uživatelem zadaných dat.

### Výzkum v GIS ????

Tady bych chtěl naznačit, kde bych plánoval přispět ve výzkumu GIS problematiky. Je mi jasné, že kvalitu výuky určuje i vědecká angažovanost učitele - a to platí speciálně na vysokých školách. Současně s tím hledám oblast, která by měla návaznost na moje dosavadní odborné zaměření - tedy na modelování, simulace a umělou inteligenci.

Proto mě napadají dvě oblasti:

1. Prostorové modely zapojitelné do modelování inteligence - hry, robotika. V poslední době se zabývám matematickým modelem inteligence nazývaným Teorie her. Jednou z mnoha aplikací teorie her je i vývoj počítacových her, kde se spojuje umělá inteligence entity provádějící strategické rozhodování a prostorový kontext její existence. Mohlo by být zajímavé modelovat prostorovou představu inteligentní entity o svém okolí. V doméně kooperujících agentních systémů, případně v robotice je prostorová představa dokonce ještě důležitější.
2. Objektově orientované geosystémy - v této oblasti bych chtěl sledovat dva proudy:
3. koncepcnost návrhu a vytváření geodatabází, kde objektová orientace má jasné místo,

4. mobilitu geo-objektů, tedy snadnou přenositelnost libovolného elementu geografické databáze do zcela obecně jiného prostředí.

## Závěr

Předmět GIS se na naší fakultě, zdá se, uspěšně rozbehl. Budu se snažit, aby měl stále hodně studentů, zajímavých projektů a navazujících diplomových prací.

Tento článek měl o něm podat zprávu a možná i někoho inspirovat.

## Reference

1. Hrubý Martin: WEB Interface for GRASS Geographic Information System, In: Proceedings of XXVIIth Internation Autumn Colloquium ASIS 2005, Ostrava, CZ, MARQ, 2005, s. 103-108, ISBN 80-86840-16-6

## Prostorové rozhraní informačního systému malé obce řešené v Open Source Software

**Karel Jedlička**

Department of Mathematics, Geomatics section,  
Faculty of Applied sciences, University of West Bohemia,  
E-mail: [smrcek@kma.zcu.cz](mailto:smrcek@kma.zcu.cz)

Autor je podporován Výzkumným záměrem MŠM 497775130.

**Jakub Orálek**

Department of Mathematics, Geomatics section,  
Faculty of Applied sciences, University of West Bohemia,  
E-mail: [fugas9@seznam.cz](mailto:fugas9@seznam.cz)

### **Klíčová slova:**

Informační systém malé obce, geografické databáze, geografický informační systém, open source, PostgreSQL, PostGIS, UMN MapServer, JUMP, QGIS, Výmenný formát katastru nemovitostí (VF ISKN).

### **Abstrakt**

*Příspěvek si klade za cíl představit možnosti open source software pro implementaci prostorového rozhraní informačního systému malé obce.*

*Zabývá se návrhem projektu po jednotlivých částech: identifikace požadavků zastupitelského úřadu (uživatele systému), popis obecné architektury systému a volba vhodných (nekomerčních) technologií pro jeho implementaci. Součástí projektu je i popis vyvinuté technologie pro import nejdůležitějších datových vrstev (informací o vlastnictví) do systému.*

*Článek je doplněn výčtem využitelných datových zdrojů pro informační systém malé obce v České republice.*

### **Úvod**

Cílem projektu je návrh finančně nenáročného řešení informačního systému pro správu a evidenci městského majetku a souvisejících agend, který má sloužit jak pro zjednodušení administrativní práce zastupitelského úřadu, tak i pro podporu jeho rozhodování. Projekt má tři fáze:

- *První fází* je identifikace obecných požadavků zastupitelstva menší obce na informační systém, která byla provedena v rámci práce Novotného 2005).
- *Druhá fáze* spočívá ve volbě vhodných technologií, návrhu jejich využití a implementace obecného prostorového i atributového rozhraní. Důraz je přitom kladen na robustnost, bezpečnost, nízkou nákladovost a v neposlední řadě na uživatelskou jednoduchost zvoleného řešení.

- *Navazující třetí* fáze plní vytvořený systém existujícími prostorovými i atributovými datovými zdroji. Její podstatou je návrh a implementace plynulého přechodu (či propojení) od stávajících způsobů správy a evidence obecního majetku (a souvisejících agend) k digitálnímu řešení. Lze ji rozdělit na dvě části. První se zabývá datovými zdroji standardizovanými na státní úrovni (externí zdroje), druhá interními datovými zdroji obce.

### Obecná architektura systému

#### Uživatelské požadavky

Informační systém obce využívají hlavně pracovníci obecního úřadu a občané. Informační systém by měl usnadnit řízení obce (správa věcí veřejných, služba veřejnosti), propagace obce, ekonomické řízení. Správa věcí veřejných zahrnuje:

- správu a údržbu komunikací,
- územní rozvoj a plánování,
- čistotu v obci,
- správu majetku,
- bezpečnost,
- údržbu sportovních a kulturních zařízení,
- zavádění infrastruktury a inženýrských sítí.

Příkladem služby veřejnosti potom může být:

- podávání informací,
- zajišťování dopravní obslužnosti,
- zajišťování komunikace mezi státem a občanem,
- napomáhání řešení problémů občana.

Zpracováno podle Novotného (2005).

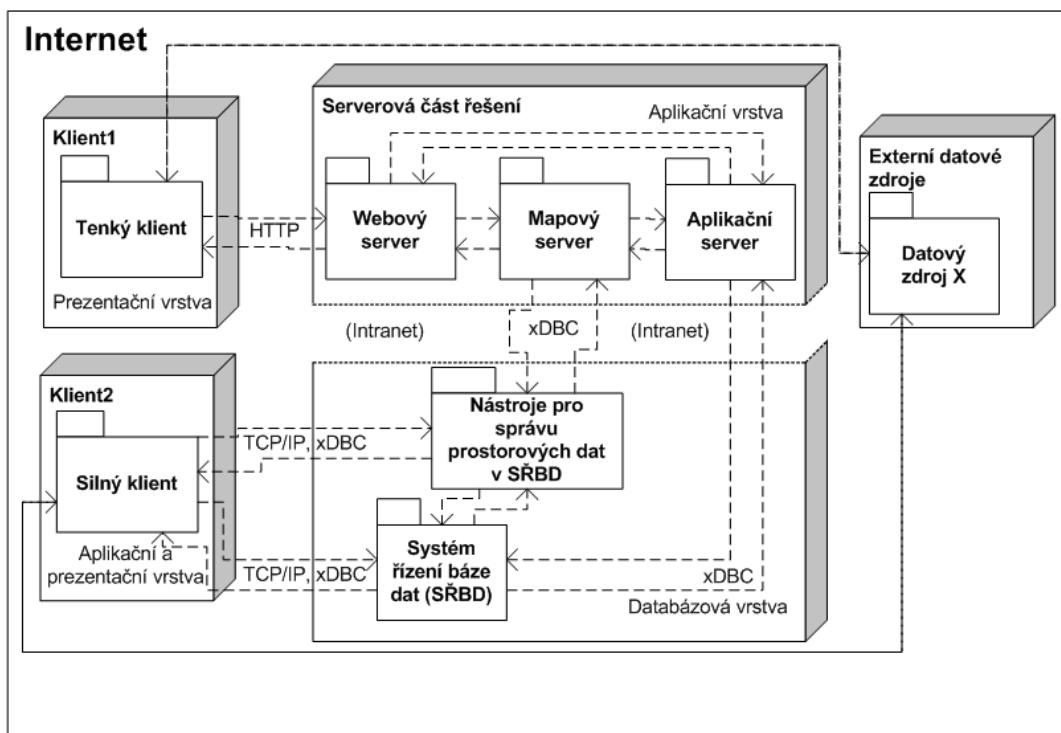
### Struktura

Informační systém malé obce (dále ISMO) je systém, v rámci kterého lze definovat čtyři hlavní skupiny uživatelů, lze říci uživatelské role:

- *Administrátor systému* – role rozdělená mezi dodavatele technologií a pracovníka zastupitelského úřadu. Dodavatel technologií instaluje a zprovozní systém, dále proškolí místního administrátora v běžných provozních úkonech. Dodavatel technologií poté zařizuje pouze méně běžné úpravy systému. Přesné rozdělení této role mezi zastupitelský úřad a dodavatele, závisí na místních podmínkách.

- *Správce a editor dat* – úředník nebo skupina úředníků místního úřadu. Role spočívá v udržování dat systému v aktuálním a konzistentním stavu. Prováděno je to kontinuální aktualizací interních dat obce (např. registr obyvatel, pozemků a budov, územní plán, technická mapa) a pravidelnou dávkovou aktualizací dat z externích zdrojů (dnes je typickým příkladem katastrální mapa).
- *Dodavatel externích dat* – externí organizace dodávající datové zdroje, např. katastrální mapu, ortofotomapu, základní mapu, atp., více v kapitole Datové zdroje.
- *Ostatní uživatelé* – většinou obyvatelé obce, ale i další zájemci, např. úřady vyšších územně správních celků. Jedná se většinou o pasivní roli příjemců informace, ovšem i tito uživatelé mají možnost ovlivňovat systém. Většinou však pouze zprostředkování, přes upozornění na případné nesrovnanosti odeslané správci dat, který je povinen na připomínku reagovat.

Pro návrh systému mající výše uvedené role, lze s úspěchem použít distribuované prostředí počítačových sítí a klient server řešení, resp. jeho třívrstvou variantu (Prezentační vrstva – uživatelské rozhraní; aplikační vrstva – funkcionalita, dávající SW jeho charakter; vrstva služeb – nejčastěji databázová vrstva), která je znázorněna na obrázku 1. Další informace o vícevrstvých architekturách lze nalézt např. v práci FASTIE (1999) a SEI (2005).



Obr. 1.: Obecné schéma technologického řešení ISMO – zakresleno v unified modeling language (UML). Více o UML lze nalézt PAGE-JONES (2001)

Základní komponentou distribuovaného systému je **relační databáze**. Protože ISMO je informačním systémem o území, databáze musí umožňovat ukládat nejen atributová, ale i pro-

storová data (dohromady nazývaná geografická data). Aby nedocházelo k porušení integrity mezi atributovými a prostorovými daty, je celá geografická databáze přístupná přes jednotné rozhraní, které je definováno systémem řízení báze dat (SŘBD) a nástroji pro správu prostorových dat. Zmiňované rozhraní je postaveno na některé z technologií připojení k databázi, ať již proprietální nebo standardizované a je v obr. 1 označeno zkratkou xDBC.

**Silný klient** je software, který v obsahuje aplikační logiku provázanou s uživatelským rozhraním – původně z FASTIE (1999). Klient se připojuje přímo k databázové vrstvě přes definované rozhraní. Komunikace probíhá v Intranetu či v Internetu, proto je volen standardní síťový protokol TCP/IP.

**Tenký klient** (typicky webový prohlížeč) obsahuje pouze prezentační vrstvu, která přes definované rozhraní, pro síťové prostředí většinou HTTP(s) protokol, komunikuje s aplikací, či aplikační vrstvou.

**Aplikační vrstva** je sada mezi sebou komunikujících aplikací – aplikačních serverů. Ty mezi sebou komunikují protokoly, které jsou závislé na typech jednotlivých serverů. Vrstva se obvykle skládá z webového serveru, který navenek komunikuje s tenkým klientem a předává jeho požadavek dalším serverům ve vrstvě (např. mapovému serveru pro požadavek na geografická data). Aplikační server požadavek zpracuje, v případě potřeby komunikuje s databázovou vrstvou, a výsledek předává webovému serveru. Ten odesílá data zpět klientovi. Každá z aplikací přitom komunikuje přes stanovená rozhraní (protokoly).

ISMO je nutno definovat jako otevřený systém, který umožňuje i práci s **externími zdroji** (více viz kapitola Datové zdroje).

### Přehled využitelných technologií

Pro implementaci systému lze obecně využít open source technologií, komerčních technologií nebo jejich kombinace. Vzhledem k požadavku na nízkonákladové řešení, jsou voleny technologie open source. Jejich přehled následuje.

#### Databáze a prostorová rozšíření

Co se týče klasických databází na bázi open source, existuje několik kvalitních produktů. Z těch známějších lze uvést MySQL [8], PostgreSQL [7], MaxDB, Firebird a Ingres. Lze říci, že v současné době je nejrozšířenější atributová databáze MySQL. V informačním systému obce je ovšem kláden důraz na podporu prostorových dat a tam je nejsilnější databáze PostgreSQL, resp. její rozšíření PostGIS. MaxDB, Firebird ani Ingres prostorová data nepodporují. MySQL ve své poslední verzi nabízí velmi dobré prostorové rozšíření, v mnoha ohledech srovnatelné s PostGIS. Využívá stejných objektových modelů jako PostGIS. Hlavní výhodou PostgreSQL/PostGIS oproti MySQL je větší podpora open source silných klientů, možnost ukládat 3D i 4D data a větší počet vestavěných funkcí pracujících s prostorovými daty.

#### Mapové servery

Existuje několik open source mapových serverů: Map server, Geoserver, ALOV Map, MapIt!, Mapzoom, JShape. Mapové servery MapIt! a JShape nejsou příliš vhodné, jelikož podporují velmi málo formátů (JShape pracuje pouze s shapefile a MapIt! jen s rastrovými daty). Mapzoom je velmi jednoduchý nástroj a slouží pouze pro tvorbu statických map. Jako zajímavý

mapový server se jeví ALOV Map, který umí pracovat s vektorovými i rastrovými daty v souborové i databázové (MySQL) formě, podporuje WMS. Veškeré tyto možnosti poskytuje také UMN Map server. Ten navíc disponuje větší podporou komunikačních protokolů (např. WFS), databázových systémů (např. PostgreSQL), výstupů (např. PDF) a v neposlední řadě obsahuje přehlednější a obsáhlnejší dokumentaci.

### Webové servery

Existuje velké množství open source webových serverů. Jigsaw a Tomcat jsou napsány kompletně v jazyku Java. Jejich hlavní prioritou je zavedení webových technologií využívajících tento jazyk (mluví se o tzv. Javových serverech). Hlavní výhodou programu Jetty (napsaný také v jazyku Java) je kombinace klasického HTTP serveru s javovým serverem. Nejrozšířenějším webovým serverem na bázi open source je Apache (napsaný v jazyku C). Podporuje velké množství technologií (např. PHP, CGI), SSL, lze ho propojit s databází PostgreSQL. Výhodou je také velké množství dokumentace a webových fór.

### Software pro vizualizaci geodat

GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) je profesionální GIS jehož hlavní síla je v prostorových, zejména rastrových analýzách. GRASS podporuje standardy WMS a WFS, možné je také propojení s PostGIS. Pro menší obce je ovšem tento software zbytečně komplexní a složitý na ovládání.

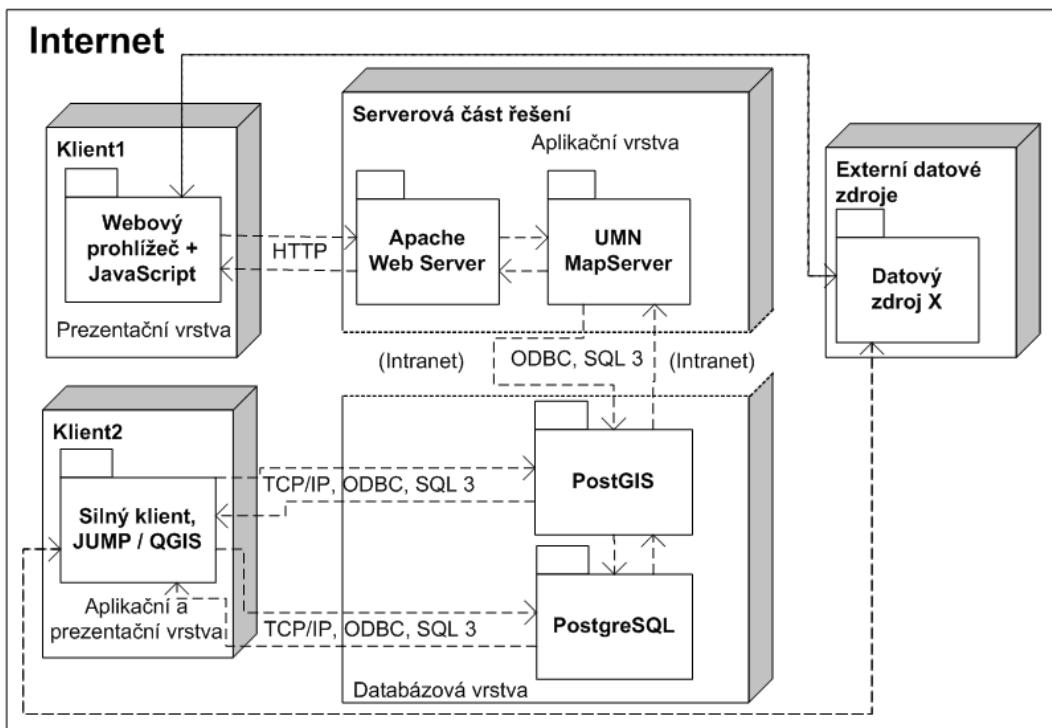
uDIG (User-friendly Desktop Internet GIS) lze použít jednak jako geoprostorovou aplikaci i pro vytváření nových odvozených aplikací. Podporuje standardy WMS a WFS a propojení s PostGIS databází. Nevýhodou je nedostatek rozšiřujících modulů dostupných na internetu a podpora malého množství datových formátů.

JUMP (Java Unified Mapping Platform) je celý napsán v jazyku Java a mezi jeho hlavní výhody patří možnost rozšíření o nové moduly, možnost provozu nezávisle na operačním systému. Přídavné moduly nabízejí například právě propojení s databází PostGIS, podporu WFS (Standard WMS je podporován přímo), Podporu IMS. Na internetu je možné získat mnoho dalších rozšiřujících modulů.

Quantum GIS (QGIS) umožňuje propojení s PostGIS a pomocí přídavného modulu je zajištěna podpora WMS. Díky rozšiřujícím modulům lze do Quantum GIS přidávat nové funkce a nástroje.

Požadavek na jednoduchou práci v systému a na jeho bezpečnost vede k volbě technologií, pro které existuje silný vývojový tým, jsou prověřené úspěšným nasazením a existují pro ně rozsáhlé dokumentační materiály a návody na použití.

Příkladem takového open source řešení je i autory článku zvolená kombinace technologií databáze PostgreSQL s prostorovým rozšířením PostGIS, mapovým serverem UMN MapServer, webovým serverem Apache, tenkým klientem v podobě webového prohlížeče (s podporou JavaScriptu) a silnými klienty JUMP a QGIS, které popisuje následující kapitola.



Obr. 2.: Schéma zvoleného open source technologického řešení Informačního systému malé obce.

### Zvolené open source řešení

Zvolené open source řešení ISMO je složeno z technologií zobrazených na obrázku 2 a po- psaných níže. Jako relační databáze s možností ukládání prostorových dat zde slouží PostgreSQL s prostorovým rozšířením PostGIS. Databáze komunikuje přes rozhraní ODBC a jazyk SQL3 buď přímo se silnými klienty (JUMP/QGIS) nebo s aplikační vrstvou, která je tvořena mapovým serverem UMN MapServer a webovým serverem Apache, který následně přes HTTP(s) protokol komunikuje s tenkým klientem (webovým prohlížečem).

### PostgreSQL

PostgreSQL (<http://www.postgresql.org><sup>1</sup>) je open source relační databázový systém pro práci s klasickými atributovými daty. Může být provozován na operačních systémech Linux, UNIX, Windows a Mac OS X. Plně podporuje cizí klíče, spojování tabulek, pohledy, triggery a uložené procedury. Zahrnuje v sobě většinu datových typů z SQL92 a SQL99. Podporuje ukládání velkých binárních objektů, jako jsou obrázky, zvuky nebo video. Příkazy v PostgreSQL jsou zadávány pomocí příkazového řádku. Jako pomocnou aplikaci lze použít pgAdmin III, který k databázi poskytuje grafické uživatelské prostředí. PgAdmin III podporuje stejné operační systémy jako PostgreSQL. S aplikační vrstvou (mapovým serverem, či silným klientem –

<sup>1</sup><http://www.postgresql.org>

JUMP, QGIS) komunikuje pomocí síťového protokolu TCP/IP přes rozhraní ODBC jazykem SQL 3. Podrobnosti lze nalézt v dokumentaci PostgreSQL (2005).

### PostGIS

PostGIS (<http://www.postgis.org><sup>2</sup>) přidává podporu geografickým objektovým datovým typům do PostgreSQL. Vychází z OGC 99-049 (1999). Konkrétně využívá objektové datové typy: point, linestring, polygon, multi point, multilinestring, multipolygon, geometrycollection. Dále obsahuje několik set prostorových funkcí. Každý objekt použitý v PostGIS lze vytvořit formou WKT (well-known-text) nebo WKB (well-known-binary). V databázi jsou potom prostorové informace uloženy v binárním tvaru. Podrobnější informace o práci v PostGIS poskytuje Refraction Research (2006).

### UMN MapServer

UMN MapServer (<http://mapserver.gis.umn.edu><sup>3</sup>) je program vhodný pro tvorbu interaktivních mapových aplikací. Lze jej používat na operačních systémech Linux, Windows a Mac OS X. MapServer může na základě parametrů obdržených od webového serveru vytvořit obraz mapy nebo pomocí šablony vytvořit HTML dokument s obrazem mapy. Spojením MapServeru s DHTML, PHP, JavaScriptem nebo jinými programovacími jazyky mohou vzniknout velmi zajímavé interaktivní mapy s mnoha funkcemi.

### Apache WebServer

Apache je webový (HTTP) server (<http://www.apache.org><sup>4</sup>), který lze spustit na operačních systémech Linux, Windows, Unix a Mac OS X. Jak plyně již z jeho názvu, komunikuje s klientem přes HTTP protokol.

### JUMP

JUMP – Java Unified Mapping Platform (<http://jump-project.org><sup>5</sup>) je aplikace založená na grafickém uživatelském rozhraní, slouží k zobrazení a úpravě geografických dat. Zahrnuje mnoho funkcí pro základní práci s geodatami. Je navržen tak, aby ho bylo možné snadno rozšířit a vyvíjet. Celý program je napsán v jazyku Java, což má několik výhod: JUMP spustí uživatelé jakéhokoli operačního systému, nabízí přístup ke všem svým funkcím a je snadno rozšiřitelný. Více se lze dočít v publikaci Vivid Solutions (2003). Mezi základní rysy JUMP patří:

- podpora formátů GML, ESRI Shapefile, WKT,
- podpora PostGIS zajištěna přidaným modulem,
- možnost zobrazovat atributy a geometrické souřadnice vybraným prvkům,

---

<sup>2</sup><http://www.postgis.org>

<sup>3</sup><http://mapserver.gis.umn.edu>

<sup>4</sup><http://www.apache.org>

<sup>5</sup><http://jump-project.org/>

- změna symbologie,
- popisy geografických prvků,
- editace geometrie i atributů,
- WMS klient,
- možnost provádět některé analýzy,
- snadná rozšiřitelnost.

### Quantum GIS (QGIS)

QGIS (<http://qgis.org><sup>6</sup>) je aplikace, která slouží pro zobrazení geografických dat. Obsahuje mnoho běžných prostorových funkcí. Nové funkce a nástroje lze vkládat pomocí přídavných modulů. Lze ji spustit na operačních systémech Linux, Unix, Mac OS X, Windows. QGIS podrobně popisuje Sherman (2005). Základní rysy Quantum GIS jsou:

- podpora všech vektorových formátů obsažených v knihovně OGR,
- podpora všech rastrových formátů obsažených v knihovně GDAL,
- propojení s PostGIS databází,
- propojení s GRASS a možnost provádět prostorové analýzy,
- lze zobrazovat atributové tabulky vybraným geografickým prvkům,
- změna symbologie,
- popisy geografických prvků,
- export do map souboru používaného MapServerem,
- možnosti rozšíření o přídavné moduly.

### Webový prohlížeč a skripty na straně klienta

Existuje několik webových prohlížečů (např. Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, Netscape, Safari). Všechny komunikují se serverem přes HTTP protokol a jejich základem je schopnost zobrazovat HTML dokumenty. S rozšiřováním internetu se rozšířily i technologie podporované prohlížeči. Např. možnost vytvářet formuláře, vkládat zvukové a video soubory, flash animace. Statické HTML lze rozšířit o některé skriptovací jazyky běžící na straně klienta (webový prohlížeč). Nejpoužívanější jsou Java Script a VB Script. Tyto skriptovací jazyky umožňují na základě události (najetí kurzoru myši na objekt, kliknutí, načtení stránky, atd.) dynamicky měnit HTML dokument.

---

<sup>6</sup><http://qgis.org>

## Datové zdroje

Datové zdroje pro ISMO lze rozdělit do dvou skupin: externí a interní. Externí zdroje jsou většinou standardizovány na státní (někdy krajské) úrovni a obci slouží hlavně jako podkladová data. Do ISMO jsou buďto importovány nebo zapojeny přes standardizované webové služby, v případě geografických dat přes Web Map Service (WMS) nebo Web Feature Service (WFS) definované v OGC 05-008 (2005).

WMS definuje mapu jako zobrazení geografické informace jako digitální obrazový soubor. Mapa a samotná data jsou něco jiného. Mapy vytvořené podle specifikace WMS jsou prezentovány v rastrových nebo vektorových formátech (např. SVG, CGM). Oproti tomu WFS poskytuje přímo zdrojová geodata ve formátu GML.

### Externí

Fundamentálním externím zdrojem pro ISMO jsou informace o vlastnictví a užívání nemovitého majetku v katastru obce. Tato data poskytuje Český úřad zeměměřický a katastrální (dále ČÚZK) v několika formách v závislosti na způsobu vedení katastrálního operátoru v konkrétním území:

- Digitální katastrální mapa (DKM) včetně souboru popisných informací (SPI) ve výměnném formátu Informačního systému katastru nemovitostí (VF ISKN) (více viz. ČÚZK b). Popis importu těchto dat do ISMO následuje v podkapitole Import VF ISKN.
- Hybridní katastrální mapa; geometrie parcel je předávána v rastrovém formátu \*.cit (více viz. ČÚZK a), definiční body parcel předávané ve vektorovém formátu, SPI ve VF ISKN.
- Analogová katastrální mapa; data je nutno nascannovat a ve vektorové formě vytvořit minimálně definiční body parcel, SPI ve VF ISKN (digitalizace SPI dokončena v roce 1998).

Popis importu druhých dvou verzí katastrálních dat je popsán v podkapitole Import analogové či hybridní katastrální mapy.

Katastrální data jsou podle vyhlášky O poskytování údajů z katastru nemovitostí České republiky, č.162/2001 poskytována samosprávám zdarma.

Mezi další významné externí zdroje dat patří servery, poskytující prostorová data:

### CENIA

Česká informační agentura životního prostředí (CENIA) vytvořila mapový server <http://geoportal.cenia.cz><sup>7</sup> který se stal důležitou součástí portálu veřejné správy. Mapový server nabízí mapy formou samostatné internetové aplikace i pomocí mapových služeb WMS a ArcIMS. Poskytovaná data se vztahují k celé České republice a jsou pravidelně aktualizována. Konkrétně zde lze nalézt několik tématických map z oblasti geologie, životního prostředí nebo územně správní členění, topografické mapy ČR, ortofotomapu, mapy týkající

---

<sup>7</sup><http://geoportal.cenia.cz>

se obyvatel. Např. ortofotomapu nebo geologickou mapu mohou využít všechny obce ČR, na proti tomu např. mapu chráněných území využijí obce, do kterých chráněná území zasahují. Ne příliš potřebné pro obce jsou naopak některé tématické mapy mající nejmenší jednotku jedno katastrální území (např. hustota obyvatel).

### IZGARD

Internetový zobrazovač geografických armádních dat <http://arwen.ceu.cz/website/startovani><sup>8</sup> je projekt zpřístupňující data vojenského geografického informačního systému (VGIS). Byl vytvořen Vojenským geografickým a hydrometeorologickým úřadem se sídlem v Dobrušce. Poskytuje digitální atlas ČR, letecké měřické snímky a letecké snímky z povodní. Digitální atlas mohou využít všechny obce, naproti tomu snímky z povodní jsou užitečné především obce postižené záplavami. Všechna data jsou dostupná pouze pomocí mapové služby ArcIMS a ta není většinou v open source programech podporována. Výjimku tvoří program JUMP, pro který podpora ArcIMS již existuje formou rozšiřujícího modulu.

### ÚHÚL

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů <http://www.uhul.cz><sup>9</sup> je řízen ministerstvem zemědělství. Tento úřad provádí velké množství činností vztahující se k lesům celé ČR. Jedná se především o inventarizaci lesů, oblastní plány rozvoje lesů, informační a datové centrum a typologii lesů. Mimo to poskytuje několik mapových projektů formou WMS a WFS. Často se jedná o ne příliš podrobná data (např. mapa eroze půdy) nebo o data vztahující se jen k malé části republiky (např. úprava chemismu půd), takže z celkového pohledu je obce příliš nevyužijí. Nachází se zde ale i data vhodná pro velké množství obcí (např. oblastní plány rozvoje lesů).

### Interní

Interní datové zdroje jsou data, jejichž správu a aktualizaci má na starosti obec. Jejich struktura byla analyzována v práci Novotného 2005, zde je uveden jejich stručný výčet:

- majetková a finanční agenda,
- rozpočet,
- poplatky od občanů,
- registr obyvatel, pozemků a budov,
- technická mapa,
- územní plán.

Struktura interních datových zdrojů má převážně atributový charakter (výjimku tvoří technická mapa města a územní plán) a může se velmi lišit (především je to otázka investovaných peněz) obec od obce. Návrh importu a propojení interních dat obce je tak silně závislý na konkrétním území a přesahuje rámec tohoto textu.

---

<sup>8</sup><http://arwen.ceu.cz/website/startovani>

<sup>9</sup><http://www.uhul.cz>

## Import VF ISKN

Importem dat výměnného formátu ISKN do datových bází, které jsou podporovány open source software, databází se zabýval např. Landa (2005), který ukládal atributová data do databáze PostgreSQL a vektorová data do nativního formátu GIS GRASS. Součástí návrhu ISMO je implementace prostorových i atributových dat VF ISKN do PostGIS.

Výměnný formát informačního systému katastru nemovitostí je také nazýván novým výměnným formátem (NVF). Jeho import do databáze PostgreSQL/PostGIS je zajištěn aplikací vytvořenou v rámci projektu v jazyce Python. K tomu bylo zapotřebí propojit Python s databází přes standardní rozhraní ODBC. Před spuštěním programu je potřeba mít vytvořenou PostGIS databázi.

Uživatel při importu zadává pouze název propojení ODBC, uživatelské jméno, heslo, název souboru ve formátu NVF (je umístěn v kořenovém adresáři aplikace) a cílovou databázi v PostGIS. Z programátorského hlediska lze program rozdělit do několika kroků:

- Pokud není existující databáze prázdná vymažou se všechny její tabulky (kromě dvou standardních PostGIS tabulek(spatial\_ref\_sys, geometry\_columns)).
- Vytvoření tabulek podle struktury ISKN a jejich naplnění atributovými daty.
- Vytvoření dvou souborů obsahují SQL příkazy pro tvorbu primárních resp. cizích klíčů.
- Vytvoření primárních a poté cizích klíčů v databázi.
- Vytvoření geometrie podle OGC specifikací ve vybraných tabulkách (viz. obr. 3 – datový model).

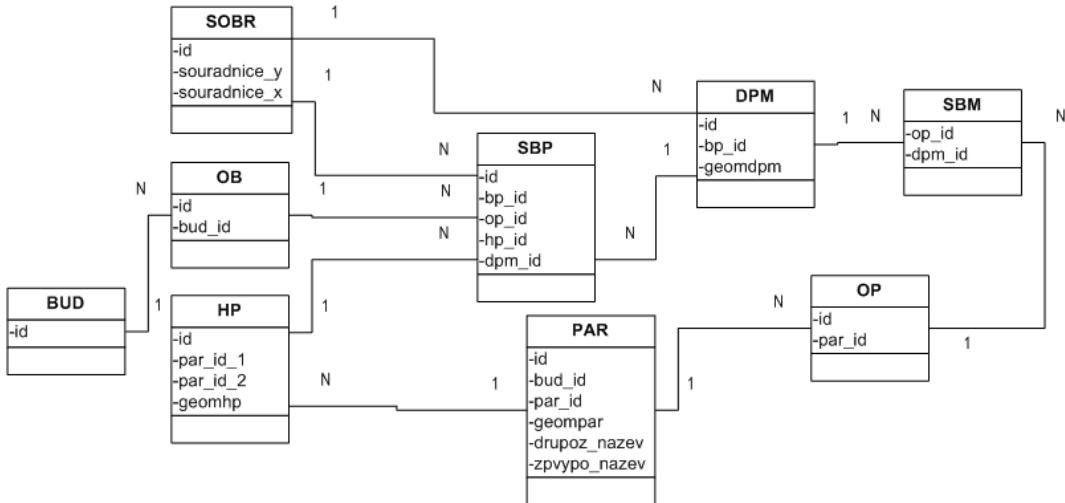
Výsledný datový model (jehož nejdůležitější části ukazuje obr. 3) obsahuje několik desítek tabulek, z nichž tři obsahují kromě atributových dat i geometrii. Hranice parcel (HP) a další prvky mapy (DPM) mají geometrii typu LINESTRING, parcely (PAR) jsou typu POLYGON. Geometrii k dalším tabulkám lze jednoduše doprogramovat analogicky jako v těchto třech případech. Např. k tabulce budov (BUD) by bylo možné přidat geometrii polygonu.

Geometrie u jednotlivých tabulek vycházejí ze souřadnic uložených v tabulce bodů polohopisu (SOBR). Souřadnice bodů se však nacházejí i v jiných tabulkách (např. DPM, SBM, OP), které je možno využít při přidávání další geometrie. Pro obce je důležité vizualizovat především vlastnické vztahy (které souvisí s tabulkou parcel), proto nejsou do databáze další prostorové sloupce přidány.

Kvůli snadnější vizualizaci pomocí silných klientů je dobré předpřipravit data v databázi. Jako ukázka v tomto datovém modelu poslouží přidané sloupce název druhu pozemku a název způsobu využití pozemku z tabulky druhu pozemku (drupoz), resp. způsobu využití pozemku (zpvypo) do tabulky parcel (PAR). V podstatě se jedná o “překopírování” těchto sloupců na základě vazby mezi tabulkami.

## Import analogové či hybridní katastrální mapy

Při importu analogové mapy do ISMO je potřeba uskutečnit tři hlavní kroky:



Obr. 3.: Stěžejní část výsledného datového modelu po importu VF.

- scannování rastrů PK,
- transformace do S-JTSK,
- vektorizace vztažných bodů parcel.

Scannované mapy je nutné uložit ve formátu podporovaném mapovým serverem (většina běžných rastrových formátů).

Před transformací do S-JTSK je třeba vzít v úvahu srážku mapy, která může činit až několik procent. Každý mapový list mění svůj tvar rozdílně a návaznost jednotlivých mapových listů je základní požadavek při transformaci. Deformaci mapy lze popsat pomocí interpolačních ploch určených svým okrajem. Transformace do S-JTSK se provádí z místního souřadnicového systému. Existuje několik metod transformace; pro účely použití v ISMO lze použít projektivní transformaci. Podrobnější informaci o digitalizaci analogových map uvádí Čada (2003).

Vektorizace vztažných bodů parcel se provádí na základě transformovaného rastrového podkladu a definiční body parcel se ukládají přímo do PostGIS.

Při importu hybridní mapy je již podkladová vektorová a rastrová vrstva k dispozici. Je pouze nutné vektorová data importovat z původního vektorového formátu do databáze PostGIS (to lze zajistit standardními funkcemi). Rastry jsou udržovány v souborovém systému serveru ve formě, která umožňuje jejich zpřístupnění klientovi spolu s ostatními daty.

Závěrečná fáze importu je pro analogovou i hybridní mapu stejná. Tvorbou cizích klíčů je třeba zajistit vazbu mezi definičními body parcel a SPI.

### Závěr

Cílem příspěvku bylo vytvořit metodiku pro implementaci prostorového rozhraní informačního systému obce. Příspěvek je součástí projektu tvorby informačního systému, který by mohl být využíván menšími obcemi.

Z hlediska návrhu architektury technologického řešení ISMO lze vybudování prostorového rozhraní označit za stejné pilíř, protože pokud navrhovaná architektura umožní práci s geografickými daty, je dostatečně robustní a funkční i pro práci s libovolným typem atributových dat. Atributové rozhraní je často velmi variabilní a je závislé na způsobu vedení agend v konkrétní obci a v rámci příspěvku není detailně rozebráno.

Řešení postavené na open source softwarových technologiích bylo zvoleno ze dvou důvodů:

- jednotlivé technologie jsou k dispozici zdarma,
- pokud je vybrána vhodná kombinace technologií, je již v dnešní době k dispozici dostatečná dokumentace, a to i v českém jazyce.

Tyto dva fakty způsobují, že instalace jednotlivých technologií a správa výsledného řešení je relativně jednoduchá. Obec si ji může dělat sama a nebo (častěji případ) si najmout firmu, která za přijatelnou cenu řešení navrhne, implementuje a následně provádí kvalifikovanou údržbu systému (viz. popis rolí systému v podkapitole Struktura).

Klíčovou částí prostorového rozhraní je agenda informující obec o stavu nemovitého majetku na jejím území (data katastru nemovitostí), informace o ochranných pásmech (životní prostředí, památková péče, vodní zdroje, atp.), vize rozvoje obce (územní plán, geografická poloha obce). V příspěvku jsou navržené datové zdroje (interní a externí), ze kterých je možné informace získat. V podstatě jsou možné tři cesty práce s podkladovými daty v ISMO:

- Periodický import aktualizovaných dat – použito pro data katastru nemovitostí, pomocí modulu import VF ISKN, případně dalších standardních funkcí navrhovaného řešení.
- Využití některého z formátů internetové mapové služby (nejčastěji WMS či WFS) – požadovaná data se připojí do klienta ISMO přes standardní protokol. Využito pro ostatní data z externích zdrojů.
- Import a následná správa dat přímo v ISMO – lze využít zejména pro postupný převod dat z existujících (převážně atributových) analogových i digitálních datových bází obce.

Autoři se domnívají, že navrhovaný způsob implementace ISMO je dobrou alternativou k již existujícím (většinou komerčním) řešením. Nezastírají ovšem, že zejména v některých fázích přípravy dat (transformací), je třeba využít komerční technologie. Zároveň se ukazuje jako vhodná alternativa neomezování operačního systému pouze na nekomerční variantu (Linux), ale ponechat rozhodnutí o operačním systému (jak na serverovém tak klientském hardware) na konkrétních možnostech a schopnostech uživatelů/administrátorů.

## Reference

1. CENIA. Portál veřejné správy České republiky. [Online](#)<sup>10</sup>
2. ČÚZK a (Český úřad zeměměřický a katastrální). Rastrová data katastrálních map. [Online](#)<sup>11</sup> [Cit. 2006-05-05].
3. ČÚZK b (Český úřad zeměměřický a katastrální). Výstupy dat ISKN ve výmenných formátech. [Online](#)<sup>12</sup> [Cit. 2006-05-03].
4. FASTIE, Will. Understanding Client/Server Computing. In PC Magazine: "Enterprize Computing". Page 229-230. 1999. [Online](#)<sup>13</sup> [Cit. 2006-4-30].
5. NOVOTNÝ, Jiří, ČERBA, Otakar. Informační systém malé obce. Západočeská univerzita v Plzni 2005.
6. OGC 05-008. OpenGIS® Web Services Common Specification. Open Geospatial Consortium. Version: 1.0.0. 2005.
7. OGC 99-049. OpenGIS Simple Features Specification For SQL. Open GIS Consortium, Inc. 1999. [Online](#)<sup>14</sup> [Cit. 2006-05-04].
8. PAGE-JONES, Meilir. VORÁČEK, Karel. Základy objektově orientovaného návrhu v UML. 1. vyd. Praha : 2001. ISBN 80-247-0210-X.
9. The PostgreSQL Global Development Group. PostgreSQL 8.0.7 Documentation. 2005. [Online](#)<sup>15</sup> [Cit. 2006-02-16].
10. SEI (Software Engineering Institute), Carnegie Mellon University. Client/Server Software Architectures: An Overview. 2005. [Online](#)<sup>16</sup> . [Cit. 2006-4-30].
11. SHERMAN, Gary E. Quantum GIS User Guide. 2005. Version 0.7. [Online](#)<sup>17</sup> [Cit. 2006-05-09].
12. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHÚL). Mapový server ÚHÚL. [Online](#)<sup>18</sup> [Cit. 2006-05-09].
13. Vivid Solutions, Inc. JUMP Unified Mapping Platform Data Sheet. 2003. Version 1.0. . [Cit. 2006-03-29].
14. Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad (VGHMÚř). Izgard. [Online](#)<sup>19</sup> [Cit. 2006-05-09].

<sup>10</sup><http://geoportal.cenia.cz/mapmaker/cenia/portal/>

<sup>11</sup>[http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=998&MENUID=0&AKCE=DOC:10-RASTR\\_DATAKM](http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=998&MENUID=0&AKCE=DOC:10-RASTR_DATAKM)

<sup>12</sup>[http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=998&MENUID=0&AKCE=DOC:10-VYSTUPY\\_DAT\\_ISKN\\_VFFORMATY](http://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?PRARESKOD=998&MENUID=0&AKCE=DOC:10-VYSTUPY_DAT_ISKN_VFFORMATY)

<sup>13</sup><http://www.officewizard.com/books/clientserver/ClientServerComputing.htm>

<sup>14</sup><http://www.opengeospatial.org/docs/99-049.pdf>

<sup>15</sup><http://www.postgresql.org/docs/8.0/interactive/index.html>

<sup>16</sup>[http://www.sei.cmu.edu/str/descriptions/clientserver\\_body.html](http://www.sei.cmu.edu/str/descriptions/clientserver_body.html)

<sup>17</sup><http://qgis.org/releases/userguide.pdf>

<sup>18</sup><http://212.158.143.149/index.php>

<sup>19</sup><http://arwen.ceu.cz/website/startovani>

15. Vyhláška o poskytování údajů z katastru nemovitostí České republiky, č.162/2001. [Online<sup>20</sup>](#) [Cit. 2006-05-01].

---

<sup>20</sup><http://www.podnikame.cz/zakony01/index.php3?co=Z2001162>

## Java v Open Source GIS - Geotools, Geoserver, uDig

Ing. Jan Ježek

Department of Mapping and Cartography

Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague

E-mail: jan.jezek@fsv.cvut.cz

**Key words:** Java, GIS, Open Source, uDig, Geotools, Geoserver

### Úvod

Open Source GIS pokrývá většinu oblastí pro správu geografických dat. Open Source GIS produkty lze rozdělit na dvě hlavní skupiny, a to na produkty napsané v jazyce C (C++) a na produkty v jazyce JAVA.

### V jazyce C

V tomto jazyce jsou to především UMN Mapserver, GRASS, Thuban a knihovny GDAL/OGR, PROJ4, GEOS.

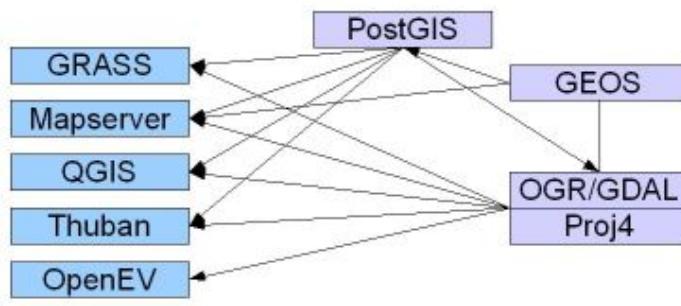
### V jazyce JAVA

V tomto jazyce jsou to GeoServer, uDig, JUMP a knihovny GeoTools, JTS.

Základním stavebním kamenem každého Open Source GIS je možnost připojení k databázi PostGIS/PostgreSQL, které umožňují obě skupiny.

### Projekty v jazyce C

Obecně platí, že projekty v jazyce C jsou mnohem vyzrálejší, a to především díky delšímu časového období jejich vývoje. Základem těchto projektů jsou softwarové knihovny znázorněné na následujícím obrázku. Knihovny lze stáhnout například jako produkt FWTools. (<http://fwtools.maptools.org/>).



FWTools

## Sdílené knihovny

### PROJ4

Knihovna pro práci s kartografickými zobrazeními v jazyce C. Hlavním autorem obou knihoven je Frank Warmerdam.

web site <http://remotesensing.org/proj/>

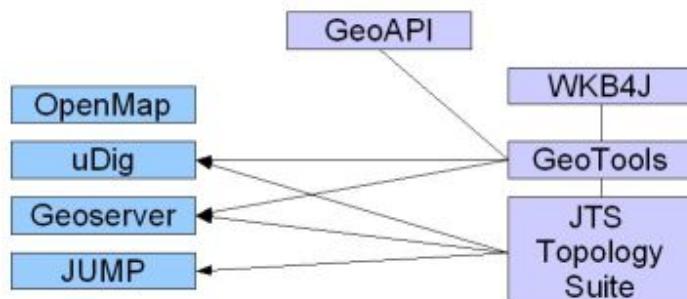
### GEOS

GEOS je "Geometry Engine, Open Source". Jedná se o implementaci jednoduchých prostorových prvků podle OGC specifikace "Simple Features for SQL" a metod pro topologii. Knihovna je vytvořena v C++.

web Site: <http://geos.refractions.net/>

## Projekty v jazyce JAVA

Projekty v jazyce JAVA probíhají vývojem a momentálně proto nemůžou ještě příliš konkurovat těm v jazyce C, a to především kvůli problémům při práci z obsáhlějšími daty. Přesto se zde vyvíjí komplexní řešení všech částí GIS produktů. Existuje několik nezávislých projektů (OpenMap), ale také komplexní řešení na bázi knihoven a jejich implementací do desktop i do server GIS produktů. Schéma vztahů mezi knihovnami a GIS produkty je patrné z následujícího obrázku:



## Sdílené knihovny

### GeoAPI

GeoAPI je skupinou JAVA rozhraní vycházejících z OGC specifikací. GeoAPI definuje návrh objektů a jejich metod pro základní operace z geografickými daty. Cílem GeoAPI je vytvoření standardního systému JAVA rozhraní tak, aby bylo možné propojovat jakékoli nově vytvořené knihovny s těmi stávajícími.

Web Site: <http://geoapi.sourceforge.net/>

### JTS Topology Suite

JTS Topology suite je základní knihovna používaná prakticky ve všech GIS produktech v jazyce JAVA. Tato knihovna představuje obdobu knihovny GEOS v jazyce C tzn. Představuje implementaci OpenGIS "Simple Features Specification". Knihovna obsahuje topologické funkce jako Contains(), Intersects(), Touches() a Coapses().

Web Site: <http://www.jump-project.org/>

### **GeoTools**

Geotools představuje Open Source JAVA GIS toolkit pro vývoj GIS produktů z velkým důrazem na OGC specifikace. Cílem projektu je vývoj JAVA objektů potřebných pro finální GIS produkty (jde o jistou obdobu ARCOBJECTS od firmy ESRI). Velký důraz je kláden především na modularitu celého systému, tak aby uživatel mohl využívat jen ty části, které skutečně potřebuje.

Web Site: <http://docs.codehaus.org/display/GEOTOOLS/Home>

## **Vybrané GIS produkty**

### **GeoServer**

Geoserver je implementací Web Feature Server specification OpenGIS konsorcia založené na jazyce JAVA (J2EE). Aplikace je postavena na knihovně Geotools, což umožňuje oddělenou správu základní logiky. Z technického hlediska se jedná o webovou aplikaci založenou na JSP a servletech fungující pod některým z aplikačních serverů (např. Tomcat). Základní příklad aplikace můžete vidět např. na adrese <http://b9701.fsv.cvut.cz:7080/geoserver/>.

Oproti nejrozšířenější obdobné aplikaci UMN Mapserver vyniká především jednodušší instalací i obsluhou. V současnosti umožňuje serverovat tyto datové formáty:

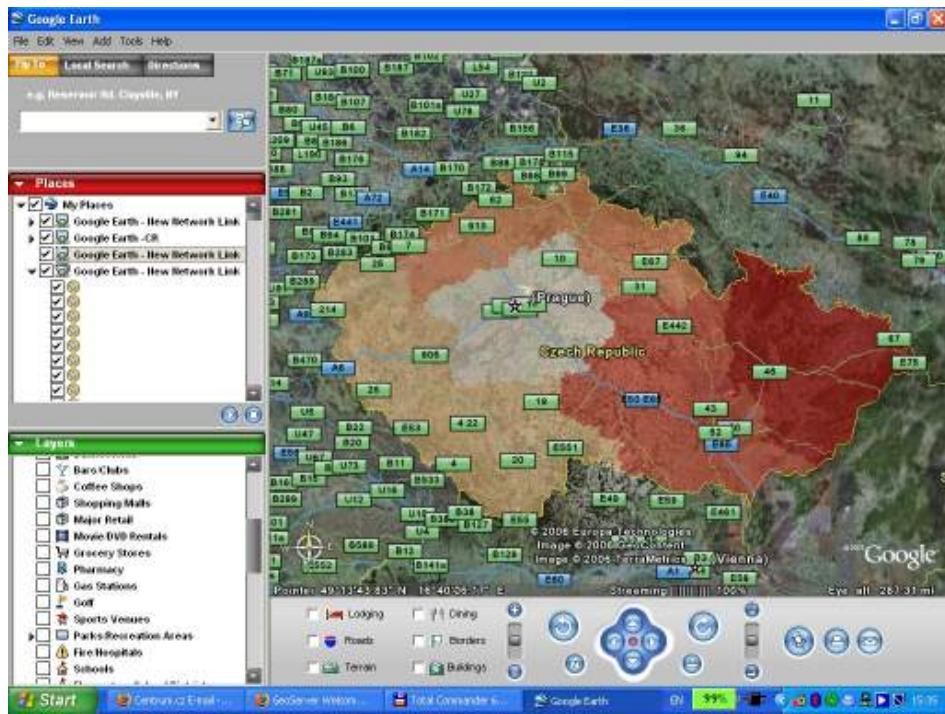
- **Oracle Spatial**
- **ArcSDE**
- **PostGIS**
- **ESRI Shape Files**

Tato data jsou zpřístupněna jako služby WFS, WMS nebo WFS-T (Služba umožňující i editaci dat). Zatím bohužel ještě nebyla implementována podpora serverování rastrových dat, avšak její zakomponování je otázkou příštích měsíců. Zajímavostí je plánovaná podpora služby WCS (Web Coverage Service), která umožňuje serverovat multidimenzionální rastrová data např. rastrová data spolu s informací o nadmořské výšce pixelu (digitální model terénu).

Dalším výhodou oproti konkurenčním produktům je možnost serverovat data ve formátu KML, a tak je zobrazovat v aplikaci Google Earth viz obr.

### **uDig**

Produkt uDig (User-friendly Desktop Internet GIS) představuje desktop GIS produkt. Spolu s aplikacemi Geoserver, GeoTools i PostGIS je i uDig vyvíjen firmou Refractions Research. Je postaven na knihovně GeoTools a na technologii Eclipse Rich Client Platform. V Současnosti uDig poskytuje tuto funkcionalitu:

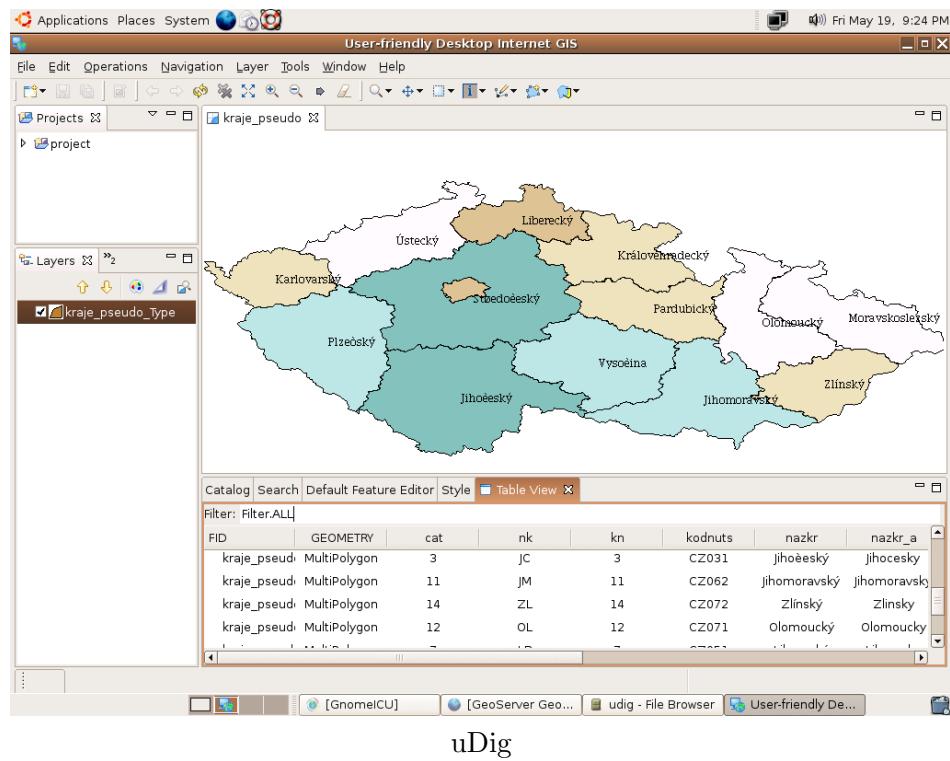


Geoserver + Google Earth

- **WFS client read/write** umožňuje jak prohlížení tak editaci dat poskytovaných prostřednictvím služby WFS a WFS-T.
- **WMS client** umožňuje prohlížení dat zprostředkováných pomocí WMS služby
- **Podporuje Styled Layer Descriptor (SLD)**, umožňuje barevnou tematizaci grafických podkladů (přidělení barvy prvku dle hodnoty jeho atributu)
- **Podpora tiskového výstupu**
- **Podpora standardních GIS formátů**
- **podpora práce se souřadnicovými systémy**
- **Podpora připojení databází**- PostGIS, OracleSpatial, ArcSDE, and MySQL.
- **uDig je nezávislý na platformě** Windows, OS/X, and Linux.

## Závěr

Rozšíření jazyku Java se výrazně odráží i ve vývoji Open Source GIS. Popsaná skupina produktů naznačuje budoucí vývoj v této oblasti. Kladem uvedeného řešení je především veliká modularita a podpora OGC specifikací. Během příštích let bude zajímavé sledovat vývoj těchto produktů, které jsou možnou open source alternativou ke komerčním produktům firmy ESRI. PostGIS jako alternativa ArcSDE, geoserver jako alternativa ARCIMS, uDig jako alternativa ArcMap, GeoTools jako alternativa ArcObjects. Stále se však jedná o produkty ve



vývoji, které se potýkají s řadou problémů, především co se týče rychlosti a práce s obsáhlými daty.

## Reference

1. [Open Geospatial Consortium, Inc](http://www.opengeospatial.org/)<sup>1</sup> - Open Geospatial Consortium, Inc. Home Page [2006-05-10]
2. [Refractions Research](http://www.refractions.net/)<sup>2</sup> - Refractions Research Home Page [2006-05-10]
3. [FWTools](http://fwtools.maptools.org/)<sup>3</sup> - FWTools Home Page [2006-05-10]

---

<sup>1</sup><http://www.opengeospatial.org/>

<sup>2</sup><http://www.refractions.net/>

<sup>3</sup><http://fwtools.maptools.org/>

## Špecifické aspekty spracovania geodetických sietí použitím programu SoNet

Marián Kováč, Ján Hefty

Department theoretical geodesy

Faculty of Civil Engineering, Slovak University of Technology

E-mail: [marijan.kovac@stuba.sk](mailto:marijan.kovac@stuba.sk), [jan.hefty@stuba.sk](mailto:jan.hefty@stuba.sk)

**Kľúčové slová:** geodetické siete, vyrovnanie

### Abstrakt

Článok je zameraný na popis programu na spracovanie geodetických sietí s analyticky definovaným matematickým modelom (observačné rovnice definované v programe v symbolickom tvaru), čo je najvýraznejšia črta, ktorou sa program odlišuje od súčasných programov na spracovanie geodetických sietí.

Univerzálnosť programu demonštrujeme na príklade spracovania viacepochovej geodetickej siete. Spracovanie bolo uskutočnené vo forme prípadových štúdií od elementárnej kombinácie meraní GPS s uvážením kovariančných matíc, až po spoločné spracovanie terestrických observácií a GPS s uvážením časových zmien a transformačných parametrov v spoločnom matematickom modeli.

### Úvod

Jednou zo základných úloh geodézie je budovanie geodetických sietí. Geodetické siete tvoria množinu geodetických bodov, ktoré sú účelne rozložené na zemskom povrchu. Tvoria základ pre štúdium tvaru, rozmerov a tiažového poľa Zeme a sú aj podkladom pre všetky druhy technických a meračských prác.

Význam a úloha geodetických sietí sa s rozvojom geodézie mení a upravuje. Klasický prístup k budovaniu, resp. spracovaniu geodetických sietí sa zameriava na oddelené spracovanie polohových, výškových a tiažových meraní a označuje sa ako dvojrozmerná geodézia. S rozvojom družicových metód, ich dostupnosťou a presnosťou nastáva v geodézii problém, ako tieto merania čo najlepšie využiť a nestratiť informáciu o trojrozmernej polohe bodov. Takisto nastáva problém, ako tieto merania čo najlepšie spojiť s terestrickými a gravimetrickými meraniami. Vzniká potreba zjednotiť dostupné merania v spoločnom matematickom modeli.

Pojem štvorrozmernej geodézie sa používa pre tie geodetické teórie, metódy spracovania a interpretácie, ktoré sa venujú určovaniu priestorovej polohy bodov súčasne s opisom ich zmien v čase.

### Softvérová aplikácia

**Motivácia.** K vytvoreniu softvéru s analyticky definovaným matematickým jadrom nás viedli nasledovné zistenia:

- V geodézi sa v súčasnosti spracovávajú rôzne typy geodetických sietí (terestrické, gravimetrické, GPS, ...) spravidla tak, že na každý typ geodetickej siete, resp. na ich určitú skupinu je potrebný iný program.
- Matematický model na vyrovnanie geodetických sietí (ak predpokladáme vyrovnanie sprostredkujúcich meraní) je v princípe založený na poznaní vzťahu medzi meranými veličinami a neznámymi, ktoré sú viazané funkčným vzťahom nazývaným *observačná rovnica*.

Prezentovaný program je navrhnutý ako modulárny systém, kde základnú aplikáciu je možné rozšíriť o (a) zásuvné moduly a (b) skripty (v jazyku Python). Vstupný údajový formát programu je v jazyku XML [4]. Tento vstupný súbor zahŕňa (a) časť, v ktorej je popísaný matematický model siete, (b) časť obsahujúcu samotné observácie.

### Geodetické observácie

V programe je možné spracovávať nasledovné geodetické observácie (v zátvorke je uvedený príslušný XML element): geocentrické karteziánske súradnice (**coordinate**), resp. ich parametrický vektor, zmeny priestorovej polohy (**velocity**), horizontálny uhol (**angle**), zenitový uhol (**z-angle**), priestorová vzdialenosť (**distance**), prevýšenie (**diffh**). Vo vstupnom súbore sa napr. vodorovný uhol zapíše v tvare (zo stanoviska A):

```
<from name="A">
  <angle to="B" next="C" value="13.4564"/>
</from>
```

Program umožňuje spracovávať viacepochové geodetické siete; jednotlivé epochy sa v programe označujú pojmom **unit**. Každý unit zapízduje observácie združené v časti označenej pojmom **block**. Každný block obsahuje okrem observácií aj im prislúchajúcu kovariančnú maticu. Príklad unitu s jedným blockom, jednou dĺžkou a prislúchajúcou kovariančnou matricou:

```
<unit id="1">
  <block id="1.1">
    <from name="A">
      <distance to="B" value="124.35"/>
    </from>
    <link href="c.cova"/>
  </block>
</unit>
```

### Matematický model

Matematický model je v programe definovaný analyticky. Pri jeho zostavovaní je potrebné uviesť (a) observácie (**observations**), ktoré chceme spracovať, (b) neznáme odhadované parametre (**unknowns**) v symbolickom tvare (vo forme textového reťazca) a (c) observačné rovnice (**equations**) v symbolickom tvare, ktoré viažu observácie s definovanými neznámymi parametrami.

## Výber neznámych parametrov

Pomocou neznámych parametrov je možné v programe definovať neznáme, ktoré chceme z využívania získať. Neznáme parametre sa definujú v elemente `unknown`. Každý element `unknown` obsahuje element `group`, ktorý združuje elementy `point`, pomocou ktorých je definované, ku ktorým bodom je definovaná neznáma vziahanutá. Ak príslušná skupina (element `group`) má definovaný atribút `name`, označuje sa ako pomenovaná skupina, ak ho definovaný nemá, označuje sa príslušná skupina ako anonymná. Význam anonymnej skupiny je v tom, že pre každý bod definovaný v tejto skupine sa vytvorí samostatná neznáma; príkladom anonymnej skupiny môže byť napr. definovanie odhadovaných súradníc, ai. Naopak, pri pomenovanej skupine sa vytvorí jedna neznáma viazaná ku všetkým bodom obsiahnutým v pomenovanej skupine; príkladom pomenovanej skupiny môže byť napr. definovanie transformačných parametrov, ktoré sa viažu k viacerým bodom. Príklad pomenovanej skupiny:

```
<unknowns>
    <unknown type="omega['\\omega',g,63.66197,cc,100,5]":
        psi['\\psi',g,63.66197,cc,100,5]:
        epsilon['\\epsilon',g,63.66197,cc,100,5]>
    <group name="second">
        <point name=".*/>
    </group>
</unknown>
</unknowns>
```

## Observačné rovnice

Definovanie observačných rovníc s neznámymi a observáciami tvorí základnú filozofiu aplikácie. Vo všeobecnej teórii odhadu observačné rovnice zabezpečujú väzbu medzi observáciami, ktoré sú predmetom merania a určovanými neznámymi parametrami, ktoré sú predmetom (cielom) odhadu. Vo všeobecnosti je matematický, resp. deterministický model tvorený práve observačnými rovnicami, ktoré je možné v aplikácii ľubovoľne definovať a modifikovať.

Observačné rovnice sa v programe SoNet zapisujú v *symbolickom* tvaru. V observačných rovniach je možné použiť ľubovoľné matematické operátory a štandardné matematické funkcie. Príklad jednoduchej observačnej rovnice nivelačie je v nasledujúcej ukážke:

$$h\{i,j\} = H\{j\} - H\{i\};$$

kde v zátvorkách sú indexy príslušnej observácie, resp. neznámych odhadovaných parametrov. Okrem observácií a odhadovaných neznámych je možné v observačných rovniach použiť aj ďalšie premenné, ktorými sú metainformácie a parametre elipsoidov načítané z externých súborov.

**Derivácie observačných rovníc.** Program SoNet vykonáva automaticky rozvoj zostavených observačných rovníc do Taylorovho radu, resp. automatické derivovanie týchto observačných rovníc, tzn. linearizácia observačných rovníc je riešená analyticky.

Metainformácie

Metainformácie umožňujú zaradenia určitých číselných hodnôt do spracovania tak, aby sa tieto dali použiť v symbolickom tvare v observačných rovnicach. Číselnými hodnotami reprezentujúcimi metainformácie môžu byť napr. časové značky, hodnoty teploty, tlaku, výšky teodolitov a terčov, ai.

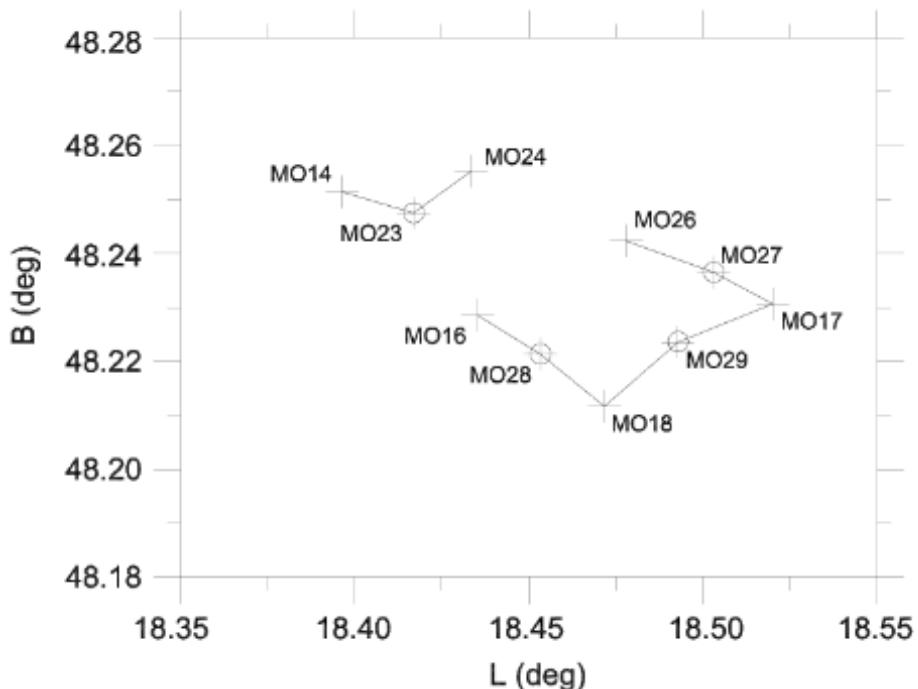
Jednotlivé metainformácie sú obsiahnuté v elemente **meta**. V nasledujúcej ukážke je znázornené použitie týchto atribútov v elemente **meta**:

```
<meta value="2000.0" alias="t0" label="refepoch"/>
<meta value="2001.7" alias="t" label="epocha"/>
```

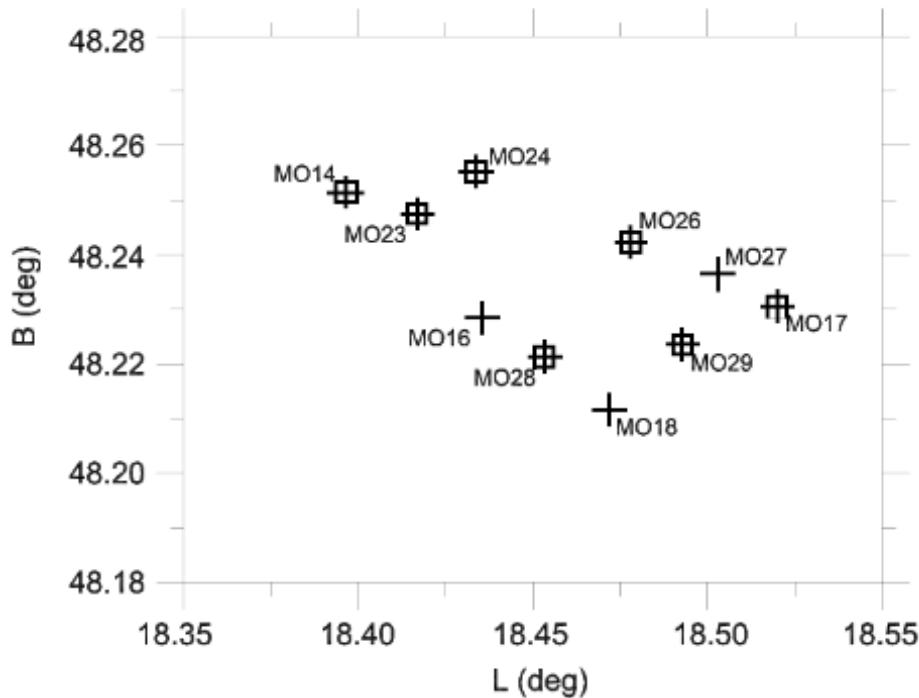
## Príklad

## Siet' jadrovej elektrárne Mochovce

V rokoch 1988 a 1989 sa uskutočnili opakovane merania lokálnej geodetickej siete Mochovce pomocou terestrických geodetických metód (merania dĺžok a vodorovných uhlov). Schématické znázornenie meraných veličín je na obr. 1. V rokoch 2001, 2002, 2003 sa uskutočnili geodetické merania vybranej časti siete Mochovce metódou GPS (obr. 2) [6,7].



Obrázok 1: Terestrické observácie; symbolom  $\circ$  sú označené body, na ktorých bolo vykonané uhlové meranie, symbolom — sú označené merania dĺžok medzi bodmi geodetickej siete.



Obrázok 2: Body merané pomocou GPS, symbolom  $\square$  sú označené body merané aspoň v dvoch kampaniach v období 2001 – 2003.

### Matematický model

Predmetná geodetická sieť bola spracovaná vo viacerých variantoch. Tu je prezentované spoločné spracovanie terestrických meraní a GPS s odhadom súradníc, rýchlosťí a transformačných parametrov je realizované modelom [5] (upravené):

$$\begin{pmatrix} \mathbf{x}^{(t_1)} \\ \mathbf{x}^{(t_2)} \\ \vdots \\ \mathbf{x}^{(t_n)} \\ \mathbf{l}^{(t_1)} \\ \mathbf{l}^{(t_2)} \\ \vdots \\ \mathbf{l}^{(t_n)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{I}^{(t_1)} & \mathbf{D}^{(t_1)} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{I}^{(t_2)} & \mathbf{D}^{(t_2)} & \mathbf{T}^{(t_2)} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{I}^{(t_n)} & \mathbf{D}^{(t_n)} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{T}^{(t_n)} \\ \mathbf{A}_l^{(t_1)} & \mathbf{D}_l^{(t_1)} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{A}_l^{(t_2)} & \mathbf{D}_l^{(t_2)} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}_l^{(t_p)} & \mathbf{D}_l^{(t_p)} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{y} \\ \mathbf{v}_y \\ \boldsymbol{\Theta}^{(t_2)} \\ \vdots \\ \boldsymbol{\Theta}^{(t_n)} \end{pmatrix},$$

s kovariančnou maticou

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \Sigma^{(t_1)} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \Sigma^{(t_m)} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \Sigma_l^{(t_1)} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \Sigma_l^{(t_p)} \end{pmatrix},$$

kde  $\mathbf{I}^{(t_i)}$  je matica väzieb medzi observáciami v  $i$ -tej epochе a odhadovanými súradnicami,  $\mathbf{A}_l^{(t_i)}$  je matica väzieb medzi terestrickými observáciami v  $i$ -tej epochе a odhadovanými geocentrickými karteziánskymi súradnicami,  $\mathbf{D}^{(t_i)}$ ,  $\mathbf{D}_l^{(t_i)}$  je diagonálna matica definujúca väzbu medzi rýchlosťami a pozorovaniami v  $i$ -tej epochе pre GPS a terestrické observácie,  $\mathbf{T}^{(t_i)}$  je matica väzieb medzi observáciami a odhadovanými súradnicami,  $\mathbf{x}^{(t_i)}$  je vektor realizácií v  $i$ -tej epochе,  $\mathbf{l}^{(t_i)}$  sú terestrické observácie v  $i$ -tej epochе,  $\Sigma^{(t_i)}$  je kovariančná matica súradníc určených z GPS v  $i$ -tej epochе,  $\Sigma_l^{(t_i)}$  je kovariančná matica terestrických observácií v  $i$ -tej epochе,  $\mathbf{y}$  sú výsledné súranice vztiahnuté k referenčnému rámcu 1. epochy,  $\mathbf{v}_y$  sú odhadnuté rýchlosťi bodov, a  $\Theta^{(t_i)}$  sú odhadnuté transformačné parametre.

### Matematický model definovaný vo vstupnom súbore programu

Matematická formulácia observačných rovníc pre geocentrické karteziánske súradnice:

$$\begin{aligned} x_i &= x_{0i} + t_x + v_{x_i}(t - t_0) \\ y_i &= y_{0i} + t_y + v_{y_i}(t - t_0) \\ z_i &= z_{0i} + t_z + v_{z_i}(t - t_0) \end{aligned}$$

Zápis týchto rovníc v programe:

```
<equations>
    <eq form="x{i} = X{i} + vX{i}*(t-t0);"/>
    <eq form="y{i} = Y{i} + vY{i}*(t-t0);"/>
    <eq form="z{i} = Z{i} + vZ{i}*(t-t0);"/>
</equations>
```

Matematická formulácia priestorovej dĺžky:

$$\begin{aligned} s_{ij} &= \\ &\quad ((X_j + v_{X_j}(t - t_0) - X_i - v_{X_i}(t - t_0))^2 + \\ &\quad (Y_j + v_{Y_j}(t - t_0) - Y_i - v_{Y_i}(t - t_0))^2 + \\ &\quad (Z_j + v_{Z_j}(t - t_0) - Z_i - v_{Z_i}(t - t_0))^2)^{1/2} \end{aligned}$$

Zápis observačnej rovnice priestorovej dĺžky v programe:

```
<eq form="s{i,j} = sqrt((X{j}+vX{j}*(t-t0) - X{i}- vX{i}*(t-t0))^2 + 
(Y{j}+vY{j}*(t-t0) - Y{i}- vY{i}*(t-t0))^2 + (Z{j}+vZ{j}*(t-t0) - 
Z{i}- vZ{i}*(t-t0))^2)" />
```

```
Z{i} - vZ{i}*(t-t0))^2);"  
/>>
```

Matematická formulácia vodorovného uhla ako rozdiel dvoch smerov:

$$\begin{aligned}\omega_{ijk} = & \arctan \frac{-\sin L_i(\Delta X_{ik} + \Delta v_{X_{ik}}) + \cos L_i(\Delta Y_{ik} + \Delta v_{Y_{ik}})}{-\sin B_i \cos L_i(\Delta X_{ik} + \Delta v_{X_{ik}}) - \sin B_i \sin L_i(\Delta Y_{ik} + \Delta v_{Y_{ik}}) + \cos B_i(\Delta Z_{ik} + \Delta v_{Z_{ik}})} \\ & - \arctan \frac{-\sin L_i(\Delta X_{ij} + \Delta v_{X_{ij}}) + \cos L_i(\Delta Y_{ij} + \Delta v_{Y_{ij}})}{-\sin B_i \cos L_i(\Delta X_{ij} + \Delta v_{X_{ij}}) - \sin B_i \sin L_i(\Delta Y_{ij} + \Delta v_{Y_{ij}}) + \cos B_i(\Delta Z_{ij} + \Delta v_{Z_{ij}})}\end{aligned}$$

Zápis v programe:

```
<eq form="a{i,j,k} = (atan2((-sin(gL(X{i},Y{i},Z{i}))) *  
(X{k}+vX{k}*(t-t0)-X{i}-vX{i})*(t-t0)) +  
cos(gL(X{i},Y{i},Z{i}))) * (Y{k}+vY{k}*(t-t0)-Y{i}-vY{i})*(t-t0)),  
(-sin(gB(X{i},Y{i},Z{i}))) * cos(gL(X{i},Y{i},Z{i}))) *  
(X{k}+vX{k}*(t-t0)-X{i}-vX{i})*(t-t0)) - sin(gB(X{i},Y{i},Z{i}))*  
sin(gL(X{i},Y{i},Z{i}))) * (Y{k}+vY{k} * (t-t0)-Y{i}-vY{i})*(t-t0))  
+ cos(gB(X{i},Y{i},Z{i}))) * (Z{k}+vZ{k} * (t-t0)-Z{i}-vZ{i})*(t-t0))))  
- (atan2((-sin(gL(X{i},Y{i},Z{i}))) * (X{j}+vX{j})*  
(t-t0)-X{i}-vX{i})*(t-t0)) + cos(gL(X{i},Y{i},Z{i}))) *  
(Y{j}+vY{j}*(t-t0)-Y{i}-vY{i}*(t-t0))), (-sin(gB(X{i},Y{i},Z{i})))  
* cos(gL(X{i},Y{i},Z{i}))) * (X{j}+vX{j}*(t-t0)-X{i}-vX{i})*  
(t-t0)) - sin(gB(X{i},Y{i},Z{i}))*sin(gL(X{i},Y{i},Z{i}))) *  
(Y{j}+vY{j} * (t-t0)-Y{i}-vY{i}*(t-t0)) + cos(gB(X{i},Y{i},Z{i})))  
* (Z{j}+vZ{j}*(t-t0)-Z{i}-vZ{i})*(t-t0))));"  
/>
```

## Výsledky spoločného spracovania

Výsledky spoločného riešenia GPS kampaní 2001, 2002, 2003 a terestrických observácií v epochách 1988 a 1989 s odhadom rýchlosťí monitorovaných bodov sú uvedené v tabuľkách 1, 2, 3 a 4.

Bod	X [m]	$\sigma_X$ [mm]	Y [m]	$\sigma_Y$ [mm]	Z [m]	$\sigma_Z$ [mm]
MO17	4036290.7995	4.7	1352165.7295	4.7	4734164.5202	4.7
MO23	4037308.4431	6.1	1344460.8285	5.7	4735535.1812	6.2
MO29	4037479.6022	6.4	1350279.8828	6.4	4733699.0043	6.4
MO24	4036408.9675	4.7	1345437.2847	4.7	4736041.2008	4.7
MO26	4036341.1893	4.7	1348846.0532	4.7	4735080.0009	4.7
MO28	4038676.6499	7.6	1347383.9801	7.6	4733558.2352	7.6

Tabuľka 1 - Odhadnuté geocentrické karteziánske súradnice bodov geodetickej siete Mochovce.

Bod	$v_X$ [m/rok]	$\sigma_{v_X}$ [mm/rok]	$v_Y$ [m/rok]	$\sigma_{v_Y}$ [mm/rok]	$v_Z$ [m/rok]	$\sigma_{v_Z}$ [mm/rok]
MO14	0.0059	5.9	-0.0051	5.2	-0.0053	5.9
MO17	0.0057	5.6	-0.0193	5.6	-0.0075	5.7
MO23	0.0191	7.6	-0.0017	5.8	-0.0043	8.2
MO29	0.0098	9.1	-0.0141	9.1	-0.0079	9.1
MO24	0.0050	5.4	-0.0157	5.4	-0.0043	5.5
MO26	0.0148	5.6	-0.0162	5.6	0.0010	5.6
MO28	0.0106	10.0	-0.0207	9.9	0.0050	10.0

Tabuľka 2 - Odhadnuté rýchlosťi na bodoch geodetickej siete Mochovce.

Bod	B [°]	$\sigma_B$ ["]	L [°]	$\sigma_L$ ["]	H [m]	$\sigma_H$ [mm]
MO17	53.589713	0.0002	20.578845	0.0003	213.2505	6.4
MO23	53.609830	0.0002	20.464701	0.0003	252.8440	6.4
MO24	53.617262	0.0002	20.482827	0.0003	267.6758	4.7
MO26	53.603304	0.0003	20.531516	0.0004	226.3663	7.6
MO28	53.580117	0.0002	20.499716	0.0003	258.4968	5.4
MO29	53.582673	0.0002	20.546452	0.0003	218.3034	4.7

Tabuľka 3 - Elipsoidické súradnice bodov siete na elipsoide WGS-84, na ktorých sa uskutočnili 2, resp. 3 merania GPS.

Bod	$v_n$ [m/rok]	$\sigma_{v_n}$ [mm/rok]	$v_e$ [m/rok]	$\sigma_{v_e}$ [mm/rok]	$v_v$ [m/right]	$\sigma_{v_v}$ [mm/rok]
MO17	-0.0045	6.9	-0.0201	5.2	-0.0061	9.1
MO23	-0.0160	9.10	-0.0076	9.1	0.0085	9.1
MO24	-0.0027	5.6	-0.0164	5.6	-0.0034	5.6
MO26	-0.0060	9.9	-0.0201	9.9	0.0067	10.1
MO28	0.0007	4.9	-0.0229	5.8	0.0060	4.7
MO29	-0.0088	5.4	-0.0165	5.3	-0.0027	5.6

Tabuľka 4 - Odhadnuté rýchlosťi bodov transformované do zložiek v horizontálnej rovine a vo výške.

## Záver

V článku sme sa zamerali na obecný popis univerzálneho softvérového prostredia, orientovaného na modelovanie, analýzu a spracovanie najmä geodetických sietí. Teoretické základy softvéru sú položené do oblasti matematiky, resp. numerickej matematiky, informatiky, geodézie a štatistiky. V aplikácii je možné využiť nielen matematické modely na riešenie geodetických sietí naznačené v tomto článku, ale prakticky ľubovoľné matematické modely využiteľné na vyrovnanie geodetických sietí.

Program umožňuje spracovávať observácie opakovanych meraní (etapových, epochových a permanentných), ako aj kombinácie terestrických meraní s družicovými meraniami. Uplatnenie nachádzajú napr. terestrické merania včlenené do riešenia družicovej siete, kde umožňujú zlepšiť jej geometriu, výskovú zložku a pod.

Variabilnosť programu v definovaní matematických modelov umožňuje ich rýchlu modifikáciu, čo dovoľuje zamerať sa predovšetkým na samotné modelovanie skúmanej geodetickej siete. Táto voľnosť v definícii matematických modelov umožňuje nielen separované spracovanie a analýzu jednorozmerných, dvojrozmerných, trojrozmerných a štvorrozmierných geodetických

sietí, ale aj ich modifikácie ako aj ich vzájomné kombinovanie s využitím globálnej kovariančnej matice. Matematický model, resp. observačné rovnice tvoriace matematický model, sú v programe implementované vo forme rovníc zapísaných v symbolickom tvaru.

Praktickú funkčnosť programu sme demonštrovali na riešení viacepochovej heterogénnej geodetickej siete.

## Referencie

1. Čepek, A.: The GNU Gama project – Adjustment of Geodetic Networks, Acta Polytechnica, Vol. 42, No. 3, 2002.
2. Dobeš, J. et. al.: Presné lokálne geodetické siete. Edícia Výskumného ústavu geodézie a kartografie v Bratislave, Bratislava, 1990.
3. Gerhátová, L. Integrované spracovanie družicových a terestrických meraní – dizertačná práca, Bratislava, 2002.
4. Harold, E. R., Means, W. S.: XML in a Nutshell, 2nd Edition, O'Reilly, 2002.
5. Hefty, J.: Globálny polohový systém v štvorrozmernej geodézii, Bratislava, 2003.
6. Hefty, J.: Monitorovanie recentných pohybov litosféry v lokalite atómovej elektrárne Mochovce pomocou geodetických metód, Správa k úlohe v rámci Zmluvy o dielo 04-085-02, STU Bratislava, 2002.
7. Hefty, J.: Geologické hodnotenie oblasti EMO, Meranie recentných pohybov v lokalite EMO, STU Bratislava, 2004.
8. Charamza, F.: GSO – An Algorithm for Solving Linear Least Squares Problems with Possibly Rank Deficient Matrices, Referát VÚGTK, Praha, 1977.
9. Klobušiak, M.: WIGS – Integrované geodetické siete, transformácie, spájanie, porovnanie, výpočet rýchlosťí bodov a transformácie S-JTSK do xTRSYY [Programový systém WIGS 4.2002], VÚGK & MaKlo, Bratislava, 1995-2002.
10. Kubáčková, L.: Metódy spracovania experimentálnych meraní, Veda, 1990.

## Motivace pro nasazení Free Software GIS ve výuce geoinformatiky

Martin Landa

Department of Mapping and Cartography  
Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague  
E-mail: [martin.landa@fsv.cvut.cz](mailto:martin.landa@fsv.cvut.cz)

### Abstrakt

Cílem tohoto příspěvku je prezentovat využití svobodného softwaru při výuce na studijním oboru Geodézie a kartografie ČVUT v Praze a především motivaci pokračovat v tomto trendu při výuce geoinformatiky a to v souvislosti s novým oborem na ČVUT - Geoinformatikou. Současně jsou v textu nastíněny základní aspekty výuky GIS s důrazem na volně šířitelné nástroje a geoprostorová data. Na závěr jsou zmíněny praktické zkušenosti s nasazením svobodného softwaru na cvičeních k předmětu Zpracování obrazových dat.

### Dosavadní využití GNU nástrojů na studijním oboru Geodézie a kartografie

GNU aplikace (či obecně programy s otevřeným zdrojovým kódem) mají v učebním procesu (viz studijní plán [6]) na oboru G+K (Geodezie a kartografie) poměrně bohatou historii. V tomto ohledu nelze ani v nejmenším opomenout zásluhu prof. Aleše Čepka - bez jeho nasazení by zcela jistě k něčemu podobnému vůbec nedošlo.

V rámci předmětu Informatika 1 se studenti seznamují s operačním systém (OS) GNU/Linux. Je poměrně zajímavé, že se právě zde viditelně profilují nadprůměrní studenti. Tento předmět je nosný pro celou řadu dalších předmětů. Jde především o povinné předměty Informatika 2 a 3, kde se vyučují základy programovaní v jazyce C++. Výuka na cvičeních potom probíhá pod OS GNU/Linux, studenti běžně pracují s textovým editorem [GNU Emacs](#)<sup>1</sup>, kompilátorem [GNU g++](#)<sup>2</sup> a ve výjimečných případech i s debuggerem [GNU gdb](#)<sup>3</sup> (či s [DDD](#)<sup>4</sup>). Dále se využívá programový balík [GNU Octave](#)<sup>5</sup> pro řešení výpočetně náročných úloh v rámci předmětu Vyšší geodézie.

Vedle OS GNU/Linux, sady nástrojů pro programování (textový editor, kompilátor, debugger) a programu GNU Octave primárně určeného pro numerické výpočty se pod hlavičkou předmětu Zpracování obrazových dat [8] využívá [GRASS GIS](#)<sup>6</sup>. V současnosti je to pravděpodobně jediný svobodný GIS software, který se na oboru G+K při výuce používá.

<sup>1</sup><http://www.gnu.org/software/emacs>

<sup>2</sup><http://gcc.gnu.org>

<sup>3</sup><http://www.gnu.org/software/gdb>

<sup>4</sup><http://www.gnu.org/software/ddd>

<sup>5</sup><http://www.gnu.org/software/octave>

<sup>6</sup><http://grass.itc.it>

### Svobodný software jako jeden z pilířů studijního plánu oboru Geoinformatika

V zimním semestru 2006/2007 se otevírá na FSv ČVUT nový bakalářský studijní obor - Geoinformatika. O rok později bude nastartován navazující magisterský studijní obor. O motivaci pro otevření tohoto oboru na ČVUT blíže pojednává [1]. Po bližším prostudování doporučeného studijního plánu [7] je poměrně zřetelná spojitá linie předmětů s důrazem na svobodný software a jeho využití v praxi.

Studijní obor Geoinformatika stojí na pevně definovaných pilířích - teoretické geodézii, katastru nemovitostí a především informatice jako takové. Geoinformatika je totiž především geoprostorově orientovanou informatikou, na výuku informatiky by tak měly být kladené ty nejvyšší požadavky. Při sestavování studijního plánu byl na tento fakt kladen co možná největší důraz.

Omezíme-li se na informatické předměty související s osvětou v oblasti svobodného softwaru - v prvním semestru si studenti osvojí základy práce s OS GNU/Linux, v rámci předmětu Algoritmy a základy numerické matematiky bude využit s největší pravděpodobností programovací jazyk [Python](#)<sup>7</sup>. V druhém semestru se studenti blíže seznámí s architekturou a návrhem databázových systémů s důrazem na relační DBMS, na cvičeních bude primárně využit [PostgreSQL](#)<sup>8</sup>. Studenti tak získají nutný základ pro absolvování navazujících předmětů (GIS druhé a třetí generace, geodatabáze, programování pro DBMS, webové mapové služby, atd.).

Jednou ze základních dovedností absolventa technického oboru by měla být schopnost aplikovat jednoduché programovací techniky (např. skriptování). To bohužel mnohdy neplatí, v případě studenta oboru geoinformatika je neznalost programování zcela zásadní, téměř diskvalifikační. Proto je na programování ve studijních plánech kladen tak velký důraz. Základní programovací aparát studenta oboru Geoinformatika budou tvořit jazyky C++, Java a Python (tj. hybridní objektově orientované programovací jazyky).

Student magisterského oboru si dokonce může zapsat i předmět, který se orientuje čistě na svobodný software v geoinformatice - povinně volitelný Free Software GIS.

### Role svobodného softwaru při výuce GIS

Vedle obecně rozšířených proprietárních systémů hraje Free Software / Open Source Software významnou roli při adaptaci technologie GIS. Poskytuje přístup k technologii uživatelům, kteří si z nejrůznějších důvodů nemohou dovolit používat proprietární systémy. Navíc rozmanitost v přístupu k vývoji softwaru je zásadní pro pokračující inovaci v oblasti geoinformačních technologií.

Model vývoje svobodného softwaru přináší velmi důležitý aspekt - potřebu komunikace a to jak v rámci komunity jako takové, tak i mimo ni - v širším kontextu. Dokladem toho je právě vzniknoucí [nadace pro podporu Open Source GIS](#)<sup>9</sup>.

---

<sup>7</sup><http://www.python.org>

<sup>8</sup><http://www.postgresql.org>

<sup>9</sup><http://www.osgeo.org>

Vedle svobodného softwaru nelze opomenout důležitost volně dostupných geoprostorových dat. Zatímco v U.S.A. je celá škála geodat poskytována zcela zdarma, v Evropě tomu tak není, ba naopak v této oblasti zde existují poměrně značné restrikce. Tento restriktivní přístup neoddiskutovatelně brání dalšímu vývoji a výrazně znesnadňuje dostupnost informací. V Evropě bohužel neexistuje tradice volného sdílení výsledků nejrůznějších projektů a to nejen z oblasti GIS.

Problematika dostupnosti geodat by měla být předmětem veřejné diskuze a to zejména s ohledem na zdroje volně dostupných dat. Vedle možnosti volně používat software stojí potřeba svobodné datové základny. Postupné doplňování výchozího datasetu na cvičeních GIS z dalších (on-line 'public domain') datových zdrojů lze považovat za pozitivní přínos studijního procesu.

Jeden z dalších motivačních aspektů může být zapojení studentů do vývoje softwaru (na nejrůznějších úrovních). Otevírá se tak cesta k řešení nejrůznějších projektů a možnosti prezentovat jejich výsledky samotnými studenty nejen v České republice, ale i v mezinárodním měřítku.

Vedle obecných základů GIS by se měli studenti seznámit jak s proprietárními, tak otevřenými programovými systémy. Svobodný software by měl být podporován a rozšiřován právě na akademické půdě.

### GRASS GIS jako nástroj pro zpracování obrazových dat

GRASS GIS se úspěšně používá od akademického roku 2003/2004 na cvičeních k předmětu Zpracování obrazových dat [8]. Pro jeho nasazení hovořilo hned několik důvodů, zejména licenční problémy s doposud používaným proprietárním softwarem.

Na začátku tohoto akademického roku byla nově spuštěna [GeoWikiCZ](#)<sup>10</sup> - jako nástroj pro prezentaci studijního programu G+K (který v současné době pokrývá dva studijní obory - Geodézii a kartografii a nově i Geoinformatiku). O motivaci a zkušenostech s využití wiki jako nástroje pro skupinovou správu webových stránek s ohledem na akademické prostředí blíže pojednává [3]. Když během minulého zimního semestru vznikaly návody na cvičení k předmětu Zpracování obrazových dat, nebylo pochyb, kam tyto texty umístit - na GeoWikiCZ.

Tématické zaměření bylo v podstatě převzato z předchozích semestrů:

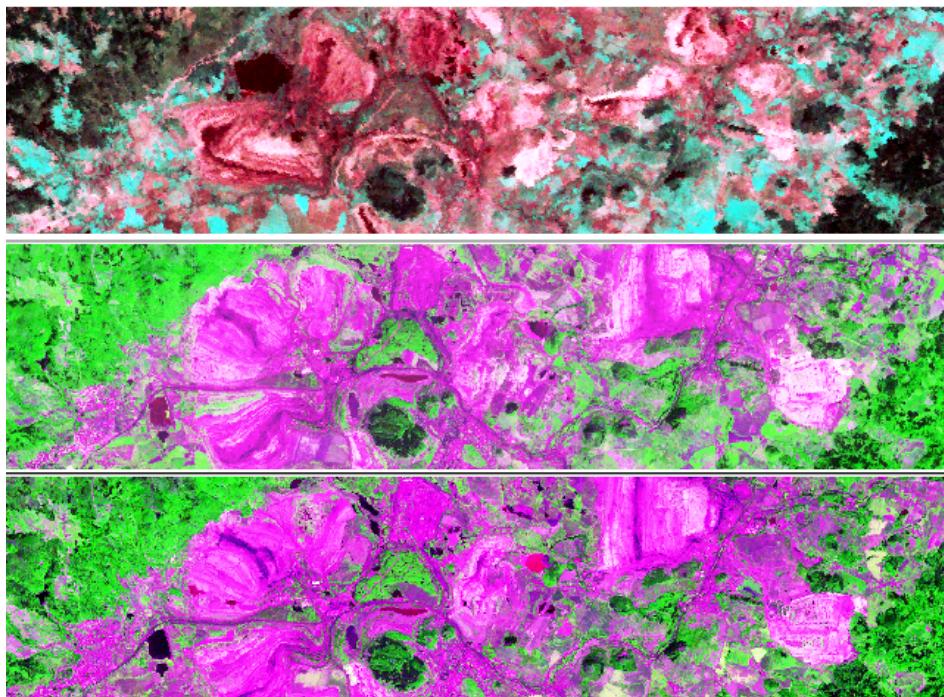
- seznámení s architekturou GISu GRASS, základní terminologie, vizualizace dat
- základní metody zvýraznění obrazu
  - roztažení histogramu
  - barevné syntézy, modely barev RGB a IHS
  - mapová algebra
  - filtrace obrazu
- import/export dat, georeferencování obrazových dat
- Fourierova transformace

---

<sup>10</sup><http://gama.fsv.cvut.cz>

- řízená a neřízená klasifikace obrazových dat

Jako datový podklad byl použit z větší části dataset z minulého akademického roku, doplněný o několik datových vrstev z datasetu [FreeGeodataCZ](#)<sup>11</sup>. Jednou z úloh, kterou studenti řešili, byl import souřadnicově připojených a nepřipojených obrazových dat. Základní družicová scéna pokrývající zájmové území (severozápadní Čechy) LandSat5-TM z roku 1994 tak byla doplněna o snímek z nosiče LandSat7-ETM+ (2004) a LandSat1-MSS (1975), viz obr.1.



Obr č.1: RGB barevná syntéza 243: LandSat MSS (1975), TM (1994), ETM+ (2004)

Příprava učebního textu podobného rozsahu sebou přináší vedle pozitivních i mírně negativní dopady. Studenti jistě ocenili možnost se předem připravit na dané cvičení. Na druhou stranu byla u některých studentů znatelná tendence typu zkopirovat příkaz z webové stránky do příkazové konzole, spustit jej a o nic víc se nestarat. Takových jedinců však byla menšina a i oni dříve nebo později narazili na problém, který byli nuceni řešit.

Bylo potěšující a do jisté míry zcela jistě motivující sledovat zanícení a odborný růst studentů. První kroky v GRASSu, pokažmo v OS GNU/Linux (drtivá většina z nich totiž neabsolvovala Informatiku 1 ve stávající podobě, s OS GNU/Linux se tedy setkali v mnoha případech poprvé v životě) jistě nebyly jednoduché či snadné. Na posledních cvičeních byli téměř všichni schopni pracovat v prostředí GRASSu bez znatelnějších problémů. Ba dokonce někteří ze studentů projevili zájem si nainstalovat GRASS přímo na svém osobním počítači.

Bylo by škoda nezmínit i další fakt. Během výuky se narazilo na řadu softwarově orientovaných problémů či nedostatků a to jak ze strany studentů, tak vyučujícího. Tyto nedostatky pomalu ale jistě autor článku řeší. To lze považovat svým způsobem za přínosné - používáme-li při výuce svobodný software, v podstatě nic nám nebrání nalezené nedostatky či chyby

<sup>11</sup>[http://grass.fsv.cvut.cz/wiki/index.php/Geodata\\_CZ](http://grass.fsv.cvut.cz/wiki/index.php/Geodata_CZ)

odstraňovat a přispět tak ke zkvalitnění celého softwarového projektu.

### Plány do budoucna

Během přípravy na zimní semestr 2006/2007 se počítá s poměrně výrazným rozšířením učebního textu, a to jak s ohledem na GRASS GIS, tak na ostatní programové nástroje z rodiny svobodného softwaru. Půjde pravděpodobně o Open Source Software Image Map<sup>12</sup> (OSSIM) a balík pro statistické výpočty R<sup>13</sup>.

### Závěr

Svobodný software má jistě v učebním procesu na vysokých školách svoje pevné místo. V mnoha případech je možnost studovat zdrojový kód (t.j. detailní znalost jak je daná úloha přesně řešena) velmi potřebná až téměř nezastupitelná.

Výuka geoinformatiky by měla být obecně orientována na standardy a jejich prosazování. Projekty řešené na akademické půdě by měly být v ideálním případě zaměřeny na volně šířitelný software a jeho další zdokonalování. V žádném případě nelze omluvit využití státních dotací v souvislosti s uzavřenými, silně komerčními systémy.

### Reference

1. Leoš Mervart and Aleš Čepek. [Geoinformatics Study at the Czech Technical University in Prague<sup>14</sup>](#). In From Pharaohs to Geoinformatics (FIG Working Week 2005 and GSIDI-8). Fédération Internationale des Géomètres (International Federation of Surveyors), April 16-21, Cairo, Egypt 2005
2. M. Landa. [GRASS jako pomůcka při výuce GIS a DPZ<sup>15</sup>](#). In Konference GIS Ostrava 2005, 23.-26. ledna 2005.
3. J. Pytel and M. Landa. [Možnosti systému wiki při správě informačních zdrojů<sup>16</sup>](#). In Belcom 06, 6.-7. února 2006.
4. J. Niemenen. Teaching Gis The Gnu Way. In Open Source Free Software GIS - GRASS users conference 2002, Trento, Italy, 11-13 September 2002
5. Mitasova Helena, Neteler Markus. [Freedom In Geoinformation Science And Software Development: A Grass Gis Contribution<sup>17</sup>](#). In Open Source Free Software GIS - GRASS users conference 2002, Trento, Italy, 11-13 September 2002

---

<sup>12</sup><http://www.ossim.org>

<sup>13</sup><http://www.r-project.org>

<sup>14</sup><http://geoinformatika.fsv.cvut.cz/2005/ap-2005-mervart-cepek/ap-2005-mervart-cepek.pdf>

<sup>15</sup>[http://gamam.fsv.cvut.cz/cgi-bin/viewcvs.cgi/\\*checkout\\*/publications/2005/gis\\_ostrava\\_05/ref\\_grass\\_go05.pdf?root=cvs\\_landa](http://gamam.fsv.cvut.cz/cgi-bin/viewcvs.cgi/*checkout*/publications/2005/gis_ostrava_05/ref_grass_go05.pdf?root=cvs_landa)

<sup>16</sup>[http://gamam.fsv.cvut.cz/cgi-bin/viewcvs.cgi/\\*checkout\\*/publications/2006/belcom\\_06/pytel-landa\\_wiki.pdf?rev=1.1&root=cvs\\_landa](http://gamam.fsv.cvut.cz/cgi-bin/viewcvs.cgi/*checkout*/publications/2006/belcom_06/pytel-landa_wiki.pdf?rev=1.1&root=cvs_landa)

<sup>17</sup>[http://www.ing.unitn.it/~grass/conferences/GRASS2002/proceedings/proceedings/pdfs/Mitasova\\_Helena\\_3.pdf](http://www.ing.unitn.it/~grass/conferences/GRASS2002/proceedings/proceedings/pdfs/Mitasova_Helena_3.pdf)

6. Doporučený studijní plán oboru Geodézie a kartografie
7. Doporučený studijní plán oboru Geoinformatika
8. Návody na cvičení k předmětu Zpracování obrazových dat

## Správa výukových kurzů v systému Moodle

Petr Soukup

Department of Mapping and Cartography

Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague

E-mail: [soukup@fsv.cvut.cz](mailto:soukup@fsv.cvut.cz)

### Úvod

S výukovým procesem je spojena řada nezbytných administrativních úkonů, které jsou značně časově náročné a zabírají omezenou kapacitu vyučujících. Patří sem činnosti jako evidence studijních aktivit studentů, zadávání a hodnocení úkolů, zadávání a hodnocení testů znalostí studentů, elektronická komunikace se studenty, atd. Současně s rozvojem informačních technologií se prohlubuje trend poskytnout studentům pro studium větší volnost v čase i prostoru. Se všemi těmito aspekty moderní výuky se snaží pomoci programové nástroje označované často zkratkou CMS (Course Management System).

### E-learning a ČVUT

ČVUT sleduje a vyvíjí aktivity v oblasti e-learningu již delší dobu [Navrátil 2006], ale zatím podle mého názoru poněkud hledá jeho optimální využití ve výuce. Počátky konkrétních řešení spadají zhruba do období přelomu tisíciletí a jsou spojeny se systémem WebCT. Bohužel z důvodu rostoucích licenčních poplatků bylo záhy od využívání tohoto systému upuštěno s tím, že jako jeho nástupce byl vybrán systém ClassServer firmy Microsoft. Pro zabezpečení náročných a rozsáhlých potřeb výuky na vysokých školách je však v současné době tento systém podle mého názoru málo vhodný. Přes nákladné snahy o jeho integrování do fakultního informačního systému nedoznal podle mých informací většího praktického rozšíření.

Jako jedna z perspektivních variant dalšího směřování v oblasti e-learningu se jeví možnost používat pro správu výukových kurzů systémy založené na GNU licenci. Jedním z nejznámějších představitelů této kategorie je systém Moodle. V současné době vznikají na ČVUT první výukové kurzy provozované v systému Moodle. Některé z nich jsou dostupné na portálu ČVUT, věnovaném studijním podkladům přístupným po internetu:

<http://ocw.cvut.cz/moodle/>.

### Moodle – charakteristika

Moodle je programový systém spadající do kategorie CMS. Jako takový jednak integruje do jednotného prostředí rozmanité nástroje a formy používané při výuce a jednak podporuje administrativní zabezpečení výuky.

Moodle je softwarový balík určený pro podporu prezenční i distanční výuky prostřednictvím online kurzů dostupných na WWW. Moodle je software volně šířitelný na základě GNU licence s otevřeným PHP kódem. Běží na každém operačním systému, který podporuje PHP (Unix, Linux, Windows, Mac OS X, Netware). Všechna data jsou ukládána v jediné databázi.

## SPRÁVA VÝUKOVÝCH KURZŮ V SYSTÉMU MOODLE

---

Největší podpora je poskytována databázím MySQL a PostgreSQL, nicméně lze použít i jiné databáze (Oracle, Access, Interbase, ODBC atd).

Další informace lze získat na webových stránkách <http://moodle.cz/> nebo <http://moodle.org>, kde se lze také dočíst o původu slova Moodle:

Slovo Moodle bylo původně akronymem pro Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (Modulární objektově orientované dynamické prostředí pro výuku). Lze ho také považovat za sloveso, které popisuje proces líného bloumání od jednoho k druhému, dělání věcí podle svého, hravost, která často vede k pochopení problému a podporuje tvorivost. V tomto smyslu se vztahuje jak k samotnému zrodu Moodlu, tak k přístupu studenta či učitele k výuce v on-line kurzech.

Systém Moodle se úspěšně prosazuje na řadě vysokých školách v ČR. Na Karlově univerzitě se systém Moodle systematicky využívá již několik let a v současné době obsluhuje několik desítek výukových kurzů (<http://div.cuni.cz/>). Také ve světě se začíná Moodle výrazně prosazovat. Britská Open University (<http://www.open.ac.uk/>) se rozhodla vybudovat rozsáhlý systém kurzů s využitím systému Moodle. Inovace vyvinuté v rámci projektu budou dostupné celé komunitě uživatelů tohoto systému.

### Moodle – možnosti

V dalším textu je uveden přehled základních vlastností systému Moodle.

### Role uživatelů

Systém rozlišuje tyto uživatele (typy kont):

- administrátor – je určen během instalace, spravuje systém jako celek, určuje tvůrce kurzů,
- tvůrce kurzu – zakládá kurzy, určuje učitele pro kurzy,
- učitel – edituje kurz a řídí jeho výuku, zapisuje a odhlašuje studenty z kurzu,
- student – studuje kurz, spravuje svůj osobní profil,
- host – student, který může nahlédnout do kurzu, ale nemá možnost zasahovat aktivním způsobem do jeho chodu.

Účastníci výukového kurzu mají v systému Moodle vytvořený účet. Účet si mohou studenti vytvářet sami (je-li to povoleno) nebo jim může (případně musí) účet vytvořit učitel a to buď dávkovým způsobem celé skupině studentů najednou či interaktivně jednotlivcům. Účet je chráněný heslem, které se zadává a ověřuje při každém přihlašování do kurzu. Ověření hesla lze provádět několika mechanismy (včetně lokálně uloženému heslu, proti serverům LDAP, IMAP, POP3, NNTP, případně vůči libovolné externí databázi – je implementována podpora certifikátů SSL a TLS).

Učitel může pro každý kurz stanovit „klíč k zápisu“, aby do něj měli přístup pouze oprávnění studenti. Tento klíč sdělí studentům (osobně, soukromým e-mailem apod.) a ti jej zadají při

## SPRÁVA VÝUKOVÝCH KURZŮ V SYSTÉMU MOODLE

---

prvním přihlášení do kurzu.

### Uspořádání kurzu

Činnost výukového kurzu je poskládána z jednotlivých modulů. Základní moduly jsou:

Studijní materiály – lze využít jakéhokoli materiálu dostupného v elektronické formě (texty, prezentace, Flash, video nebo zvukové soubory ap.). Materiály lze nahrát na server Moodle nebo je odkazovat jako externí zdroje na internetu. V kurzu lze pracovat s webovými aplikacemi a předávat jim data.

Úkoly - lze stanovit termín odevzdání a maximální počet bodů. Výsledkem úkolu může být soubor v libovolném formátu (do zadané velikosti), který studenti uloží na serveru. Odevzdaný soubor je opatřen časem odevzdání. Opožděné odevzdání lze umožnit, je však jasné zvýrazněno případné opožděné odevzdání. Lze navolit, zda již ohodnocenou úlohu lze znova odevzdat – opravit. Informace o ohodnocení úlohy je studentovi automaticky odeslána e-mailem.

Fórum – podporuje komunikaci mezi účastníky kurzu. Jsou k dispozici různé typy fór, např. učitelské, aktuální zprávy z kurzu, veřejné fórum nebo fórum umožňující každému uživateli založit pouze jedno téma diskuse. Nové příspěvky mohou být automaticky rozeslány e-mailem.

Test – pro ověřování znalostí studentů. Existuje několik variant testů. Otázky a odpovědi lze náhodně míchat, lze navolit časové intervaly, kdy lze test spustit, volitelně lze zobrazovat správné odpovědi. Testy mohou obsahovat řadu typů otázek (výběr jedné nebo více odpovědí, krátké tvořené odpovědi, přiřazovací otázky, numerické úlohy včetně tolerance, otázky typu Ano/Ne).

Mezi další užitečné moduly patří např. moduly Chat, Dotazník nebo Workshop.

Výukový kurz může být uspořádán týdenním, tématickým nebo diskusním způsobem. Nástroje kurzu poskytují rozsáhlé možnosti sledování a zaznamenávání činnosti uživatelů. Obsah kurzu lze zálohovat a přenášet na jiné servery se systémem Moodle.

### Moodle a IGS

Na katedře Mapování a kartografie se zabývám výukou předmětu Interaktivní grafické systémy (IGS) [Soukup, Žofka, 2005]. Předmět je rozložen do dvou semestrů. Jeho hlavním cílem je naučit studenty základům práce s grafickými editory, které budou dále využívat v navazujících odborných předmětech. V prvním semestru se studenti seznámí s obecným grafickým systémem MicroStation, druhý semestr je věnován specifickěji zaměřenému systému Kokeš. Oba předměty jsou doplněny navazujícími volitelnými předměty, které prohlubují získané základní znalosti.

Poslední semestr jsme výuku jednoho z těchto předmětů realizovali pomocí systému Moodle. Výuky se zúčastnilo cca 40 studentů. Zkušenosti s využitím systému jsou vesměs pozitivní a proto od příštích semestrů počítáme s jeho nasazením v rámci obou základních předmětů IGS1 i IGS2 (každý z nich navštěvuje přibližně 100 studentů).

## SPRÁVA VÝUKOVÝCH KURZŮ V SYSTÉMU MOODLE

---

Při hodnocení našich praktických zkušeností se systémem Moodle se zaměřím na několik aspektů, které mohou mít obecnější charakter.

### Studentská konta

Pro aktivní práci ve výukovém kurzu musí mít student v systému Moodle založené osobní konto (účet). Jednoduchá generace studentských kont je však nezbytná podmínka pro větší využití systému Moodle ve výuce. Pokud mají názvy kont odpovídat jménům studentů, je potřeba konta předem připravit. Všechny informace potřebné pro zakládání kont jsou přitom již evidovány ve fakultním informačním systému KOS (KOmonuenta Studium) a nemusí se tedy znova zjišťovat či digitalizovat. V současné době však není ještě zcela zautomatizován proces využití těchto informací pro tvorbu kont. Existuje sice převodní program KOSMood [Duben 2006], ale vstupní data, která se generují z databáze systému KOS, se nám nepodařilo zajistit. Použili jsme proto dávkový způsob zakládání kont, který je integrovaný v systému Moodle, a při kterém se všechny potřebné údaje přebírají z připraveného textového souboru v zadaném formátu. Na náš požadavek byl tento typ výstupu doplněn do systému KOS. V současné době je potřeba ještě provést jistou ruční úpravu tohoto výstupu a následně již lze nechat vygenerovat příslušná studentská konta. Tento postup může realizovat každý učitel kurzu systému Moodle, který má přístup do databáze KOS. Je zřejmé, že při větším nasazení systému Moodle ve výuce by bylo potřeba tvorbu studentských kont a zařazování studentů do kurzů ještě více usnadnit.

### Studijní materiály

Studijní materiály tvoří základ každého výukového kurzu. V systému Moodle mohou být v textovém formátu, ve formátu HTML nebo mohou být dostupné ve formě webového odkazu. Studijní materiály v kurzu IGS2 jsme vytvořili ve formátu typu wiki, z něhož jsou soubory automaticky převáděny do formátu HTML. Tvorba takových dokumentů je jednodušší a výsledné texty jsou unifikovanější. Jistou nevýhodou je, že ve světě internetu existuje více formátů typu wiki navzájem se lišících formátovacími možnostmi a použitými značkami. Filosofie wiki dokumentů povoluje jejich veřejnou editaci. Tento princip podporuje volitelně i wiki systému Moodle.

Stávající studijní materiály kurzu IGS2 považujeme za poněkud strohé a chystáme jejich oživení. Vedle běžných prvků jako obrázky nebo ikony uvažujeme o vytvoření sady ozvučených animací, které by názorně zachycovaly obtížnější etapy práce s grafickým systémem. Studium by tak získalo pro studenty poutavější formu, bylo by efektivnější a byla by tak podpořena i určitá forma distanční výuky.

### Oprava úkolů

Během semestru studenti průběžně vypracovávají jednotlivé úkoly a odevzdávají je dohodnutým způsobem ve formě souborů. V případě předmětu IGS1 i IGS2 se jedná o kontrolu zhruba 100 souborů každý týden. Kontrola patří k časově nejnáročnějším a nejméně oblíbeným činnostem spojeným s výukou. Jakákoli pomoc v této oblasti je proto učiteli velmi vítána.

Systém Moodle nabízí některé nástroje, které mohou opravu odevzdaných úkolů zpřehlednit a usnadnit. Ve výuce kurzu IGS2 jsme pro opravy úkolů použili následující pravidla. Pro odevzdání každého úkolu byl stanoven termín a bylo sledováno a případně bodově penalizováno jeho nedodržení. Studenti mohli úkol před vypršením termínu opakovat do té doby, dokud nebyl zkонтrolován a ohodnocen vyučujícím. Poté již úkol nebylo možné opravit. Hodnocení úkolů mohl vyučující doplnit i slovním zdůvodněním. Po ohodnocení úkolu učitelem byl automaticky příslušnému studentovi odeslán o této skutečnosti e-mail s odkazem na stránku s hodnocením. Vedlejší výhodou tohoto způsobu odevzdávání a hodnocení úkolů je, že studenti mají přístup k výsledkům a hodnocení pouze svých vlastních výtvorů (nikoli k výsledkům spolužáků).

Podle našich zkušeností nám systém Moodle velmi usnadnil opravy studentských úkolů. Domnívám se, že u předmětů, ve kterých studenti často odevzdávají výsledky zadaných úkolů v digitální podobě, jsou možnosti systému Moodle v této oblasti jedním z hlavních argumentů pro jeho nasazení ve výuce.

### Testování studentů

Testování znalostí studentů tvoří důležitou součást každé výuky. U počítačově podporovaných kurzů to platí dvojnásob [Soukup 2004].

Systém Moodle umožňuje pracovat s mnoha typy testů, jejichž seznam lze dále rozšiřovat. Na našem pracovišti jsme v minulých letech vyvinuli vlastní programový systém na testování studentů. Systém úspěšně používáme a průběžně zdokonalujeme již několik let. Plánujeme proto implementovat tento testovací modul do prostředí systému Moodle tak, aby se stal jeho integrální součástí, tj. aby např. výsledky testu byly zahrnuty mezi ostatní hodnocení studenta.

### Závěr

Domnívám se, že CMS nástroje mají budoucnost a mohou přispět k zefektivnění výuky. Moodle je svojí koncepcí vhodný kandidát pro nasazení v akademické sféře. Jeho užívání není spojeno s licenčními poplatky a dostupnost zdrojových kódů umožňuje vlastní vývoj jeho dalších rozšíření. V současné době jako jistou komplikaci při jeho větším nasazení v našich podmírkách vidím jeho nedokonalou provázanost s fakultním informačním systémem KOS, což komplikuje automatizaci zakládání studentských kont. Uvedený nedostatek by ale mělo jít vcelku snadno odstranit a pak by mohl systém Moodle nalézt zajímavé uplatnění ve výuce řady předmětů.

Ohledně výuky předmětu Interaktivní grafické systémy uvažujeme o rozšíření a oživení výukových textů o multimediální prvky. Obtížnější postupy práce s grafickými systémy bychom rádi zpracovali do podoby animovaných sekvencí doprovázených mluveným komentářem.

## Literatura

1. Soukup, P. (2004): E-learning and Checking of Study Effectiveness by Testing. In: Proceedings of Conference ICETA 2004: Information and Telecommunications Technologies in Education, Košice, Slovak Republic, 16.9. - 18.9.2004, p. 371-375, ISBN 80-89066-85-2
2. Soukup, P., Žofka, P. (2005): Výuka interaktivních grafických systémů na oboru Geodézie a kartografie Stavební fakulty ČVUT Praha. In: Sborník referátů (CD ROM): 16. kartografická konference Mapa v informační společnosti, Brno, 7.9. - 9.9.2005, str. 209-213. ISBN 80-7231-015-1
3. Duben, S.(2006): Automatizace přihlašování do Moodle. In: sborník konference Belcom - 06 Spolupráce univerzit při efektivní tvorbě a využívání vzdělávacích zdrojů.str. 3-8. CDROM
4. Navrátil, J. (2006): E-learning na ČVUT. In: sborník konference Belcom 06 - Spolupráce univerzit při efektivní tvorbě a využívání vzdělávacích zdrojů.str. 77-80. CDROM

## Interoperabilita v GIS podle specifikací OGC

Radek Sklenička

Department of Mapping and Cartography

Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague

E-mail: radek.sklenicka@fsv.cvut.cz

**Klíčová slova:** Open Geospatial Consortium, Geografické Informační Systémy, Web Processing Service, chaining web services

### Abstrakt

*Trendem v oblasti Geografických informačních systémů je přechod z prostředí desktopových produktů k distribuovaným GIS systémům, založeným převážně na potenciálu webových služeb. V souvislosti s tím se hovoří o tzv. interoperabilitě. Zásadním subjektem, který podporuje interoperabilitu v GIS, je mezinárodní neziskové konsorcium Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC). Konsorcium OGC využívá specifikace aplikačních prostředí a protokolů, které umožňují integraci v rámci aplikací, prostorových dat a služeb pro jejich zpracovávání. Jedním z aktuálně řešených problémů je vývoj modelu GIS, založeném na možnosti řetězení webových GIS služeb.*

### Úvod

Vývoj v oblasti Geografických informačních systémů směruje k přechodu z prostředí desktopových produktů k distribuovaným GIS systémům, založeným převážně na potenciálu webových služeb. V souvislosti s tím se hovoří o tzv. interoperabilitě v GIS. Chápání interoperability přesahuje schopnost integrace nesourodých dat různých datových formátů, jde i o integraci na úrovni programových aplikací, webových i jiných služeb.

Zachovávání interoperability v GIS zajišťuje vývoj standardů a specifikací a jejich používání. Jde jednak o standardizování datových formátů a struktur, ale také o standardy a specifikace pro definice výpočetních postupů, algoritmů, specifikace aplikačních rozhraní, protokolů a samozřejmě také webových služeb.

Jednou z nejdůležitějších organizací zabývajících se standardizací v Geografických informačních technologiích je konsorcium Open Geospatial Consortium, Inc. (zkratka OGC).

OGC konsorcium nabízí specifikace pro GIS, které jsou zveřejněné a volně přístupné na domovských internetových stránkách OGC [1]. Tato otevřenosť není nepodobná myšlence otevřenosti produktů Open Source a Free Software. V současné době si svět Geografických informačních systémů bez OGC specifikací dovede představit jen málokdo. Stejně to platí i Open Source a Free Software produktech.

Článek se zaměří na konsorcium OGC, poohlédne se po specifikacích běžně používaných v praxi, ale také zmíní ty, které se v běžné praxi teprve objeví.

### Open Geospatial Consortium, Inc.

Zásadní vliv na specifikace a standardizaci v GIS má několik konsorcií. Například konsorcium W3C (World Wide Web consortium) [3] se sice přímo standardizací v Geoinformatice nezabývá, ale má pro tento obor velký význam, neboť má zásadní vliv na vývoj interoperability ve webových technologích vůbec. Mezi nejdůležitější subjekty, které se přímo standardizací v Geoinformatice zabývají, patří ISO (International Organization for Standardization), INSPIRE (The INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) a snad nejzásadnější vliv má OGC (Open Geospatial Consortium), viz. [1].

OGC je mezinárodní průmyslové neziskové konsorcium více než 300 obchodních společností, univerzit a vládních organizací, které společně usilují o interoperabilitu v oblasti Geografických informačních systémů a tzv. "Location Base" službách. OGC bylo založeno v roce 1994.

OGC vyvíjí specifikace aplikačních rozhraní a protokolů, které umožňují interoperabilitu v rámci aplikací, prostorových dat a služeb tzv. "geoprocessingu", tak jak je uvedeno v [2], v poznámce o *OGC Specification Program*.

### Vznik OGC specifikací

Vznik OGC specifikací má jasně daný postup, daný směrnicí konsorcia. Předtím, než se řešený problém stane určitou OGC specifikací, projde širokou škálou fází vývoje, diskusí, praktickým testováním. Něž vyjde dokument s oficiálním statutem OGC specifikace, předchází mu dokumenty s označením např. *discussion papers, recommendation papers*.

### V praxi běžně používané OGC specifikace

Pro připomenutí si uvedeme několik běžně používaných OGC specifikací; jde převážně o specifikace webových mapových služeb a dále specifikace datových formátů, definicí stylů a definic základních grafických objektů, které se v GIS vyskytují. Všechny specifikace jsou k dispozici na domovských internetových stránkách OGC, viz. [1].

#### WMS

Snad nejběžněji využívanou specifikací OGC konsorcia je dnes již všudypřítomná specifikace WMS (Web Map Service) webové služby, poskytující mapy v rastrovém formátu. Aby nedošlo k omylu; server se službou WMS neobsahuje pouze rastrová data, ale také vektorová data, často uložená v DBMS. Služba po požadavku klienta na mapový obsah vybere potřebná prostorová data a z těchto pak vygeneruje rastrový obraz a odešle jej.

#### WFS

Naproti tomu služba WFS (Web Feature Service) poskytuje i vektorová prostorová data v datovém formátu **GML** (Geographic Markup Language), který je další specifikací OGC.

Umožňuje tedy na rozdíl od WMS editaci prostorových dat na straně klienta.

#### SLD

SLD (Style Layer Descriptor), jak již název napovídá, definuje možnosti volby stylů poskytovaných datových vrstev, které si uživatel podle potřeby nadefinuje. SLD rozšiřuje možnosti WMS.

### SFS

SFS (Simple Features Specification) určuje způsob definice základních grafických objektů, které se v GIS vyskytují (bodů, linií, polygonů, povrchů ...) a dále potom základní prostorové vazby mezi nimi (průsečík, překrytí, styk, ...). Existují tři implementační specifikace pro rozhraní OLE/COM, CORBA a dotazovací jazyk SQL.

## Z geodetického pohledu zajímavé specifikace

Z geodetického pohledu jsou zajímavé specifikace, které se zabývají otázkou souřadnicových referenčních systémů a transformacemi souřadnic.

### Spatial referencing by coordinates

Tato OGC specifikace zároveň splňuje navrhovaný mezinárodní ISO standard 19111 Geographic information — Spatial referencing by coordinates.

Definuje souřadnicové referenční systémy a operace mezi nimi. Tak jak je známo z geodézie, definuje např. referenční elipsoid, geodetické datum, geoid, geocentrické souřadnice, elipsoidické výšky, atd.

### Coordinate Transformation Services

Implementační OGC specifikace definující aplikační rozhraní pro práci se souřadnicovými systémy a transformacemi mezi souřadnicovými systémy. Existují implementace pro Java třídy a pro rozhraní CORBA a COM. Tato specifikace vlastně ukazuje programátorům, jakým způsobem vyvíjet software pro operace s souřadnicovými systémy. Existující kompletní implementace této specifikace je obsažena v javovské sadě tříd pro vývoj GIS aplikací GeoTools, viz. <http://www.geotools.org/>.

### Web Coordinate Transformation Service (WCTS)

Jde o návrh implementační specifikace (zatím tzv. *discussion paper*) pro webovou službu, která poskytuje transformace mezi souřadnicovými systémy. Dle základní architektury webových služeb OGC konsorcia (OWS), viz. dále, poskytuje služba jednak základní popis nabídky svých možností, jako např. podporované souřadnicové systémy, podporované operace mezi zvolenými souřadnicovými systémy a také umožňuje provést zvolenou transformaci. To vše přes dotazy GetCapabilities, IsTransformable, Transform.

Implementaci WCTS vyvíjí např. známý Open Source vývojář Frank Warmerdam, viz. [4]. Další implementaci WCTS lze nalézt například na adrese <http://geobrain.laits.gmu.edu/cgi-bin/WCTS/wcts>.

### OpenGIS Web Services (OWS) architektura

Ve výše uvedených sekcích byly vypsány některé OGC specifikace webových služeb, které se již běžně v praxi využívají nebo jsou ve fázi testování a vývoje. Mohli bychom jistě připojit i další, například *WCS* (Web Coverage Service) služba se již také běžně využívá. Pro ilustraci uvedeme ještě *WTS* (Web Terrain Service),

*Web3D* (Web 3D Service), *WRS* (Web Registry Server).

Specifikací webových služeb stále přibývá a je vhodné, aby měly nějaký společný definiční rámec. Proto existuje specifikace OpenGIS Web Services Common Specification (OWS), která tento obecný rámec pro webové specifikace definuje. Specifikuje několik aspektů společných pro implementace webových služeb. Jde o rámec určitých daných parametrů a obsahu klientských požadavků (např. *GetCapabilities*) a datových struktur, které služba vrací (*requests and responses*). Nad tento společný rámec definuje implementace konkrétní služby své vlastní parametry a strukturu dat. Pro ilustraci uvedeme požadavek, který vrací souhrnný popis dané služby. Jde o známý dotaz *GetCapabilities*, který lze nalézt v implementacích služeb WMS, WFS, WCS, WPS, WCTS a dalších.

### Web Processing Service (WPS)

Navrhovaná specifikace (zatím tzv. *discussion paper*) webové služby poskytuje přes webové rozhraní přístup k širší škále GIS operací.

Rozšiřuje možnosti od pouhého poskytování a prezentaci prostorových dat, k možnostem jejich zpracování a provádění různých výpočetních úkonů.

Služba je zaměřena na zpracovávání rastrových a vektorových prostorových dat.

WPS nespecifikuje konkrétní úlohu a konkrétní požadovaná vstupní a výstupní data, ale poskytuje obecný mechanismus k popisu široké škály různých výpočetních úkonů, obecný mechanismus pro popis potřebných vstupních a výstupních dat požadovaných klientem služby.

V souladu s architekturou OWS, operuje klient s prostředky služby prostřednictvím následujících tří operací.

#### GetCapabilities

Tato operace vrací popis (v XML dokumentu) služby, výčet dostupných výpočetních procesů a jejich verzí. Dotaz tohoto požadavku vypadá následovně:

`http://server.foo/foo?SERVICE=WPS&REQUEST=GetCapabilities&VERSION=0.2.1`

#### DescribeProcess

Na tento požadavek vrací server detailní popis jednoho či více dostupných procesů, spolu s popisem vstupních a výstupních dat.

Pro ilustraci opět úplný zápis dotazu:

`http://server.foo/foo?SERVICE=WPS&REQUEST=DescribeProcess&VERSION=0.2.1&ProcessName=xxx`

#### Execute

Execute spustí požadovaný proces (výpočetní úkon) a vrátí požadovaná výstupní data.

### Chaining web services

Dalším krokem kupředu je možnost řetězení webových služeb, tzv. "Chaining web services". Snahou je založit webové služby na společných specifikacích a standardech a tak umožnit jejich spojování na úrovni server - server, a dále jejich kaskádování a různé kombinování. Úroveň tohoto spojování klade velký důraz na precizní popis jednotlivých služeb. Do hry přichází jazyky a rozhraní pro popis webových služeb jako je **WSDL** (*Web Service Description Language*) [5], **UDDI** (*Universal Description, Discovery and Integration*) [6].

Hovoří se o ontologii a o semantickém webu vůbec. V případě OGC uved'me příklad navrhované specifikace ve stádiu tzv. *discussion paper*, a to *OWS 2 - Common Architecture: WSDL SOAP UDDI*.

## Závěr

Přechod z prostředí desktopových produktů k distribuovaným GIS systémům využívajících webových služeb jde ruku v ruce s rychlým vývojem webových technologií. Nutností je zachování interoperability, postavené na definování specifikací a standardů a jejich používání. Hlavním subjektem, který se zabývá specifikacemi v oblasti GIS, je konsorcium Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC). Základní architekturu specifikací OGC webových služeb tvoří OpenGIS Web Services Common Specification (OWS), která vytváří společný obecný rámec pro webové služby.

Vyvíjí se specifikace služeb WPS (Web Processing Service), které dále rozšíří možnosti využití funkčnosti GIS v prostředí webu. Do fáze testování vchází technologie řetězení webových GIS služeb.

Model distribuovaných GIS, založený na možnosti různých kombinací webových služeb, umožní uživatelům flexibilně vytvářet vlastní GIS řešení. Tento model je založen na nejnovějších a rychle se vyvíjejících webových technologiích a tak kam půjde vývoj ve kterých určitých případech ukáže teprve čas.

## Reference

1. [Open Geospatial Consortium, Inc.<sup>1</sup>](http://www.opengeospatial.org/) - Open Geospatial Consortium, Inc. Home Page [2006-05-10]
2. Technical Committee Policies and Procedures, document OGC 05-020r4, Open Geospatial Consortium, Inc., 2005, url: [Online<sup>2</sup>](http://www.opengeospatial.org/about/?page=tcpp) [2006-05-10]
3. [W3C - Worl Wide Web consortium<sup>3</sup>](http://www.w3.org/) - W3C - Worl Wide Web consortium Home Page [2006-05-10]

---

<sup>1</sup><http://www.opengeospatial.org/>

<sup>2</sup><http://www.opengeospatial.org/about/?page=tcpp>

<sup>3</sup><http://www.w3.org/>

4. [OGR WCTS Implementation<sup>4</sup>](#) - OGR WCTS Implementation Home Page [2006-05-10]
5. E. Christensen, F. Curbera, G. Meredith, and S. Weerawarana, “Web Services Description Language (WSDL) 1.1”, W3C Note, 2001, url: [Online<sup>5</sup>](#) [2006-05-10]
6. [UDDI Project<sup>6</sup>](#) - UDDI Project Home Page [2006-05-10]

---

<sup>4</sup><http://home.gdal.org/projects/wcts/>

<sup>5</sup><http://www.w3.org/TR/wsdl>

<sup>6</sup><http://www.uddi.org>

## Evropská směrnice INSPIRE

Pavla Tryhubová

Department of Mapping and Cartography  
Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague  
E-mail: pavla.tryhubova@fsv.cvut.cz

### Abstrakt

*Článek byl vytvořen na základě informací ze semináře a workshopu organizovaného sdružením Nemoforum spolu se Společným výzkumným centrem Evropské komise (EC Joint Research Centre - Ispra, Itálie) a CENIA, českou agenturou pro životní prostředí. Tématem semináře a workshopu byla Geoinformační infrastruktura ČR a INSPIRE.*

*Česká republika vstoupila do Evropské unie (EU) spolu s dalšími devíti státy 1. května 2004. Změny na trhu s geodaty uvnitř Evropské unie se dotýkají i České republiky. Hlavním ohniskem těchto změn je iniciativa INSPIRE. INSPIRE by se měla stát evropskou směrnicí v roce 2007. INSPIRE podporuje harmonizaci prostorových formátů dat, dostupnost datových sad a schopnost vyhledat různé datové sady. V první části článku je shrnut poslední vývoj uvnitř iniciativy INSPIRE a v druhé části jsou zveřejněny závěry zmiňovaného semináře a workshopu.*

### Obecně o INSPIRE

INSPIRE byl založen na souboru základních pravidel:

- data by měla být sbírána jednou a držena na té úrovni kde je sbírání dat nejúčinnější;
- mělo by být možné propojit prostorové informace z různých evropských zdrojů a mezi mnoha uživatelů a aplikací;
- mělo by být možné pro informace sebrané na jedné úrovni sdílení do všech ostatních úrovní;
- na všech úrovních by mělo být dostatečné množství geodat a za podmínek, které umožní jejich rozsáhlé použití;
- mělo by být snadné najít, která geodata jsou dostupná, která se hodí pro zvláštní použití a za kterých podmínek je mohu získat a používat;
- geodata by se měla stát snadno pochopitelná a interpretovatelná

INSPIRE je návrhem (COM (2004) 516 finale, 23/7/2004) Evropské komise na směrnici pro založení infrastruktury pro prostorové informace v EU, která podporuje dostupnost, a přístup k prostorovým informacím. [1] Iniciativa chce zajistit vytvoření evropské prostorové informační infrastruktury, která zpřístupní uživatelům integrované prostorové informační služby. Tyto služby by měly dovolit uživatelům najít a zpřístupnit prostorové nebo geografické

informace z pestré škály zdrojů, od místní úrovně ke globální úrovni, interoperabilitní cestou pro celou řadu použití. Uživatelské cíle INSPIRE zahrnují politiky, plánovače a evropské manažery, na národní a místní úrovni a občany a organizace. [2]

Prostorová data hrají důležitou roli při rozhodování vlády, organizací i jednotlivců. Vlády potřebují plánovat politiku pro zemědělství, průmysl, oblastní růst, dopravu a bezpečnost a pak potřebují sledovat postup své strategie a vidět zda nastávají žádoucí výsledky. Mít zmapovanou zemi je důležité pro efektivní vývoj tržního hospodářství. Podobné příklady existují i na evropské úrovni, zvlášť když uvážíme požadavky evropské komise pro politiku plánování a rozhodovací strategie, například navržení dopravní sítě nebo sledování znečištění životního prostředí. Zvládat tyto procesy na evropské úrovni by nebylo možné bez nějaké úrovně harmonizace. Každá země má pro své mapy jiná měřítka, jiné souřadnicové systémy, jiná zobrazení, některé země mají zatím analogové mapy některé mají digitální, každá země má jiné formáty dat, atd. Evropská komise chce dát právní rámec pro vytvoření a fungování prostorové geoinformační infrastruktury. INSPIRE se zpočátku zaměřil na potřeby environmentální politiky ale postupně se rozšiřuje i do jiných sektorů (např. zemědělství, doprava). INSPIRE zamýší vytvořit infrastrukturu uvnitř Evropy, která umožní větší přístup k datům a k používání prostorových dat. Pak by mělo být snadnější najít, která data existují, a každá země bude mít jisté minimální typy dat, ke kterým by uživatelé měli být schopni přistupovat a připojit si požadovanou zájmovou oblast.

Cílem INSPIRE, je odpovědět na všechny sporné otázky - bude existovat jeden webový portál kde najdete data, která existují. Jestliže momentálně tyto data neexistují, členské státy EU budou muset takové datové sady vytvořit. Datové sady budou vyhovovat standardů, které musí zajistit možnost spojení s daty z jiných zemí a z různých měřítek. Výhody pro evropskou komisi jsou zřejmé, ale jsou tu také nesporné výhody pro běžného občana. Pokud stát dovolí větší používání prostorových dat, otevře tak cestu pro tisíce nových žádostí – například díky internetu, by občan mohl kontrolovat využití územního plánování, zapsání vlastnictví nebo nalezení nejbližší banky s použitím mobilního telefonu. Směrnice INSPIRE uvádí požadavky pro tuto infrastrukturu a až se stane realitou, pak tyto požadavky budou předloženy národní legislativě. Proces, který bude trvat několik let, bude řízený evropskou komisí, ale bude harmonizován s pomocí národních oborových organizací pro přípravu a usnadnění cílů INSPIRE.

### Aktuální stav směrnice

Návrh byl vytvářen několik let a je výsledkem práce geoinformačních expertů ze všech členských států. Směrnice je nyní prochází fází spolurozhodovacího procesu. [3] Parlament a Rada ES nedosáhli „prvního čtení“ dohody v červenci 2005, ale na zasedání Rady pro zemědělství a rybářské oblasti, které se konalo v Bruselu 23. ledna 2006 byl přijat společný postoj rady ES a směrnice byla představena na plenární schůzi v únoru 2006. Parlament má ted' 3 měsíce (plus jeden v případě druhého čtení dohody v radě ES) pro vyjádření ke sporným otázkám. To by znamenalo na květnové nebo červnové schůzi, s diskuzí v (parlamentním výboru) v březnu nebo dubnu.

Směrnice INSPIRE by mohla vstoupit v platnost na začátku roku 2007. Zároveň jako spolurozhodující proces se koná příprava dohodnutého Pracovního programu pro zahájení práci před přijetím směrnice. Práce závisí na práci malé základní skupiny v Evropské komisi a na

## **EVROPSKÁ SMĚRNICE INSPIRE**

---

počtu dobrovolných expertů z řad členských států. Tito experti vytvoří sadu implementačních pravidel pro hlavní oblasti iniciativy. Od počátečního návrhu z července 2004 k úplné realizaci směrnice projde INSPIRE třemi fázemi.

Směrnice INSPIRE se rozvíjí a bude realizována v každém členském státu EU, Česká republika, jako všechny členské státy, bude nutena implementovat řadu akcí. [4]

### **Přípravná fáze (2005-2006)**

V tomto stádiu se právě nacházíme. Jak už bylo řečeno INSPIRE nyní prochází spolurozhodující procedurou, Evropská komise spolupracuje s radou a Evropským parlamentem při vytvoření konečného tvaru směrnice. Trvání spolurozhodující procedury je odhadováno na dva roky a po schválení se z návrhu INSPIRE stane směrnice evropského společenství.

INSPIRE bude vyžadovat, aby členské státy realizovaly množství opatření. Česká republika jako členský stát, si musí být vědoma nastávajících závazků a musí rozumět hlediskům zdrojů, časovým rámcům, a spojení na aktuální vývoj NSDI. Část opatření vyžadovaných směrnicí musí být realizováno přímo v členských státech, zatímco jiná vyžadují více detailů, popsaných v "Implementačních pravidlech" (Implementing Rules). V nařízeních pro členské státy je část o tom, že členské státy musí být schopny přizpůsobit se časovému plánu realizace INSPIRE, implementační pravidla musí být samozřejmě dostupná ve správný čas. Nyní je připraveno pět skupin dobrovolníků z členských států pod vedením konsolidačního týmu z JRcentra.

Skupiny:

- Skupina pro návrh metadat
- Skupina pro specifikace dat
- Skupina pro síťové-internetové služby
- Skupina pro sdílení dat a služeb
- Skupina pro monitoring a zpravodajství

Implementační pravidla budou posuzována komunitou zajímající se o prostorová data (Spatial Data Interest Communities - SDIC) a projdou iteračním procesem předtím, než budou dány organizací pověřenou řídit SDI aktivity (Legally Mandated Organisations - LMOs), kde budou ověřena pravidla a okomentován dopad a proveditelnost návrhů. Návrhy pak půjdou do veřejného projednávání, aby zahrnovaly všechny možné investory v přípravné fázi. Členské státy chtějí hlasovat o finální verzi implementačních pravidel na dalším výboru INSPIRE.

### **Fáze transpoziční (2007-2008)**

Po přijetí INSPIRE jako směrnice společenství, členské státy mají období dvou let na přenesení INSPIRE do jejich národní legislativy.

V této chvíli musí mít organizace v členských státech kontakt na Evropskou komisi, je nutné zajistit koordinaci na úrovni evropského společenství, který také zahrnuje kontakt s

komisí. Implementační pravidla, a vytvořené dobrovolnické skupiny budou vypracovávat podrobná opatření, které mají být přijata členskými státy, nebo v některých případech Komisí. Během transpoziční fáze bude zapotřebí přjmout implementační pravidla členskými státy dle časového plánu směrnice INSPIRE. Regulační charakter Implementačních pravidel vyžaduje, aby je Komise předala INSPIRE výboru zástupců členských států, který oficiálně začne s aktivitami na začátku transpoziční fáze (Během tří měsíců od vstoupení v platnost). INSPIRE výbor má jako hlavní úkol pomáhat Komisi a předávat názory na návrh realizace Implementačních pravidel navrhovaných Komisí. Tyto názory se musí odhlasovat. V případě INSPIRE, Komise může přjmout Implementační pravidla, jestliže je většina členských států odsouhlasí. Jestliže je neodsouhlasí, Komise předloží navrhované Implementační pravidla Evropské Radě a informuje Evropský parlament. Vůle rady pak může změnit nepřijetí hlasováním většiny, jestliže se postaví proti návrhu, pověření lidé musí přezkoušet a podat doplněný návrh. Jakmile budou implementační pravidla přijata, členské státy musí zajistit jejich aplikaci podle časového plánu INSPIRE.

### Fáze realizace (2009-2013)

Až bude INSPIRE transponován členskými státy do národní legislativy, jeho požadavky budou realizovány a bude sledováno dodržování časového plánu INSPIRE. Koordinace na úrovni Evropského Společenství a na úrovni členských států bude operační a zpravodajská - zprávy o stavu implementace INSPIRE a dodržování členskými státy musí být podle časového plánu INSPIRE.

### Předpokládaný časový plán

Tabulka shrnuje milníky INSPIRE tak jak je vydal ESTATJRC. [6] Milníky jsou založené na přijetí INSPIRE jako směrnice v 2007, samozřejmě existuje riziko, že tyto milníky nebudou dodrženy:

Popis	Datum
Založení výboru INSPIRE (během 3 měsíců od vstoupení v účinnost)	2007
Přijetí implementačních pravidel pro vytvoření a aktualizaci metadat	2007
Přijetí implementačních pravidel pro síťové služby	
Přijetí implementačních pravidel pro užívání služeb třetími osobami	
Přijetí implementačních pravidel pro monitoring	
Přijetí implementačních pravidel pro přístup a práva pro používání prostorových souborů dat a služeb pro instituce Evropského společenství	
Zpráva o přijetí implementačních pravidel	2008
Přijetí implementačních pravidel pro užívání prostorových datových souborů a služeb třetími osobami	2009
Přijetí implementačních pravidel pro sladění specifikace prostorových dat z přílohy I. a výměnu dat z přílohy I., II a III	2009
Určení zodpovědnosti veřejných úřadů pro prostorové datové soubory a služby	2009

Implementace rámce prostorových datových souborů a služeb veřejnými institucemi	2009
Realizace sledování implementačních pravidel	2009
Metadata dostupná pro prostorová data odpovídající Příloze I. a Příloze II. prostorová data	2010
Sítové služby	2010
První zpráva členských států komisi EU	2011
Nové nebo aktualizované prostorové sady se stanou dostupné dle implementačních pravidel pro sladění specifikace a výměny prostorových dat z Přílohy I. prostorová data	2011
Přijetí implenačních pravidel pro sladění specifikace prostorových dat z Přílohy II a Přílohy III prostorová data	2011
Dostupná metadata z Přílohy III prostorová data	2013
Nové nebo aktualizované prostorové sady se stanou dostupné dle implementačních pravidel pro sladění specifikace a výměny prostorových dat z Přílohy II. A Přílohy III. prostorová data	2013
Druhá zpráva členských států komisi EU	2013

### Seminář a workshop “Geoinformační infrastruktura v ČR a INSPIRE”

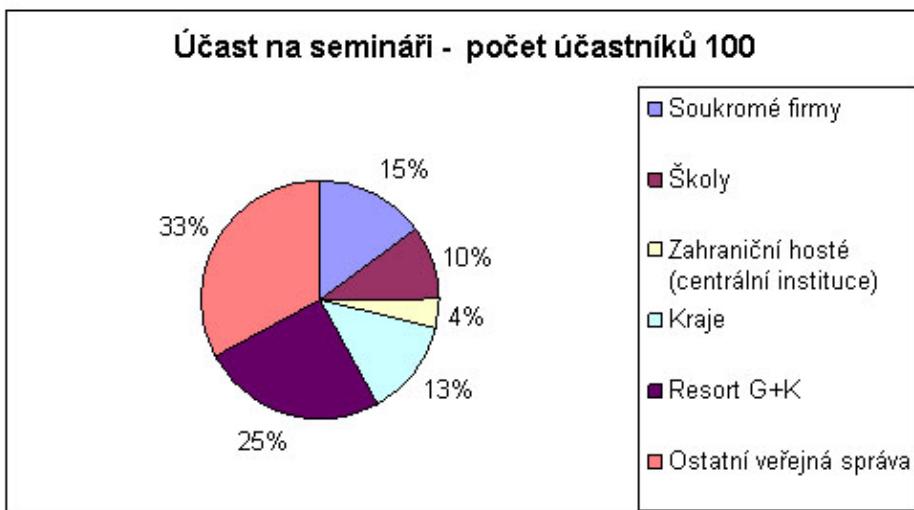
Jaké je v České republice povědomí o směrnici INSPIRE ukázal seminář a workshop věnovaný vzájemným vazbám mezi existující geoinformační infrastrukturou v České republice a záměry připravované evropské směrnice INSPIRE. Seminář a workshop se uskutečnil 14.3 a 15.3. 2006 v konferenčním sálu ČÚZK v Kobylisích.

Vysoká účast na semináři, kde bylo široké spektrum organizací zastoupeno přímo vedoucími pracovníky, potvrzuje zájem o vývoj INSPIRE. Semináře se zúčastnilo 100 účastníků a workshopu 48 účastníků. Zastoupena byla jednak veřejná správa představiteli z ministerstev; dále zástupci krajů; lidé z úřadů; posluchači a učitelé z vysokých škol ale i soukromé firmy.

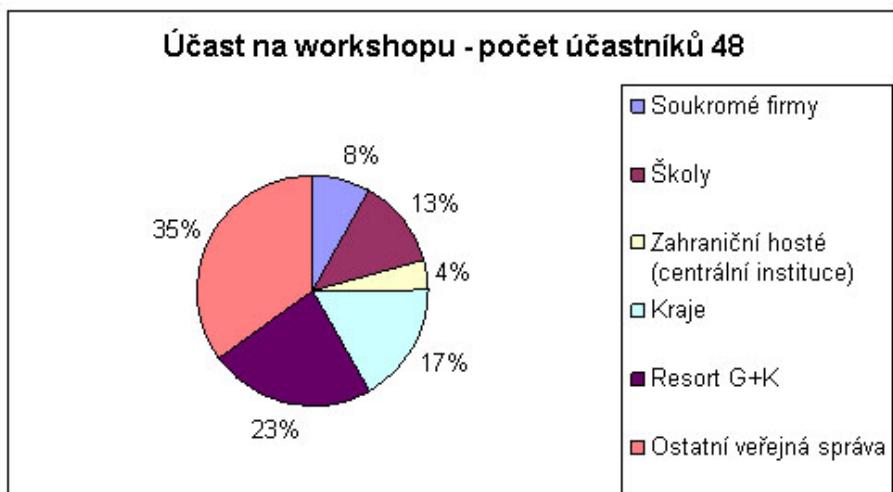
Přednášející byli osloveni sdružením Nemoforum a JRC dodalo osnovu přednášky s předpřipravenými otázkami ohledně INSPIRE a vztahům INSPIRE k organizaci přednášejícího. Všichni účastníci dostali ve svých materiálech k semináři papírový dotazník rovněž s připraveným dotazníkem a otázkami k INSPIRE. Přednášky a závěry s dotazníky byly zpracovány a závěry zveřejněny na stránkách Nemofora. [7]

Je zřejmé, že tématicky nebo územně vymezené geoinformační infrastruktury jsou chápány jako součást širšího národního a evropského kontextu. Směrnice INSPIRE je považována za horizontální rámec, který umožní vybudování národní prostorové informační infrastruktury v rozsahu překračujícím stávající kompetenční aj. bariéry mezi jednotlivými resorty a institucemi.

Řada z prezentovaných příkladů na národní i regionální úrovni již nyní odpovídá principům INSPIRE.



Obrázek 1: Účast na semináři



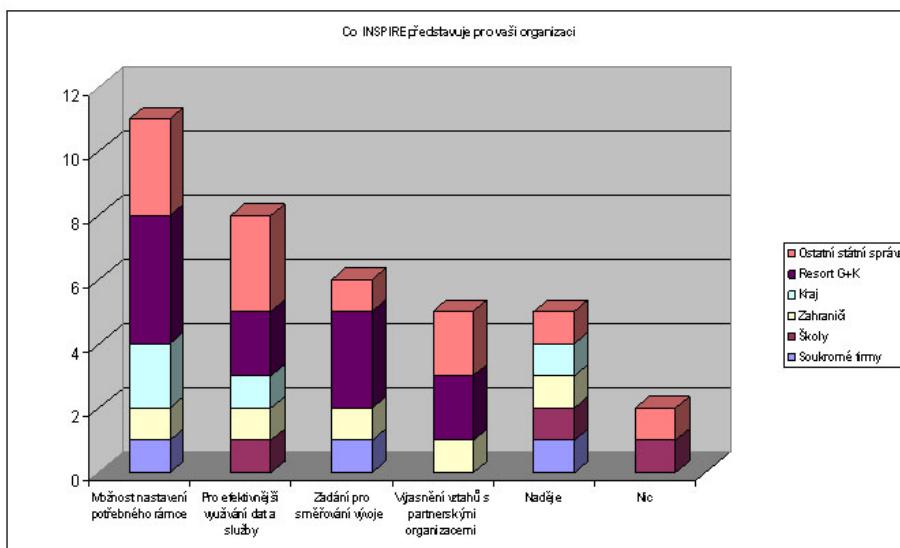
Obrázek 2: Účast na workshopu

Projeveny zájem o aktivní zapojení do příprav INSPIRE je možný uspokojit po třech liniích:

- Zapojením do procesu tvorby technických prováděcích předpisů INSPIRE, který je koordinován EC JRC.
- Cestou vytvoření a registrace nových SDIC a LMO nebo přidružením k takto již zaregistrovaným organizacím (připomínkováním, testováním návrhů, účastí v průzkumu připravenosti v oblasti metadat); viz [www.inspire-jrc.it](http://www.inspire-jrc.it)
- Zapojením do procesu příprav implementace směrnice INSPIRE v ČR.

Česká informační agentura pro životní prostředí (CENIA) předložila k diskusi rámcový implementační plán a doladuje návrh umožňující informované zapojení zainteresovaných institucí a organizací do procesu příprav.

## EVROPSKÁ SMĚRNICE INSPIRE



Obrázek 3: Graf byl vyhotoven z papírových dotazníků



Obrázek 4: Graf byl vyhotoven z prezentací přednášejících

Návrh obsahuje zřízení předimplementační skupiny, implementačního výboru a navrhuje zahájení vyjednání. MŽP a MI oficiálně přizvou další ústřední orgány a zástupce krajů k účasti na vyjednávání směrnice. MŽP vstoupí do Nemofóra, které se tak stane primární diskusní platformou INSPIRE.

Předimplementační skupina bude formálně ustavovena ze zástupců ústředních orgánů, krajů, obcí a profesních sdružení pod vedením MŽP (účel), MI (nadresortnost) a ČÚZK (hlavní poskytovatel).

Výstupem předimplementační skupiny bude návrh pro vládu ČR:

- Identifikace hlavních hráčů (stakeholders)
- Definice strategických cílů

- Rozvoj současných aktivit
- Datová politika ČR
- Legislativní implementace
- Komunikační a diseminační politika INSPIRE
- Definice organizace implementace INSPIRE
- Dokumenty budou veřejně projednávány

Implementační výbor zajistí provedení a bude sledovat průběh a dávat zpětnou vazbu pro kontinuální zlepšování. Ve vazbě na vývoj v EU a zájmy ČR bude dávat podněty vládě ČR k úpravám a doplnění návrhu.

### Závěr

Výsledky a zkušenosti, které vzešly díky pilotnímu českému semináři a workshopu, poslouží jako kvalitní a transparentní základ pro přípravu dalších osvětových akcí v nových členských státech EU a přistupujících zemích.

Z odpovědí na dotazník i debaty vyplynulo množství návrhu, ze strany JRC a CENIA, jak zlepšit informační služby zaměřené na INSPIRE a jak posílit osvětu (JRC, CENIA spolu s profesními organizacemi, vysokými školami).

Náměty pro informační služby:

- mohutnější propagace ve veřejné správě - koncepční semináře, přednášky na konferencích, osvětové letáčky, účasti v různých projektech (Nature regine, projekt modernizace ústřední správy)
- zřízení diskusního fóra na Internetu, zapojení internetových serverů města a obce online, a dalších.

### Literatura

1. <http://inspire.jrc.it/>
2. <http://www.ec-gis.org/inspire>
3. [http://europa.eu.int/comm/codecision/stepbystep/text/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/codecision/stepbystep/text/index_en.htm)
4. [http://inspire.jrc.it/sdic\\_call/rhd040705WP4A\\_v4.5.3\\_final-2.pdf](http://inspire.jrc.it/sdic_call/rhd040705WP4A_v4.5.3_final-2.pdf)
5. Council Decision (1999/468/EC) Official Journal L 184/23, 17.7.1999, "laying down the procedures for the exercise of implementing powers conferred on the Commission".
6. Working Programme Preparatory Phase –  
[http://inspire.jrc.it/sdic\\_call/rhd040705WP4A\\_v4.5.3\\_final.pdf](http://inspire.jrc.it/sdic_call/rhd040705WP4A_v4.5.3_final.pdf)
7. <http://www.cuzk.cz/nemoforum>