

Od tyče k GPS...

[Proměny geodézie a kartografie ve výuce i vědě]

Turistu s mapou v ruce už moc často nepotkáme. Pro určování polohy se dnes běžně používají navigace do auta, na kolo, či v mobilu... Tradiční a široce uplatňované obory Geodézie a kartografie zaznamenaly v posledních letech radikální proměnu.

„Pokud se podívám na současnou geodézi, pak s nadsázkou mohu konstatovat, že obor, který jsem vystudoval před třiceti lety, dnes prakticky neexistuje, resp. změnil se k nepoznání,“ komentuje převratný vývoj svého oboru prof. Ing. Aleš Čepeck, CSc., zástupce pedagogického proděkana Fakulty stavební pro studijní program Geodézie a kartografie.

Zaměřeno na digitální kartografii

Výuka geodézie a kartografie na ČVUT v Praze má tradici od konce 19. století. Tehdy byla výuka motivována zejména nároky na zvýšení přesnosti map pro potřeby evidence katastru. Problematika katastru nemovitostí je vyučována dodnes, širě celého oboru je však mnohem větší. Zvlášť metody sběru a zpracování dat jsou dnes díky novým technologiím a automatizačním procesům na kvalitativně jiné úrovni.

Katedra mapování a kartografie je ve výuce zaměřena na katastr nemovitostí a velkoměřítkové mapování, kartografii, geoinformatické předměty, fotogrammetrii či dálkový průzkum Země. „Prakticky veškerá odborná výuka probíhá v počítačových

➤ Klauďánova mapa z roku 1518. První samostatná mapa Čech, dílo mladoboleslavského lékaře Mikuláše Klauďána (Claudianus), vyobrazuje zemi s opačnou orientací světových stran, než jak se dnes zobrazuje. Digitální reprodukci Klauďánovy mapy Čech (pův. kolořovaný dřevoryt) publikujeme se souhlasem jejího majitele – Biskupství litoměřického.





Dálkově řízený vrtulník – hexakopter dokumentoval fasády zámku v Litomyšli.

učebnách a laboratořích. Bez počítače a perfektního zvládnutí zpracování měřených dat různé povahy dnes absolvent našeho oboru nemůže uspět,“ uvádí Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D.

Výuka kartografických předmětů je zaměřena na metody digitální kartografie (vytváření správných mapových výstupů z kartografického software). „S technologickým rozvojem souvisí i setření hranic mezi jednotlivými obory. Mapy tak dnes v praxi vytvářejí nejenom kartografové, ale i odborníci jiných zaměření, pro které jsou mapy pouze jedním z doplňkových materiálů. Jejich mapové výstupy bohužel často nesplňují základní požadavky na čitelnost a srozumitelnost a jsou tak méně použitelné. Naši absolventi jako kartografičtí experti mohou právě zmíněným odborníkům pomáhat při sběru dat, jejich správě i tvorbě mapových výstupů,“ doplňuje Ing. Cajthaml.

V oblasti kartografického výzkumu se katedra zaměřuje již delší dobu na analýzy starých map. „Tato mnohdy opomíjená díla obsahují řadu cenných informací o naší krajině v minulosti. Cílem výzkumu byly zejména kartometrické analýzy, tedy určování charakteristik přesnosti starých map a parametrů použitých kartografických zobrazení. Kromě těchto výpočtů je druhou velkou kapitolou výzkumu možnost zpřístupnění starých map pomocí internetu. Zvláště v dnešní době, kdy čas hraje velkou roli, je možnost přístupu ke starým mapám téměř kdykoliv a odkudkoliv velmi zajímavá. Pomocí webových mapových služeb jsou zpřístupněné mapy dokonce souřadnicově umístěné a mohou uživatelům sloužit jako podkladové vrstvy pro srovnání se současným stavem krajiny,“ říká Jiří Cajthaml, jenž například vedl bakalářskou práci studentky Anety Pomykaczové: Analýza Klauzyáno-

vy mapy v prostředí GIS (zabývala se mj. převedením této mapy Čech ze 16. století do podoby geografických dat a zkoumala přesnost mapového obrazu).

Více o projektech zaměřených na výzkum starých map:
<http://maps.fsv.cvut.cz/gacr>
<http://maps.fsv.cvut.cz/gacr2>

Nový obor Geoinformatika

Na rozvoj geografických informačních systémů (GIS) reagoval i tradiční studijní program geodézie a kartografie zavedením nového oboru „geoinformatika“. V nových studijních plánech tak existuje společný tříletý bakalářský obor „geodézie, kartografie a geoinformatika“ a dva dvouleté navazující magisterské obory: „geodézie a kartografie“ a „geoinformatika“, kde odborné předměty jsou oproti tradičním geodetickým zaměřeny více na zpracování dat a jejich využití v geografických informačních systémech. „Toto je směr, kterým se pravděpodobně celý obor bude ubírat dále. Potřeba vysokého školního geodeta-měřiče zůstane pravděpodobně ve speciálních oblastech, hlavní důraz v praxi bude kladen na zpracování dat a schopnost integrování nových technologií v rámci automatizace práce,“ míní Ing. Cajthaml.

Celosvětový souřadnicový systém

„Československo bylo čtvrtou zemí na světě, která vyrobila – bylo to na FJFI ČVUT – funkční laser, který umožnil přesné měření vzdáleností mezi pozemní stanicí a družicí. Jejich neustálé zpřesňování umožňuje v současné době realizovat globální celosvětový souřadnicový systém s přesností souřad-

nic na několik jednotek centimetrů,“ říká prof. Ing. Jan Kostecký, DrSc. z Katedry vyšší geodézie Fakulty stavební. „Jako většina oborů lidské činnosti, má i geodézie přesah do blízkých oborů, kterými jsou zejména – pomineme-li v této chvíli informatiku – geofyzika a astronomie,“ přibližuje obor prof. Kostecký, jenž působí i ve Výzkumném ústavu geodetickém, topografickém a kartografickém. „Vlastním, konkrétním úkolem geodézie je pak definice, realizace a udržování národních a globálních souřadnicových systémů, které jsou podkladem pro mapovací práce a „lokalizaci“ v rámci geoinformačních systémů.“

Studium teoretické geodézie

Úkolem modulu teoretické geodézie je dát studentům solidní teoretický základ pro aplikace ve zmíněných oborech. Mezi čtyři základní pozorovací metody kosmické geodézie patří technologie Globálních souřadnicových družicových systémů (GNSS), která má široké uplatnění v oborech navigace a lokalizace, v geodézii je však od této metody vyžadována špičková centimetrová přesnost. Vzhledem k tomu, že pozorování družic systému GNSS z pozemních stanic je významně ovlivňováno stavem atmosféry, je možné řešit i inverzní úlohu a tyto atmosférické parametry naopak určovat. Výsledky této metody jsou celosvětově využívány ke krátkodobé předpovědi počasí, jde o další aplikaci geodézie, tentokrát v meteorologii.

„Dalším úkolem tohoto odvětví geodézie je monitorování tzv. parametrů orientace Země, které zprostředkovávají vztah mezi inerciálním souřadnicovým systémem vázaným na mimogalaktické objekty a systémem terestrickým, vázaným k Zemi. Znalost těchto parametrů, které nelze teoreticky předvídat a které se významně mění v čase, je důležitá nejen v geofyzikálních aplikacích, ale je např. nutným předpokladem pro přesné určování poloh družic navigačních systémů,“ vysvětluje prof. Kostecký.

V minulém desetiletí docházelo k velmi úspěšné spolupráci mezi oborem geodézie a kartografie a Výzkumným ústavem geodetickým, topografickým a kartografickým zvláště při řešení projektů v rámci „Výzkumného centra dynamiky Země“. Centrum, které je společným pracovištěm výzkumného ústavu, Fakulty stavební a dvou ústavů Akademie věd – Astronomického ústavu a Ústavu struktury a mechaniky hornin – bylo finančně dotováno MŠMT v rámci projektu „Centra základního výzkumu“.

3D skenování i teorie chyb

Inženýrská geodézie je část vědního oboru geodézie, která využívá obvyklé i speciální geodetické metody a postupy pro účely průzkumu, projektování, výstavby nebo montáže a při využívání stavebních objektů a technologických zařízení.



Lávka pro pěší v Radotíně [Autor: Ing. Kateřina Turková]

„Vzhledem k technickým účelům, ke kterým jsou výsledky činnosti inženýrské geodézie využívány, se klade vysoký důraz na přesnost prováděného měření a na přesnost určených výsledků. Tyto principy jsou uplatňovány stejným způsobem např. u liniových staveb o délce desítek kilometrů s požadovanou přesností v desítkách kilometrů i vysoce přesných měření pro potřeby strojírenství v rozsahu jednotek metrů s požadovanou přesností výsledku v desetinách až setinách milimetru,“ přibližuje svůj obor doc. Ing. Martin Štroner, Ph.D., vedoucí Katedry speciální geodézie FSv ČVUT.

Inženýrskou geodézi lze rozčlenit do následujících základních oblastí působení:

- tematické mapování ve velkých měřítkách pro technické účely, tj. tvorba účelových map jako např. technická mapa města,

základní mapa závodu, základní mapa dálnice, železniční mapa apod.,

- geodetické práce při zpracování podkladů pro projektování, tj. tvorba mapových podkladů pro projektování, zejména doplňování výskopisu, hodnocení mapových a číselných podkladů, zajištění podkladů pro majetkově právní uspořádání,

- spolupráce při projektování, tj. spolupráce při tvorbě vytyčovacích výkresů, koordinačních výkresů, výškových terénních úprav, podkladů pro geometrické uspořádání koleje apod.,

- součinnost při realizaci stavby, která se týká vytyčování a ověřovacích měření stavby, geodetické práce pro dokumentaci skutečného provedení stavby, které se týkají zaměření dokončené stavby a dokumentace podzemních vedení,

- různá speciální měření posunů a přetvoření stavebních objektů a konstrukcí během stavby a po dokončení, měření ve strojírenství, tj. vytyčování a rektifikace různých rozměrných strojů a zařízení jako např. jeřábových drah, rotačních pecí apod.

„Obtížnost této disciplíny spočívá v tom, že se v ní vyžadují dobré znalosti odborných i přípravných předmětů. Znalost geodézie je samozřejmostí, klade se důraz i na využití aplikované matematiky, teorie chyb a vyrovnávacího počtu, mapování a katastru nemovitostí. Je potřebný alespoň všeobecný přehled základů stavebních oborů – geotechniky, pozemního, dopravního a vodohospodářského stavitelství, betonových, ocelových a dřevěných konstrukcí, ale též strojírenství, popř. dalších oborů, kde inženýrská geodézie nachází uplatnění,“ říká doc. Štroner.

Výuka zeměměřičství v historii ČVUT

Již před rokem 1890 se pro studenty stavebního inženýrství konaly přednášky ze zeměměřičství na České vysoké škole technické, resp. i předtím na pražské polytechnice.

Podobně jako na ostatních technikách v Rakousko-Uhersku vznikl v roce 1890 na této škole všeobecný odbor (později obecné oddělení), do něhož se od 90. let 19. století soustředilo studium několika disciplín, které do té doby nebyly mezi nejdůležitějšími předměty hlavních směrů školy. Sem patřil i dvouletý učební běh pro zeměměřiče s jednou státní zkouškou, jehož zavedení (1896) bylo vyvoláno potřebami státního katastrálního vyměřování.

Po reorganizaci školy vznikla v roce 1921 jako jedna z jejích součástí Vysoká škola speciálních nauk (VŠSN), která převzala učební běh pro zeměměřiče. V roce 1927 bylo namísto dvouletého běhu zřízeno oddělení zeměměřičského inženýrství

a studium prodlouženo na tři roky, jeho absolventi mohli používat stavovské označení inženýr (Ing.).

V roce 1946 bylo studium zeměměřičského inženýrství rozšířeno na čtyři roky. Vládním nařízením z 27. června 1950 pak bylo oddělení zeměměřičského inženýrství VŠSN zrušeno, což se neobešlo bez odezvy odborníků na VŠSN a došlo ke zrušení pouze 1. ročníku studia, ostatní ročníky mohly pokračovat. Od šk. roku 1951/1952 nastoupili do 2. ročníku ti studenti, kteří začali studium na Vysoké škole technické Dr. Edvarda Beneše v Brně. Výuka zeměměřičského inženýrství potom prozatímně běžela na Fakultě inženýrského stavitelství.

V listopadu 1953 byla ze zeměměřičského oddělení Fakulty inženýrského stavitelství zřízena Fakulta zeměměřičská, studium bylo rozšířeno na pět let. V roce 1959 byla Fakulta zeměměřičská sloučena s Fakultou inženýrského stavitelství a po sloučení této fakulty s Fakultou architektury a pozemního stavitelství vznikla v roce 1960 Fakulta stavební, kde probíhá výuka geodézie dodnes. (archiv)

Inženýrská geodézie využívala ve svých začátcích dostupné opto-mechanické geodetické přístroje a další běžné pomůcky. „Přelomem přinášejícím změnu drtivě většiny měřických postupů byla konstrukce elektro-optického dálkoměru v sedmdesátých letech dvacátého století. Vývoj postupoval dále masivním využitím počítačů umožňujících běžně aplikovat sofistikované postupy výpočtů do té doby teoreticky známých, ale prakticky neuskutečnitelných,“ dodává doc. Štroner. „Dalším zásadním krokem byla v osmdesátých letech integrace polního počítače a elektronického dálkoměru do teodolitu – geodetického přístroje na měření úhlů – a vytvoření tzv. totální stanice – univerzálního elektronického teodolitu či elektronického tachymetru. Tento přístroj se záhy stal základním nástrojem praktického zeměměřiče ve všech oblastech, kterým zůstal až do dnešních dnů. Stále je vylepšován, dnes jsou již běžné i cenově dostupné přístroje, které zjednodušeně řečeno měří na signalizovaný cíl samy, provádějí výpočty včetně komplikovaných vyrovnání i přímo

ukazují v terénu vytyčované body pomocí laserové stopy.“

Zásadní změnu do inženýrské geodézie přineslo také masové využití GNSS (Globální navigační satelitní systémy), které v současné době umožňují jednoduché, rychlé a snadné měření s do té doby nevídanou přesností, po krátké inicializaci lze určit polohu bodu ve vodorovné rovině s přesností v řádu centimetrů v reálném čase během několika málo vteřin, a to nezávisle na existujícím bodovém poli do té doby nutném ke geodetické činnosti.

Zatím posledním technologickým převratem, který opět zásadně změnil nahlížení na budoucnost geodézie a inženýrské geodézie je technologie 3D skenování, které zaměřované objekty pokryje pravidelnou sítí měřených bodů a při kancelářských pracích lze poté poměrně snadno pracovat (měřit, počítat, kreslit) pomocí takto získaných dat. V současné době trvá s moderními přístroji tohoto druhu zaměření milionů bodů několik málo minut. Samostatnou kapitolou jsou potom mobilní 3D skenery, osazené

na leteckých prostředcích a automobilech, které snímají okolí za jízdy běžnou rychlostí v běžném prostoru pomocí několika laserových skenerů a kamer, polohu celého prostředku určují pomocí systému GNSS a inerciálních navigačních systémů. Výsledkem je před několika málo lety neuvěřitelné množství údajů pořízených ve velmi krátkém čase.

Katedra speciální geodézie upravuje průběžně učební plány a zařazuje informace o novinkách geodetické techniky. „Vzhledem k omezeným finančním prostředkům bohužel není možné vlastnit všechny přístroje. Přesto jsme rádi, že se nám daří držet krok s možnostmi a všechny typy přístrojů s nejmodernějšími technologiemi můžeme prakticky zařadit do výuky a nabídnout pro zpracování bakalářských, diplomových a doktorských prací,“ uvádí doc. Štroner. Jako jedni z prvních měli na katedře k dispozici geodetický 3D skener, který je od pořízení v roce 2006 využíván jak ve výuce, tak při řešení výzkumných projektů, stejně jako vysoce přesnou automatickou totální stanici.

Geoglyfy i petroglyfy

[Mezinárodní i domácí projekty Laboratoře fotogrammetrie]

Významnou součástí Katedry mapování a kartografie FSv je Laboratoř fotogrammetrie, která je kromě výuky zaměřena na výzkumné projekty v oblasti dokumentace památkových objektů.

Od roku 2004 spolupracuje s HTW Dresden, např. na společných expedicích (2004, 2008 a 2010) do Peru, do oblasti Nasca a Pal-



Geoglyf Opice [Foto: prof. Karel Pavelka]



V Peru byly zkoumány i petroglyfy

pa, které jsou proslulé světově unikátními geoglyfy (obrazy či geometrické útvary, které vyniknou až při pohledu z výšky). Při expedicích probíhalo geodetické měření, fotogrammetrická dokumentace lokálních i známých historických objektů, významné práce s družicovými snímky, které jsou mnohdy jediným spolehlivým podkladem i vlastní měření v poušti, kde se geoglyfy nacházejí (viz <http://maps.fsv.cvut.cz/nasca>).

Laboratoř je zaměřena na dokumentaci památkových objektů a spolupracuje s archeology. Využívá k tomu nejnovější přístroje, které se podařilo obstarat většinou z projek-

tů a grantů. „Pro podzemní mapovací práce využíváme americký georadar SIR3000 a kanadský magnetometr/radiometr GEM. Oba přístroje jsou ideální pro neinvazní podzemní průzkum,“ říká prof. Dr. Ing. Karel Pavelka. „Ve spolupráci s Východočeským muzeem v Pardubicích bylo vytvořeno několik diplomových prací i menších projektů, kde se výhody této geofyzikální metody pro mapovací práce potvrdily.“

web Katedry mapování a kartografie
<http://geo.fsv.cvut.cz/gwiki/K153>