

Geoinformatika při archeologickém výzkumu v Egyptě

Česká egyptologie provádí rozsáhlý archeologický výzkum na koncesi v Abúsíru a od roku 2003 i v egyptské západní poušti, oáze Baharíja – El-Hajéz. Již od počátku archeologických výzkumů se stálými členy expedic stali geodeti, kteří dokumentovali a mapovali odkryté archeologické objekty. S rozvojem nových metod a technologií se v posledních letech začala při výzkumech aplikovat geoinformatika. Příspěvek shrnuje nejdůležitější cíle, metody a první výsledky dosažené od roku 2001.

Česká archeologická koncese v Abúsíru

Přibližně 30 km jižně od Káhiry se nachází území české archeologické koncese – Abúsír. Lokalita je situovaná na západním břehu Nilu, v místě přechodu plošiny Západní pouště do úrodné nilské nivy. Zde byla vybudována místa posledního odpočinku – pyramidové komplexy – nejméně čtyř panovníků 5. dynastie. Kolem nich postupně vznikaly rozsáhlé nekropole členů jejich rodin a úředníků tehdejšího staroegyptského státu. Koncesi lze rozdělit na tři základní části, v nichž probíhá archeologický výzkum, a to: abúsírské pyramidové pole, šachtové hroby ležící v západní části koncese a oblast jižního Abúsíru, která navazuje na území severní Sakkáry. Na pyramidovém poli probíhaly výzkumy již v 19. stol., a teprve v 90. letech minulého století se výzkum rozšířil i na oblast šachtových hrobek a do jižního Abúsíru.

Historie geodetických prací

Spolupráce geodetů a egyptologů má již více než čtyřicetiletou tradici. Začala v roce 1962 při záchranných výzkumech v Núbii a poté pokračovala v oblasti československé (dnes české) koncese v Abúsíru. Geodetické práce probíhaly do roku 2001 vždy v pravidelných několikaletých intervalech. Zahrnovaly zejména budování a údržbu bodového pole v místním souřadnicovém systému, polohopisné zaměřování odkrytých archeologických objektů a struktur včetně postupného polohopisného a výškopisného zaměření území Abúsíru. Výsledkem je výškopisný plán v měřítku 1 : 2 000 se základním intervalem vrstevnic 1 metr. Součástí geodetických prací bylo i využití pozemní foto-

grammetrie při výzkumu v Núbii a při zaměřování komplexu mastaby Ptahšepsese.

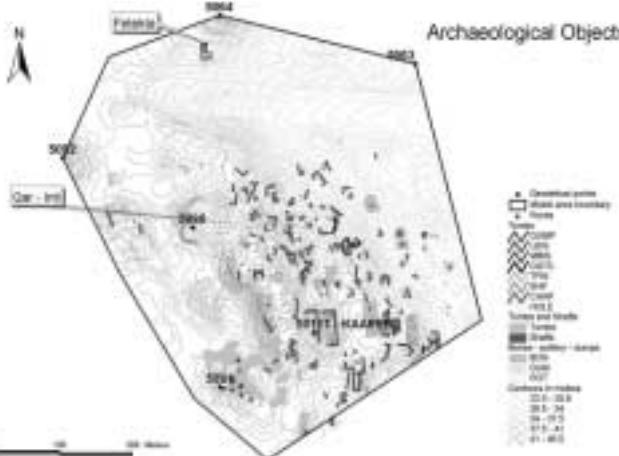
Archeologie a geoinformatika

Rozvoj geoinformačních technologií vstupuje v posledním desetiletí rovněž do jinak celkem tradiční a konzervativní archeologie. Spolu s osvědčenými geodetickými metodami jsou využívány nové přístupy jako například digitální kartografie, geografické informační systémy (GIS), počítačové 3D modelování, metody dálkového průzkumu Země (DPZ) a použití satelitních přijímačů GPS k určení polohy topografických a archeologických objektů na zemském povrchu. Logické je doplnění výše uvedeného výčtu o využití internetových technologií (mapové servery).

V prostředí české archeologie je třeba připomenout aplikace GIS a metod DPZ při výzkumech Archeologického ústavu AV ČR v Praze (ArÚ AV ČR) a také aktivity na akademické půdě (FF MU Brno, FF ZČU Plzeň, FF UK Praha), kde se archeologické obory studují.

Autor spolupracoval od 90. let především s Expoziturou ArÚ AV ČR, později s Ústavem archeologické památkové péče SZ Čech v Mostě, kde mezi hlavní výsledky patří převod databáze lokalit nálezů ze severozápadních Čech do prostředí GIS v rámci grantu MK ČR a nasazení nových metod geodetického zaměřování při záchranných archeologických výzkumech. V roce 2000 začala spolupráce s Českým egyptologickým ústavem FF UK Praha (ČEGÚ), resp. se vzniklým Českým národním egyptologickým centrem (ČNEC).

Zkušenosti z několikaleté spolupráce s archeology v českém prostředí s sebou přinesly potřebu koncipovat plán, jakým způsobem přistoupit ke zkoumání archeologických lokalit v Egyptě jako celku tak, aby bylo možno zdokumentovat hlavní povrchové rysy lokality předtím, než zaniknou vlivem archeologické činnosti. Další imanentní potřebou byl sběr dat takové povahy, která by umožnila ekonomické a maximálně efektivní zaměření archeologických výzkumů v budoucnosti.



Obr. 1 – Mapa vrstevnic a archeologických objektů v jižním Abúsíru

Postupně byl vypracován plán povrchového průzkumu lokality včetně podrobného geodetického zaměření objektů a struktur, tvorby detailního vrstevnicového plánu, zhotovení fotogramů (fotografické dokumentování jednotlivých archeologických objektů pomocí tzv. švédské věže), geofyzikálního průzkumu, nasazení metod DPZ a definování struktury GIS. To vše v kombinaci s probíhajícími archeologickými pracemi.

Tyto metody nebyly vybírány náhodně, pokaždé šlo o to, aby byly schopny přispívat k analýze odpovědí na otázky, které

byly stanoveny jako dlouhodobé cíle projektu. Z nich lze v tomto kontextu jmenovat např.:

- jakým způsobem se pohřebiště vyvíjelo v čase,
- jaké bylo prostorové členění pohřebiště v závislosti na čase a sociálním postavení staroegyptských hodnostářů zde pohřbených,
- jak souvisí pohřebiště v jižním Abúsíru s obdobnými pohřebišti v Abúsíru a Sakkáře (co se týče časového a zejména prostorového vývoje),
- vazba archeologického výzkumu k současnosti – přílehlým intravilánům, činnosti člověka na okraji pouště.



Obr. 2 – Fotograf vstupu do Hetepiho mastaby, značky – vlíčovací body

Úkoly geoinformatiky v egyptologické praxi

Geodézie a kartografie

Od podzimní expedice roku 2001 se geodetická činnost výrazně rozšířila a zefektivnila využitím nových přístrojů a postupů. Výsledky geodetických prací jsou základní datovou bází pro další oblasti geoinformatiky – GIS, DPZ, kartografii, 3D modelování a prostorové vizualizace. Pro geodetické práce byla pořízena sestava složená z laserového elektronického dálkoměru (totální stanice) LEICA TCR 307 a příslušenství. Jedná se o 7" dálkoměr, který umožňuje do vzdálenosti 80 m měření bez použití odrazného hranolu. Tato vlastnost byla využita především při zaměřování nepřístupných míst a při pracích v interiérech hrodek a v podzemí. Totální stanice má ve svém vybavení základní geodetický software, který při klasických geodetických postupech (tachymetrická měření, rajon atd.) okamžitě určuje prosto-

rové souřadnice měřených bodů včetně příslušných definovaných atributů. Databáze souřadnic je poté importována do prostředí GIS. Pro tvorbu archeologických map a plánů je přesnost stanice dostačující. Při zaměřování zvláště nepřístupných prostor je používán ruční laserový dálkoměr Disto. V prostředí GIS se vytváří základní geodatabáze a kartografické výstupy.

Geografický informační systém

Projekt GIS Abúsír je realizován v prostředí programu ArcView 3.2 firmy ESRI. Jde o uživatelsky jednoduchý program, který obsahuje i základní extenze – ArcView Spatial Analyst, ArcView 3D Analyst a ArcView Image Analysis. Do prostředí tohoto programu jsou importována data z geodetického měření a zde dále zpracovávána, uložena do datové struktury a připravena pro analytické a syntetické úlohy.

V letošním roce bude dokončena archeologická mapa Abúsíru, která obsahuje základní polohopis a výškopis včetně zaměřených archeologických objektů. V jižní části koncese byl vytvořen podrobný 3D model terénu a databáze identifikovaných archeologických



Obr. 3 – Pyramidové pole v Abúsíru – základní barevná syntéza po převzorkování (zjmenění pixelu na 0,6 x 0,6m) multispektrálních dat pomocí detailnějšího panchromatického snímku (zachována původní čitelnost detailu ve světle a stínu, dobrá pro interpretaci pouště – její přirozené struktury a objekty proti tmavým sídlům a vegetaci mimo poušť). Spolupráce: Jiří Žaloudík.

struktur – objektů. Samotný povrchový průzkum byl prováděn postupnou subjektivní rekognoskací terénu, při které probíhala interpretace – identifikace objektů. Každý identifikovaný objekt byl geodeticky zaměřen ve formě bodové, liniové nebo plošné – polygonové. Vedle geodetického zaměření proběhla fotografická dokumentace objektu a zápis dalších charakteristických informací, které se staly součástí databáze GIS.

V průběhu průzkumu byla identifikována a zaznamenána celá řada archeologických informací a objektů. Jednalo se nejen o půdorysy a zdva hrodek (z vápence, cihel z nilského bahna nebo z tafly), ale i o výsypky, koncentrace keramiky, lidských a zvířecích kostí, čocky váteho písku a izolované artefakty (např. koncentrace zlomků kamenných

nádob). Celkem tak bylo zdokumentováno na 150 objektů s různou výpovědní hodnotou. Například půdorysy hrodek s liniemi kaplí a odhadovanou velikostí zastavěného půdorysu v kombinaci s již odkrytými objekty umožňují predikci vývoje pohřebiště v čase, a to zejména na základě typologických změn v architektuře hrodek během 3. – 6. dynastie (cca 2700 – 2200 př. n. l.). Výsypky a akumulace keramiky zase označují



Abúsírské pyramidy od východu

místa, kde zřejmě probíhala intenzivní zlodějská činnost. V některých případech máme doloženy výsypky, ale samotné archeologické objekty nejsou zřetelné, výsypka se tak stává nepřímým dokladem existence povrchově bezpříznakového objektu.

Výsledná sestava tematických vrstev archeologických objektů byla importována

Výzkum hrodek v oáze El-Hajéz



do databáze GIS a jedním z výstupů je i lokalizace archeologických objektů na 3D modelu terénu (obr. 1).

Poušť a oáza ze satelitu

Ve výřtu metod má své místo i dálkový průzkum Země. Unikátní úhel pohledu, který data DPZ poskytují, pomáhá již několik desetiletí archeologům na celém světě, hovoříme o tzv. nedestruktivní archeologii. V egyptologii se využívají především satelitní záznamy vysokého stupně rozlišení z důvodu obtížné dostupnosti leteckých snímků.

Snímky ukazují vzájemné vztahy a souvislosti mezi současnými a archeologickými objekty, jsou přínosem pro predikci objemu záchranných výzkumů, jejich topografickou lokalizaci a poznání struktury území s archeologickými objekty. Interpretací lze zjistit struktury a objekty obtížně nebo vůbec neidentifikovatelné při terénním průzkumu.

Na území Abúsíru je postupně tato metoda aplikována ve dvou měřítkových úrovních. Tou základní je fotografické snímkování z tzv. švédské věže. Z ní jsou pořizovány analogové a digitální fotografické záznamy z výšky cca 7 – 8 m nad úrovní terénu a výsledky jsou součástí

dokumentace geodetické a fotografické (obr. 2).

Druhou úrovní je využití satelitních záznamů. Cílem bylo pořízení dat s vysokou rozlišovací schopností. Z toho důvodu byl objednan záznam ze systému QUICK BIRD společnosti Digital Globe Corp. Družice byla naprogramována na základě námi dodaných parametrů na snímání území od severu k jihu – Abúsír, Sakkára a Dahšúr. Záznam byl pořízen dne 23. 2. 2003 v 8.45 ráno ve vysoké kvalitě. Rozlišovací schopnost v nadíru v panchromatickém pásmu je 0,64 m a 2,56 m v multispektrálním pásmu (Catalog ID 1010010001A99901). Pořízený záznam zobrazuje území o rozloze 65 km² (obr. 3). Výsledky všech typů snímání jsou analyzovány v programu pro digitální zpracování obrazu PCI nebo pomocí extenze AV Image Analysis v programu ArcView 3.2. Po základní úpravě dat je proveden import do prostředí GIS, kde jsou ve spojení s dalšími topografickými

a tematickými objekty prováděny analytické a syntetické úlohy.

Mapování pomocí GPS

Globální poziční systémy (GPS) umožňují na základě příjmu signálu z družic určit souřadnice pozorovatele na zemském povrchu. Laboratoř geoinformatiky UJEP vlastní přijímač firmy Trimble GeoXT, který je při archeologickém výzkumu využíván tam, kde není požadována geodetická přesnost. Je to v případě zaměření vlíčovacích bodů pro georeferenci satelitních snímků, při potřebě rychlého určení polohy objektů a jednou z posledních úloh bylo využití při mapování – zaměřování topografických a tematických objektů v oblasti oázy Baharija na jaře 2003 a 2004. Přijímač umožňuje zaměřování bodů, linií nebo polygonů, včetně zápisu atributů k jednotlivým objektům. Naměřená data se předzpracovávají v programu GPS Pathfinder Office 2.7, následně se provádí korekce pomocí služby Trimble GPS Pathfinder Express

(<http://www.gpspathfinderexpress.com>) a korigovaná data jsou exportována do formátu shapefile programu ArcView GIS.

Budoucnost aplikace geoinformačních technologií v egyptologické praxi

První výsledky ukazují jednoznačný přínos pro práci archeologů, kteří efektivně získávají souhrnné výsledky ať už ve formě tabelární nebo grafické. Ve velmi krátkém časovém období bylo aplikováno několik metod a postupů (většina poprvé v egyptologickém výzkumu), jejichž výsledky a výstupy jsou již neoddelitelnou součástí archeologické dokumentace.

V rámci expedic jak v Abúsíru, tak i v západní poušti bylo shromážděno velké množství dat v digitálním či analogovém tvaru a nyní se data postupně třídí a analyzují, vytváří se mapové výstupy, v prostředí GIS se provádí první analýzy a připravují se hodnocení dílčích částí projektu aplikace.



Černá poušť v oblasti EL-Hajéz

Vladimír Brůna, Laboratoř geoinformatiky Univerzity J. E. Purkyně. Kontakt: bruna@geolab.cz, <http://www.geolab.cz>

Literatura

- BÁRTA, M., BRŮNA, V. (2005): Satellite imaging in the pyramid fields. *Egyptian Archaeology* No. 26 Spring 2005. The Bulletin of the Egypt Exploration Society, s. 3 – 6, London.
- PROCHÁZKA, J., BRŮNA, V. (2004): Výškopisná archeologická mapa 1 : 2 000 území české koncese v Abúsíru. In: *Pražské egyptologické studie*. Český egyptologický ústav FF UK Praha, s.121 – 125.
- BÁRTA, M., BRŮNA, V., ČERNÝ, V., MUSIL, J., SVOBODA, J. A., VERNER, M. (2004): Průzkum oázy El-Hajez, Oáza Baharija (březen 2004). In: *Pražské egyptologické studie*. Český egyptologický ústav FF UK Praha, s.183 – 202.
- BÁRTA, M., BRŮNA, V., KRIVÁNEK, R. (2003): Research at South Abusir in 2001 – 2002 – methods and results. In: *Památky Archeologické XCIV 2003*, s. 49 – 82.
- BRŮNA, V. (2002): Úloha geoinformatiky při archeologickém výzkumu v Abúsíru. *Pražské egyptologické studie*. Český egyptologický ústav FF UK Praha, s. 43 – 47.