

Satelitní snímkování pyramidových polí z doby 3. tis. př. Kr.

Miroslav Bárta, Vladimír Brůna

Úvodem

Česká archeologická koncese na lokalitě Abúsír se nachází přímo uprostřed pyramidových polí panovníků Staré říše (2700 – 2200 př. Kr.), která se táhnou od něj na sever i na jih. Od 60. let náš ústav záměrně vyhlédává a aplikuje ty metody, které mohou podstatně napomoci rozvoji egyptologického bádání. Hledání nových metod a postupů při archeologickém výzkumu v Egyptě se v posledních letech soustředilo, vedle využívání metod čistě přírodovědných, na aplikaci geoinformačních technologií, jako jsou nové digitální geodetické a kartografické metody, geografické informační systém, prezentace v prostředí mapových serverů, mapování pomocí přijímače GPS a v neposlední řadě i využití dat dálkového průzkumu Země. Za dálkový průzkum je považována metoda získávání dat a informací o objektech a jevech bez přímého fyzického kontaktu. Mezi nejvíce využívané patří letecké a satelitní fotografie a digitální záznamy. Protože v podmínkách archeologického výzkumu v Egyptě je velmi obtížné získání leteckých fotografií studovaného území, přistoupil tým českých egyptologů na myšlenku pořízení záznamu satelitního.

Hledal se systém, který má co nejvyšší kvalitu a to především v oblasti prostorového a radiometrického rozlišení, systém, který je operativní a především dostupný v civilním sektoru. Po úvodní analýze byl vybrán systém QuickBird.

Charakteristika systému QuickBird

Družice QuickBird je v historickém pořadí třetí družicí s velmi vysokým rozlišením (řádově metrovým). Ze všech těchto družic má ale nejlepší prostorové rozlišení - 60 cm v nadiru. Je schopna snímat zemský povrch s dosud nejvyšším prostorovým rozlišením, (nebereme-li v úvahu vojenské prostředky, jejichž produkty jsou v civilní sféře nedostupné), vyvinula a uvedla ji do provozu společnost DigitalGlobe™ (Colorado, USA). Společnost Digital Globe™, která je významným poskytovatelem digitálních geografických dat obecně, získala licenci na provozování družicového skeneru s rozlišením vyšším než 0,5 m v prosinci roku 2000. Původní plán vytvořit a provozovat družici poskytující data s maximálním rozlišením 1 m byl na základě

tohoto oprávnění operativně adaptován. Prostřednictvím změny plánované oběžné dráhy již vyvíjeného satelitu, konkrétně snížením výšky letu na 450 km, bylo dosaženo maximálního rozlišení 61 cm.

V současnosti je to jediná družice, která nabízí rozlišení pod jeden meter, velmi přesnou lokalizaci, značnou palubní záznamovou kapacitu a několikanásobně větší flexibility ve výběru snímaného území.

Technické charakteristiky

- * prostorové rozlišení 61 cm v nadiru a 72 cm při pozorovacím úhlu 25 stupňů (panchromatická data)*
- * rozlišení 2,44 m multispektrálních dat*
- * vysoká stabilita družice pro získání přesných polohových údajů*
- * šířka záběru 16,5 km (volitelně uvnitř pásu širokého 544 km)*
- * panchromatické pásmo 450-900 nm*
- * multispektrální pásma: 450-520 nm (modrá), 520-600 nm (zelená), 630-690 nm (červená) a 760-900 nm (blízké IČ)*
- * termínové rozlišení 1-3,5 dne podle zem. šířky*
- * palubní paměťová kapacita 128 Gb (57 scén)*
- * vysoký kontrast a poměr signál/šum*
- * radiometrické rozlišení 11 bit*
- * určení orientace družice s přesností menší než 0.5 mrad*
- * stabilita družice lepší než 10 mikrorad/sec*

Přednosti

Manévrovací schopnost družice, která se celá může natáčet jak v rovině letu tak i napříč dráhy o úhel až 25 stupňů. To se projeví jednak 544 km širokým pásem na zemském povrchu, v němž se může provádět měření a také schopností pořizovat stereoskopické scény ve směru letu.

Satelitní záznam pyramidových polí

Hlavním požadavkem bylo pořízení satelitního snímku české archeologické koncese v Abúsíru. Společnost DigitalGlobe™ však dodává v jedné zakázce území minimálně 64 km² a proto bylo rozhodnuto o objednání snímku pokrývajícího pyramidové pole Abúsíru, Sakkáry a Dahšúru. Na

základě požadavku dodavatele bylo definováno požadované území pomocí souřadnic UTM a dne 23. února 2003 v 8.45 hodin ráno proběhlo nasnímání uvedeného území.

Charakteristika záznamu

Catalogue ID 1010010001A99901

Image location - vertex, latitude, longitude: 1. southwest 29.7732, 31.1555; 2. northwest 29.933, 31.1554; 3. northeast: 29.9298, 31.3393; 4. southeast 29.769, 31.3378; 5. center 29.8512, 31.247; cloud cover 8%, quality 50 - fair, off-nadir 13 degrees.

Snímek zahrnuje území o rozloze cca 65 km² a mezi jeho hlavní přednosti patří schopnost ukázat zkoumaného území v celku, dokumentovat časoprostorové vztahy jednotlivých struktur a v neposlední řadě naznačit existenci mnoha doposud neznámých pohřebišť a hrodek staroegyptských hodnostářů a snad i pyramid některých doposud nenalezených panovníků.

(Náklady spojené s pořízením a zpracováním snímku byly poskytnuty z grantu MŠMT LN 00A064, „České národní egyptologické centrum“, jehož nositelem byl Český egyptologický ústav v letech 2000 - 2004)

Náhledy snímku

Satelitní snímek Abúsíru si můžete v detailu v aplikaci Zoomify™ prohlédnout zde: <http://egypt.geolab.cz/zoom/pan.htm>

Satelitní snímek pyramidových polí Abúsír, Sakkára a Dahšúr si můžete v detailu v aplikaci Zoomify™ prohlédnout zde:

<http://egypt.geolab.cz/zoom/qb.html>

Podrobná zpráva o satelitním snímkování a průzkumu Abúsíru:

[M.Bárta, V. Brůna, R. Křivánek: 'Research at Abusir South in 2001-2002 – methods and results,'](#)
v: *Památky Archeologické* XCIV, Prague 2003, str. 49-82.

(pdf verze článku poskytnuta s laskavým svolením časopisu Památek Archeologických a Archeologického ústavu ČSAV v Praze – www.arup.cas.cz)

Více o pyramidách a době stavitelů pyramid na internetu naleznete zde:
http://egyptologie.ff.cuni.cz/Pyramidy_na_internetu.doc

Informace o využívání satelitního snímkování v egyptologii naleznete zde:
<http://www.deltasinai.com/image-00.htm>

A k lepšímu porozumění...

Při první návštěvě Egypta se běžný návštěvník ať chce či nechce obvykle záhy ocitne rovnýma nohama v nejstarším pohřebišti sjednoceného staroegyptského státu, v Sakkáře. Obvyklá jednodenní návštěva několika nejvýstavnějších hrobek a Džoserovy pyramidy, nejstarší v Egyptě, proběhne obyčejně v tak rychlém sledu, že si člověk ani nestačí uvědomit, že na něj dýchá pět tisíc let historie. To co vidí, je jen malý zlomek minulosti obrovského pohřebiště, jehož zákonitosti zkoumají zahraniční expedice mnoha zemí světa již více než dlouhých sto let. Svým dílem k poznání tohoto obrovského pohřebiště, z něhož je větší část stále skryta pod milosrdným a nevyzpytatelným příkrovem pouště, přispívá i česká věda.

Již desítky let probíhají hlavní archeologické aktivity Českého egyptologického ústavu FF UK na české archeologické koncesi v Abúsíru, přibližně 30 km jižně od Káhiry. Nalézá se v těsném sousedství Sakkáry a jedná se o rozsáhlý komplex královských a nekrálovských pohřebišť. Mállokterý z dnešních návštěvníků Sakkáry ovšem ví, že Abúsír v době faraonského Egypta představoval pevnou součást tehdejšího královského pohřebiště. Teprve v 19. stol. byl od Sakkáry administrativně oddělen a dnes jde formálně o samostatné území. Zde byla vybudována místa posledního odpočinku - rozsáhlé pyramidové komplexy, nejméně čtyř panovníků 5. dynastie. Kolem nich postupně vznikaly rozsáhlé nekropole členů jejich rodin a úředníků tehdejšího staroegyptského státu.

Odborné aktivity ústavu při zkoumání této unikátní lokality zahrnují dvě rovnocenné části: archeologický výzkum ohrožených objektů a rekonstrukční práce mající za cíl záchranu již odkrytých či volně stojících památek.

Současná egyptská archeologie může nabývat mnoha tváří a forem. Počínaje archeologicky odkrytým objektem (např. hrobkou, poničenou pyramidou či sídlištěm), přes papyrový svitek či zdobenou stěnu se jménem a nápisy majitele hrobky, rostlinné a živočišné makrozbytky získané pomocí plavící linky provozované absurdně v poušti, několik metrů profilu

získaného z vrtu dna, dnes již neexistujícího rybníka až po geofyzikální průzkum, trojrozměrné modelování objektů, fotografování objektů z přenosné věže a pohřebiště pozorované satelitem z vesmíru.

S klidným svědomím můžeme říci, že většinu těchto poloh česká egyptologie za poslední léta vyzkoušela (tato tradice používání různých metod jde hluboko do 60. let minulého století) především díky dlouhodobé a systematické spolupráci s Archeologickým ústavem České Akademie věd v Praze, Laboratoří geoinformatiky Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem – pracoviště Most a Českému Vysokému Učení Technickému v Praze.

Abúsírská nekropole je významná ne proto, že by zde pracovali Češi, ale zejména díky tomu, že se zde nachází rozsáhlá pohřebiště, která se vyvíjela souvisle po dobu několika století a jenž obsahuje hrobky s prameny, které mají zásadní význam pro poznání doby 3. tis. př. Kr.: jak pro vznik staroegyptského státu, tak i pro zánik jeho prvního slavného období, doby slavných stavitelů pyramid Staré říše. V průběhu posledních desetiletí zde byly objeveny unikátní památky, z nichž lze na tomto místě zmínit alespoň několik.

Začít je nutno s pyramidovým komplexem panovníka Neferrea (dříve Raneferefa), jehož nedokončený komplex, chrám s pyramidou, skrývaly mnohé unikátní prameny staroegyptských dějin včetně jedněch z nejstarších papyrových archivů vztahujících se k provozu zádušního kultu panovníka. Dále je možno uvést královské sochy, kamenné nádoby a konečně i samotné pohřební komory skrývající zbytky panovníkova pohřbu a pohřební výbavy. K nim se druží mnohé hrobky členů královské rodiny pohřbených v menších pyramidách a lavicovitých hrobkách zvaných mastaby.

Mezi poslední objevy patří rozsáhlý hřbitov vysokých královských hodnostářů v jižní části zkoumaného území. Zde byl v r. 1995 objeven rozsáhlý hrobový komplex vezíra Kara a jeho synů. Jeho zkoumání vyvrcholilo na podzim loňského roku objevem pozoruhodné skalní hrobky kněze beraního božstva Chnůma, jehož jméno se nám zatím nepodařilo identifikovat.

V současné době se tak ukazuje, že Abúsír hrál ve své době významnou a nezastupitelnou roli: byl součástí královského a rezidenčního pohřebiště tehdejšího hlavního města. Dalším významným faktorem bylo to, že jižní část abúsírského pohřebiště nebyla v moderní době nikdy oficiálně zkoumána. Tato skutečnost představuje ojedinělou možnost pro aplikaci různých vědeckých metod na prakticky nedotčené půdě. Vzhledem k historickému významu dané oblasti pro poznání dějin staroegyptského státu v době 3. tis. př. Kr. a exponované poloze památek tak

v roce 2000 vznikla nová strategie zkoumání lokality jako celku tak, aby bylo možno zdokumentovat její hlavní rysy předtím než budou pozměněny vlivem archeologické činnosti.

Postupně byl vypracován několikaletý harmonogram multidisciplinární analýzy lokality včetně podrobného geodetického zaměření terénu a archeologických objektů, tvorby detailního vrstevnicového plánu, zhotovení fotogramů (fotografické dokumentování jednotlivých archeologických objektů pomocí tzv. švédské věže), geofyzikálního průzkumu a metod dálkového průzkumu Země, kterým předcházelo pořízení družicového záznamu ve vysokém stupni rozlišení v panchromatickém a multispektrálních pásmech. To vše v kombinaci s probíhajícími archeologickými pracemi. Tyto metody nebyly vybírány náhodně, vždy šlo o to, aby byly schopny přispívat k řešení otázek, které byly stanoveny jako dlouhodobé cíle projektu výzkumu staroegyptské společnosti a civilizace. Jedna z mnoha zvláštností starého Egypta totiž spočívala v tom, že staří Egypťané považovali hrobky za svá posmrtná obydlí pro život na onom světě. Porozumění jejich architektury, výzdobě a konečně i uspořádání na ploše rozsáhlého pohřebiště je významné pro celkové pochopení tehdejšího světa a myšlení. Paradoxně k vývoji našeho soudobého poznání kultury na Nilu nepřispívají pouze klasické, osvědčené metody, ale i metody, které jsou relativně nové.

Mezi ně patří právě satelitní snímkování, které představuje zcela novou kvalitu ve výzkumu a umožňuje nové pohledy na zkoumání a interpretaci celé oblasti pyramidových polí s královskými a nekrálovskými hrobkami hodnostářů tehdejšího hlavního města Egypta doby Staré říše (2700 – 2200 př. Kr.). V roce 2003 se tak podařilo získat soubor dat s vysokým rozlišením ze systému QuickBird, společnosti Digital Globe™. Snímací systém družice byl na základě námi dodaných souřadnic naprogramován na snímání území od severu k jihu a zahrnovalo s výjimkou Gízy na severu a Mejdúmu na jihu všechny význačné pyramidové nekropole Egypta Staré říše: Abúsír, Sakkáru a Dahšúr.

Pořízení tohoto snímku představuje svým způsobem malou českou revoluci na pyramidových polích. Samozřejmě, že využívání satelitních snímků není v egyptologii nijak neobvyklé a například snímky družice Landsat se používají s úspěchem již mnoho let a výrazně zkvalitňují práci v nesnadném a nepřehledném terénu. Zcela novým elementem však bylo, že námi pořízený snímek zachycuje velmi přesně oblast nejstarších pohřebišť staroegyptského státu a navíc v nebyvale detailním měřítku. V závislosti na režimu analýz snímků totiž můžeme používat snímky pracující s detailem od 0,61 m do 2,44 m rozlišení obrazového prvku (pixelu),

což v praxi znamená, že na satelitním snímku jsou dobře rozeznatelné i takové detaily jako například smečky pouštních psů. A nebo ústí velmi malých šachet, což je pro egyptologa – archeologa (pokud není nadšeným kynologem) mnohem podstatnější.

Skutečný potenciál tohoto snímku ovšem vyplyne teprve ze spolupráce egyptologa, archeologa, geoinformatika a geofyzika. Nepochybná síla detailních satelitních záznamů spočívá v tom, že zkoumané území zachycují v jeho celku, umožňují ucelený pohled na celou nekropoli a poodkrývají tak roušku prostorových vztahů mezi jednotlivými identifikovatelnými objekty. Jeho interpretační rovinu dále podstatně obohacuje i geofyzikální průzkum, který je nedílnou součástí archeologického projektu výzkumu pohřebiště, stejně jako detailní analýza jeho povrchu. Díky geofyzice je možno uvažovat v rozsahu desítek a ještě spíše stovek doposud neznámých objektů, které se na satelitním snímku nemusí vždy nutně objevit. Detailní povrchový průzkum pak takovouto mapu obohacuje cennými detaily týkajícími se např. napůl zjevných kaplí, odfoukaných nároží staveb a nebo zachycením individuálních nálezů archeologických pramenů přímo na povrchu pouště.

Jaký je tedy obraz námi zkoumané lokality ve srovnání s dobou předtím, než naše expedice začala využívat satelitní snímek? Především ucelenější. V současné době totiž můžeme lépe odpovědět na otázky, jakým způsobem se pohřebiště vyvíjelo v čase, jaké bylo prostorové členění pohřebiště v závislosti na čase a sociálním postavení staroegyptských hodnostářů zde pohřbených, případně jaký byl vztah královských a nekrálovských hrobek v tom kterém historickém období.

Významným přínosem družicového snímku umístěném na prostorovém 3D modelu terénu je skutečnost, že je možno vystopovat několik přístupových cest, které vedly do pohřebiště od abúsírského rybníku, tj. od severovýchodu. Abúsírský rybník byl totiž jakousi symbolicky branou, kterou se vstupovalo do celého pohřebiště a jeho význam se promítal i v egyptské mytologii vztahující se k žabí bohyni Heketě a mýtu o znovuzrození. Tyto cesty probíhají tak, že vždy vedou k hlavním, dominantním hrobkám v pohřebišti a tím umožňují přístup do hlavních částí pohřebiště, včetně jeho méně frekventovaných částí. V několika případech je zřejmé, že některé hlavní přístupové cesty se větví v místech, odkud je výhodný přístup do odlišných částí pohřebiště, kterým dominuje vždy jedna z hlavních hrobek. Za zmínku jistě stojí např. i závěr, že Džoserův komplex byl v době po svém dokončení (někdy v 27. stol. př. Kr.) přístupný od západu a ne od východu, jako je tomu zvyklý dnešní turista.

Podle našich odhadů čekají na své objevení v celé oblasti stovky hrobek. Z doby panovníka Džosera (jeden příklad za všechny) známe ne více než deset významných hrobek. Počet vysokých úředníků na jeho dvoře musel však být několikanásobně vyšší. Zatím však místa jejich posledního odpočinku na své objevení teprve čekají. Tato poloha stavu výzkumu je méně radostná, je to ale jen první možný dojem, který pomine stejně rychle jako úvodní návštěva fascinující oblasti Abúsíru a Sakkáry. Sklíčenost záhy vystřídá radost z nových vědeckých poznatků, které každým rokem významným způsobem mění stav našich znalostí o této kultuře.

[Obr. 1](#)

Detail satelitního snímku s pyramidovými komplexy panovníků 5. dynastie v Abúsíru

[Obr. 2](#)

Detail satelitního snímku, v oblasti vpravo nahoře zelená plocha, pozůstatek starověkého rybníka. Vlevo dole část rozsáhlých pohřebišť jižního Abúsíru

[Obr. 3](#)

Nejstarší pyramida na světě, komplex Džoserovy stupňovité pyramidy na satelitním snímku

