



MIROSLAV BÁRTA  
VLADIMÍR BRÚNA

# Pyramidy a vodovody v poušti

**V** posledních dvou desetiletích nachází dálkový průzkum Země široké uplatnění. Miliony diváků sledují na satelitních snímcích předpověď počasí, letecká fotografie ukazuje z netradičního úhlu pohledu strukturu zemského povrchu, mozaiku sídel, komunikací, vegetace a vodstva. V egyptologii patří metody dálkového průzkumu mezi nejnovější (spolu s využitím geografických informačních systémů, digitální kartografie a přijímačů GPS pro mapování).

## Dálkový průzkum Země a egyptologie

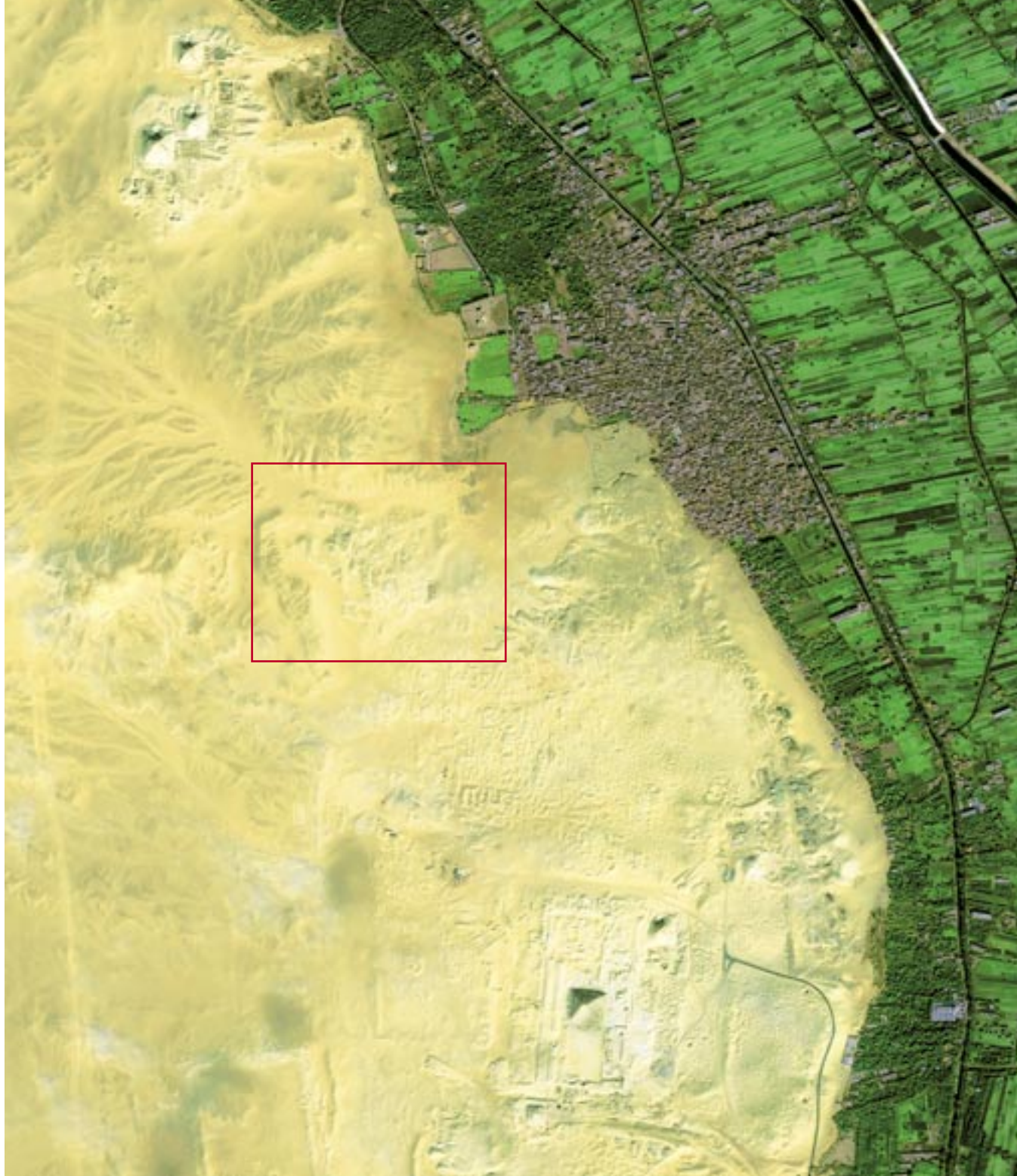
Dnes jsou v civilní sféře dostupné satelitní snímky s vysokým stupněm rozlišení (obrazový prvek – pixel – je menší než 1 m), které často nahradí snímky pořizované z menších výšek, většinou z letadla. Tak je tomu například v Egyptě, kde jsou letecké snímky z různých důvodů těžko dostupné. V egyptologické praxi se analyzují jak dílčí snímky jednotlivých lokalit, tak celkové záběry rozsáhlejších území.

- *Analýzy jedné lokality* (zpravidla o rozloze několika kilometrů čtverečních). Sleduje se například změna struktury sídliště či pohřebiště (velikost, orientace, rozmístění), systémy cest uvnitř lokality, vztah mezi terénními tvary a rozmístěním sídel, sociální, časová a prostorová podmíněnost vývoje pohřebiště.
- *Analýzy většího území* (od několika desítek kilometrů čtverečních do sto-

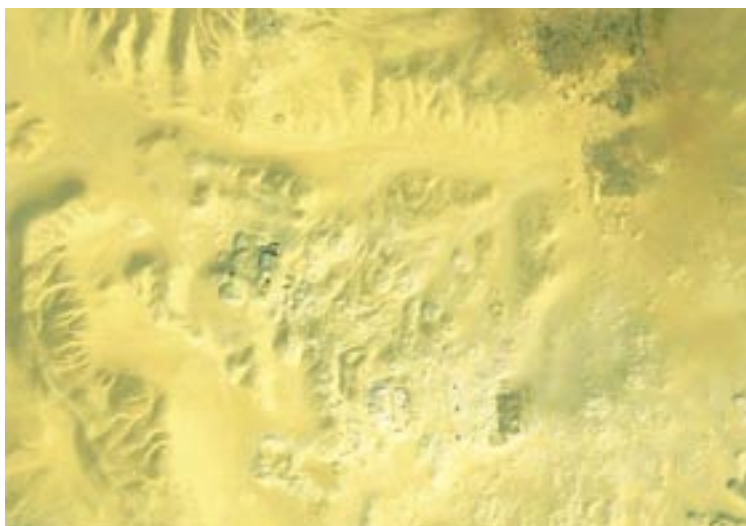
*Satelitní snímkování  
v egyptské archeologii*

vek). Např. na jižní části Sinajského poloostrova se sledovala struktura výskytu soudobých vodních zdrojů, a pozorování pak byla využita pro vyhledávání potenciálních oblastí osídlení ve starověku. Mimo jiné byly objeveny cesty, které vedly k dolům na měď ve Vádí Maghára, a nedávno také staroegyptská pevnost z 23. stol. př. Kr. s přílehlým přístavištěm. Satelitní snímky z r. 1968 byly použity pro studium sítě starověkých lokalit ve východní deltě Egypta. Srovnání časové řady snímků téhož území ukázalo, jak se v důsledku kombinace zemědělských



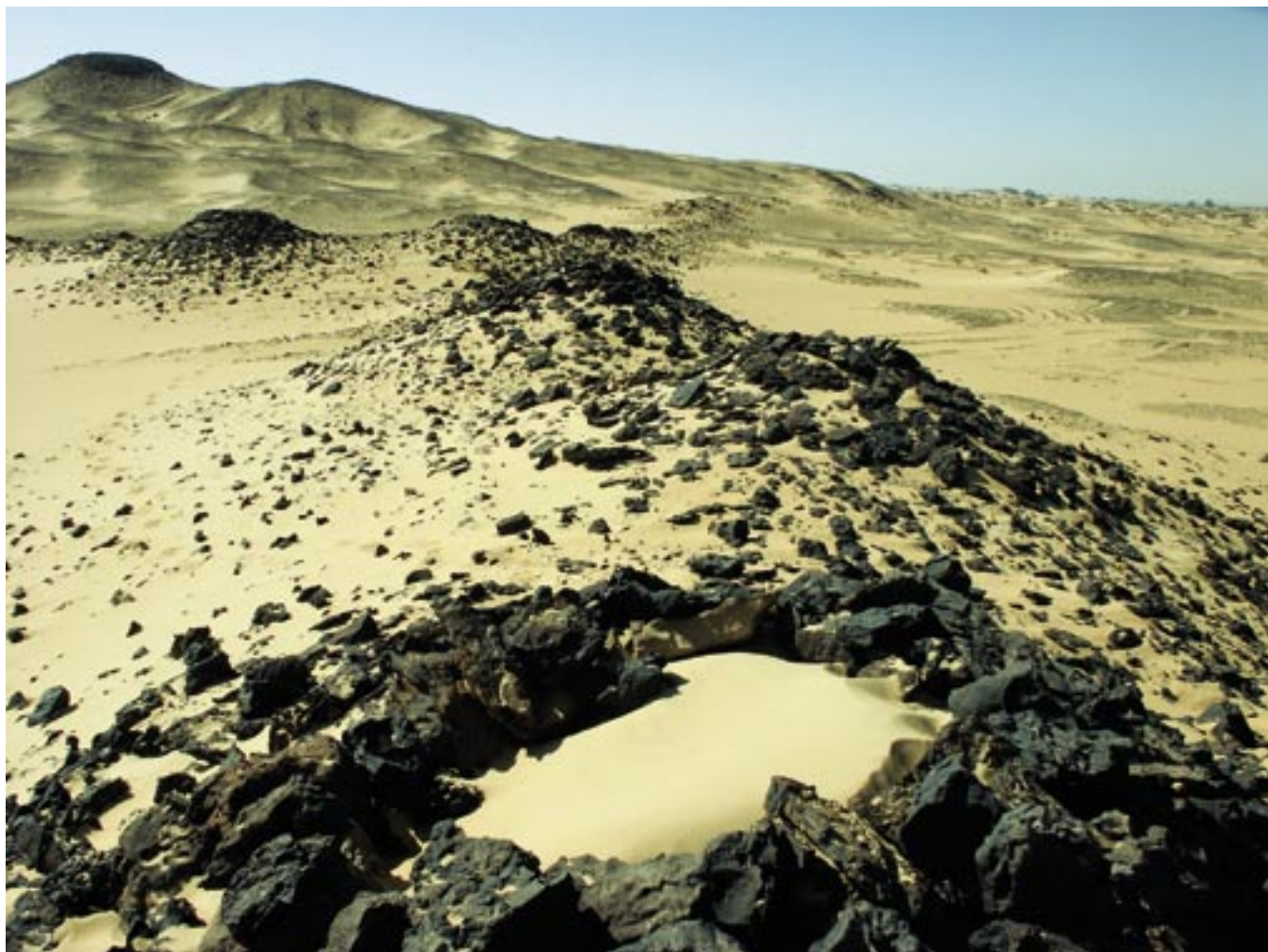


Nahoře: Detail satelitního snímku zachycuje oblast centrální Sakkáry, nejstaršího pohřebiště egyptských králů v oblasti na západ od Mennoferu (prvního hlavního města sjednoceného státu). V pravém dolním rohu mu vévodí první pyramida na světě, Stupňovitá pyramida panovníka Džósera (2700 př. Kr.). Na sever i na jih od ní jsou identifikovatelné další pyramidové komplexy panovníků 3., 5. a 6. dynastie (záznam QuickBird, DigitalGlobe). V rámečku a na dolním snímku je detail tzv. Centrálního kómu pohřebiště v jižním Abúsíru, kde v posledních letech česká expedice našla hrobky vysoce postavených hodnostářů Staré říše. Záznam QuickBird, DigitalGlobe.

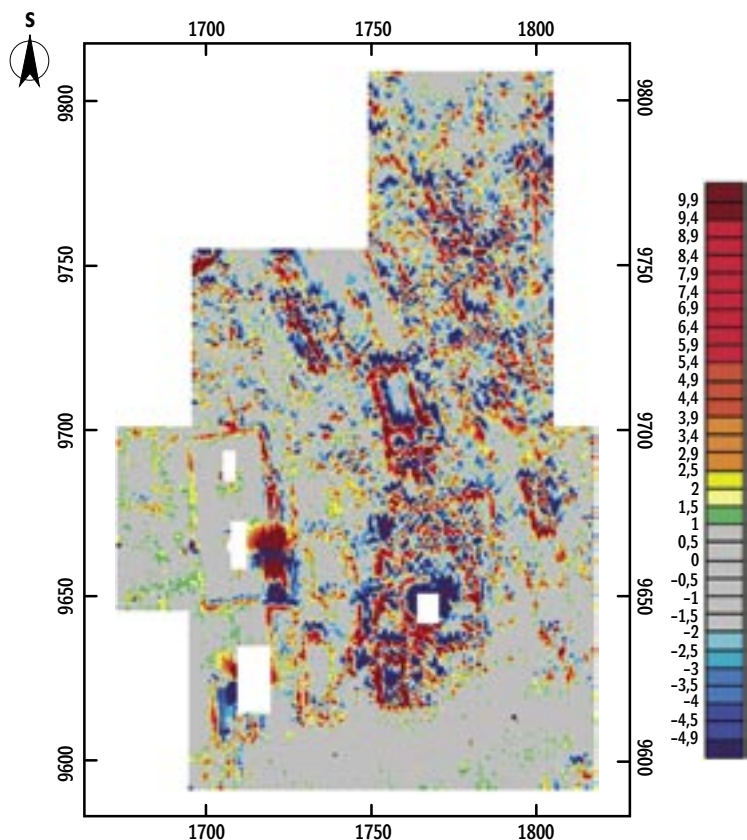


←← Na protější straně: Snímek z družice Landsat zachycuje oblast pyramidových polí Staré a Střední říše, která se táhne v pásu více než 100km od Káhiry na severu až po Fájúmskou oázu na jihu (na snímku vlevo dole). V obdélníku je záznam z družice QuickBird zobrazující území slavných lokalit – Abúsíru, Sakkáry a Dahšúru – ze 3. tisíciletí př. Kr.





Nahoře: Detail jedné větve manavarů (podzemního vodovodu) v lokalitě Bír Šovíš v egyptské Západní poušti. Ústí těchto větracích a udržovacích šachet jsou na povrchu pouště dobře patrná i dnes a jejich celková délka činí 15 km. Snímek © M. Bárta.



a průmyslových aktivit lokality měnily (převážně se zmenšovaly).

Tento druh analýz přišel ke slovu zejména po r. 1995, kdy Bill Clinton podepsal dokument odtajňující na 860 000 satelitních snímků v rozlišení od 2 do 8 m, které byly pořízeny v době studené války (1962–1970) satelity Corona, Argon a Lanyard a sloužily původně k sledování vojenských objektů na území východního bloku.

V Českém egyptologickém ústavu FF UK využíváme satelitní snímky již několik let. Nedávno jsme ale potřebovali záznamy vysokého stupně rozlišení, jež by nám nahradily i pohled z menší výšky. Proto jsme se rozhodli pro družicový systém QuickBird, který má jedno z nejlepších prostorových rozlišení (nebereme-li v úvahu vojenské družicové systémy), a to 61 cm v nadiru panchromatického pásma.<sup>1</sup> Systém má velmi přesnou lokalizaci, značnou palubní záznamovou kapacitu a oproti starším družicím mnohem větší možnosti výběru snímaného území. Má mimořádnou manévrovací schopnost, jak v rovině letu, tak napříč se může otáčet až o 25 stupňů a díky tomu pořizovat snímky v pásu širokém 544 km.

Dole: Detail výstupu geofyzikálních měření struktury jednoho z pohřebišť v lokalitě Abúsír. Barevné linie ukazují polohu jednotlivých, doposud neprozkoumaných objektů (vesměs hrobek). Odlišné barvy jsou způsobeny rozdílnými stavebními materiály, jako jsou nilské bahno, jíl či vápenc. Připravil R. Křivánek, Archeologický ústav AV ČR v Praze.



## Pyramidy ze satelitu

Výzkum dějin a kultury stavitelů pyramid 3. tisíciletí př. Kr. může mít v dnešní době mnoho tváří. Zkoumat lze archeologicky odkrytý objekt (hrobku, pyramidu), papyrový svitek či stěnu s nápisy, rostlinné i živočišné makrozbytky získané plavením (provozovaným – absurdně – v poušti) či vzorek několikametrového profilu z vrtu do dna zaniklého rybníka. Uplatňuje se i geofyzikální průzkum, trojrozměrné modelování, fotogram nebo pozorování satelitem (viz rámeček Metody egyptologického výzkumu). Většinu těchto metod česká egyptologie vyzkoušela a dnes je všelijak kombinuje.

Již od šedesátých let minulého století zkoumá Český egyptologický ústav FF UK území české archeologické koncese v Abúsíru (viz B. Vachala, Vesmír 79, 314, 2000/6). Abúsír, komplex královských a nekrálovských pohřebišť, leží na západním břehu Nilu, v místě přechodu náhorní plošiny Západní pouště do úrodné nilské nivy. Na tomto území byla vybudována na místa posledního odpočinku nejméně čtyř panovníků 5. dynastie, kolem nichž postupně vznikaly nekropole jejich rodin a staroegyptských úředníků. Významné jsou mimo jiné tím, že obsahují hrobky s prameny, jež mají zásadní význam pro studium vzniku a formování staroegyptského státu.

Koncem 20. století zde byl zahájen interdisciplinární výzkum, k němuž bylo třeba získat celkový snímek české archeologické koncese. Protože ale společnost, kterou jsme si vybrali, dodává v jedné zakázce území minimálně 64 km<sup>2</sup>, byl objednan snímek pokrývající kromě Abúsíru přilehlé oblasti Sakkáry a Dahšúru. Snímání<sup>2</sup> proběhlo 23. února 2003. Analýza snímku naznačila existenci mnoha neznámých pohřebišť, hrobek staroegyptských hodnostářů a možná i pyramid panovníků nejen v Abúsíru, ale i v přilehlých oblastech. Metody nebyly vybírány náhodně, cílem bylo odpovědět na tyto otázky:

- Jakým způsobem se pohřebišť vyvíjelo v čase?
- Jaké bylo prostorové členění pohřebišť v závislosti na čase a sociálním postavení pohřbených staroegyptských hodnostářů?
- Jak souvisí pohřebišť v Abúsíru s obdobnými pohřebišti v Sakkáře (časově i prostorově)?
- Existoval vztah mezi pohřebišťem v Abúsíru a tehdejšími osídleními (a pokud ano, jak se projevoval)?



## METODY EGYPTOLOGICKÉHO VÝZKUMU

Kromě klasické archeologické práce patří k práci egyptologů geodetické zaměření objektů, tvorba detailního vrstevnicového plánu, zhotovení fotogramů vybraných objektů, geofyzikální průzkum, dálkový průzkum a trojrozměrné (3D) modelování zkoumaných objektů.

● **Fotogramy** – fotografická dokumentace pomocí švédské věže, tj. trojnožky vysoké několik metrů. K jejímu vrcholu se vytáhne digitální fotoaparát s vysokým rozlišením, který zachytí situaci z ptáčích perspektiv. Potom se věž o kousek přenesla a vše se opakuje tak dlouho, dokud nejsou do paměti fotoaparátu uloženy snímky celého objektu či zkoumané plochy.

● **GPS (Global Positioning System)** je operační systém družicové navigace. Mapování objektů na povrchu se provádělo v terénu, ale všechny viditelné památky byly zaměřeny přijímačem GPS pro mapování, konkrétně GPS Geo-Explorer 3 Trimble. Databáze z těchto měření byly zpracovávány programem GPS Pathfinder Office 2.7. V další etapě analýzy byla data importována do programu ArcGIS 8.2, který umožnil kombinaci grafických výstupů a fotografické databáze.

● **Dálkový průzkum** je měření elektromagnetického záření odraženého, ale i emitovaného zkoumaným objektem. Průzkum se provádí např. z kopce, z upoutaného balonu (snímání dálkově ovládanou aparaturou s kontrolou obrazu na Zemi), z letadla nebo z družice na oběžné dráze Země (snímání lokality ve vysokém stupni rozlišení v několika multispektrálních pásmech). Přístroje, které se k tomuto průzkumu používají, např. skenery, mohou získávat informace v oblastech elektromagnetického spektra, na něž není citlivé lidské oko ani fotografický film.

● **GIS (Geografický informační systém)** pracuje s geodaty a řeší jejich prostorové vztahy a související procesy. Použitelnost GIS určují kvalitní a rozumně přístupná data. Jedním z výstupů, nacházejících hojně uplatnění, jsou např. trojrozměrné (3D) mapy.

● **Trojrozměrné skenování** dnes umožňuje rychle získat vysokou hustotu měřených bodů a z nich v krátké době vytvořit věrný obraz skutečnosti – trojrozměrný model.

Dnes již máme k dispozici nejedno vyhodnocení. Mj. jsme získali detailní rozbor topografických prvků. Výsledky poslouží k plánování terénních aktivit a také k předpovědi vývojových tendencí lokality v uplynulých pěti tisíciletích. Tak ušetříme peníze i čas. Jedním z přínosů celkového satelitního snímku je rozbor rozmístění pyramidových komplexů panovníků Staré říše. Nacházejí se na sedmi lokalitách a táhnou se paralelně s tokem Nilu v délce téměř 100 km. Nyní se zkoumá socioekonomické a náboženské pozadí spojené s jejich koncepcí a stavbou. Síť poznatků postupně odhaluje mechanismus vztahu centra a periferie.

## Výzkum v jižním Abúsíru

Zhruba před patnácti lety se ukázalo, že archeologicky zdánlivě nezajímavá oblast na přechodu Sakkáry a Abúsíru (jižní Abúsír) ukrývá unikátní nekropole. Oblast nevykazuje žádné novodobé zásahy, tudíž poskytuje věrný obraz vývoje pohřebišť v průběhu posledních pěti tisíc let. Znovuobjevena byla hrobka kněze Fetektihho (zmíněná ve zprávách

1) Vyvinula ji společnost DigitalGlobe™ z Colorada, která v prosinci roku 2000 získala licenci na provozování družicového skeneru s rozlišením vyšším než 0,5 m. Snížením výšky letu po oběžné dráze na 450 km dosáhla družice rozlišení 61 cm, což pro egyptology představuje nové možnosti.

2) Náklady spojené s pořízením a zpracováním snímku byly hrazeny z grantu MŠMT LN 00A064, „České národní egyptologické centrum“ (2000–2004).

ARC DATA  
PRAHA

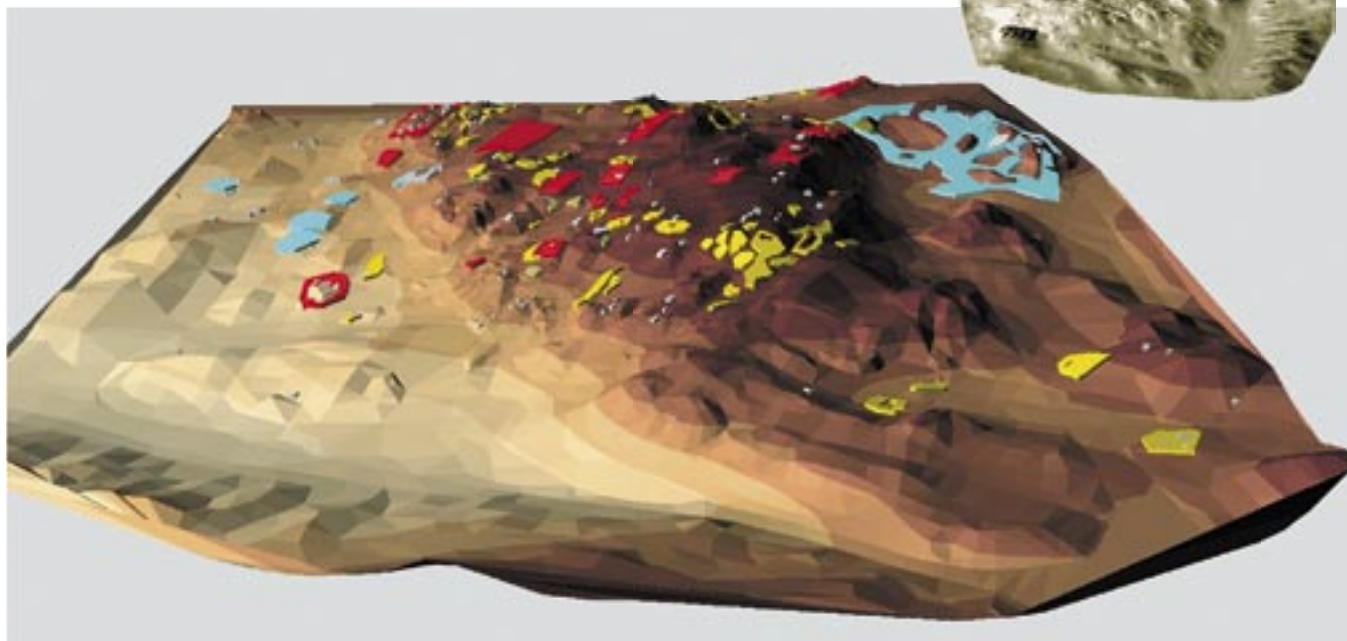


ESRI  
OFFICIAL  
DISTRIBUTOR

Laboratoř geoinformatiky  
Univerzity Jana Evangelisty  
Purkyně používá pro  
analýzy a uložení geografických  
dat systém ArcGIS. O tomto systému více na  
straně 97 (Inzerce č 600).

Doc. Mgr. Miroslav Bárta, Dr., (\*1969) vystudoval egyptologii a archeologii na Filozofické fakultě UK v Praze a v Hamburku. V Českém egyptologickém ústavu FF UK se zabývá významem hrobek ve starém Egyptě a sociálními aspekty vývoje tehdejší společnosti. Od r. 1991 se účastní českých archeologických expedic do Egypta a vede výzkumy ústavu v egyptské Západní poušti. Přednáší na Karlově univerzitě v Praze a na Západočeské univerzitě v Plzni, v letech 2003–2004 přednášel na Pensylvánské univerzitě ve Filadelfii. Je autorem populárněvědecké knihy Sinuhetův útěk z Egypta (SETOUT, Praha 1999). Na snímku vlevo Miroslav Bárta při dokumentaci jednoho z rodinných hrobů doby římské na lokalitě Bír Šovíš v egyptské Západní poušti. Snímek © K. Voděra.

Ing. Vladimír Brůna (\*1961) vystudoval geodézii a kartografii na Stavební fakultě ČVUT, v Ústavu krajinné ekologie AV ČR působil v pracovní skupině dálkového průzkumu Země a v Ústavu archeologické památkové péče SZ Čech v Mostě jako geodet a specialista GIS. Nyní se v Laboratoři geoinformatiky Univerzity J. E. Purkyně v Mostě zabývá aplikacemi geoinformačních technologií při studiu krajiny a v archeologii. Expedic do Egypta se zúčastňuje od r. 2001 jako geoinformatik.



Trojrozměrný model Centrálního kómu pohřebiště v jižním Abúsíru vypracovaný na základě povrchového průzkumu a detailního vrstevnicového plánu. Model zaznamenává přesnou polohu každé archeologické entity (hrobky, zdi, kaple, šachty, shluku artefaktů apod.) a umožňuje například studium starověkého komunikačního systému uvnitř pohřebiště. Detail vpravo nahoře je trojrozměrný model s texturou družicového snímku (V. Brůna, Laboratoř geoinformatiky UJEP).

Abúsír, jedna z největších zahraničních koncesí v Egyptě, je místem práce odborníků z Českého egyptologického ústavu. V horní části (shora dolů) je patrné první pohřebiště sjednoceného egyptského státu Mennoferu v severní Sakkáře. Zcela vpravo je Džóserova Stupňovitá pyramida, v levém dolním rohu Ptahšepsesova mastaba, jedna z největších nekrálovských hrobek starého Egypta. Snímek © K. Voděra.

z poloviny 19. stol.), jež obsahuje významné ikonografické prameny k poznání principů staroegyptské ekonomiky. Následovaly další hrobky patřící vysokým hodnostářům staroegyptského státu včetně zcela zachovaného komplexu neznámého vezíra (viz Vesmír 80, 255, 2001/5). V průběhu patnácti let bylo prozkoumáno přes dvacet objektů – a to jsme stále na začátku. Společně s archeologickým výzkumem se podařilo definovat charakteristiky vývoje zdejších pohřebišť. Nejvýznamnější hrobky byly stavěny vždy na největším pahorku. Postupně tak obsazovaly dominantní polohy od jihovýchodu k severozápadu. Zároveň měly blízko k Abúsírskému rybníku, který ve Staré říši představoval hlavní vstup do pohřebiště.

V průběhu r. 2002 byl vytvořen detailní plán lokality, který umožňuje sledovat její vývoj v současných podmínkách. Během jeho tvorby byla identifikována řada povrchově rozeznatelných objektů: půdorysy a zdiva

hrobek (z vápence, cihel z nilského bahna nebo z taflí, kterou lze přirovnat k našim jíílům), ale i výsypky, koncentrace keramiky, lidských a zvířecích kostí, čočky vátého písku a izolované zlomky kamenných nádob. Celkem tak bylo možno zdokumentovat na 150 objektů s různou výpovědní hodnotou. Např. půdorysy hrobek s liniemi kaplí v kombinaci s již odkrytými objekty umožňují odhadnout změnu architektury během 3.–6. dynastie (2700–2200 př. n. l.). Výsypky a nahromaděná keramiky zase označují místa, kde zřejmě probíhala zlodějská činnost. V některých případech máme doloženy výsypky, ale samotné archeologické objekty nejsou zřetelné.

Výsledná sestava vrstev archeologických objektů byla přenesena do databáze GIS a jedním z výstupů je lokalizace archeologických objektů v trojrozměrném modelu terénu. Mimo jiné model umožňuje sledovat riziko ohrožení památek lidskou činností (novodobá pohřebiště a káhirska smetiště se rozrůstají směrem k nedalekému Abúsíru).

Detailní vrstevnicový plán a na něm založený trojrozměrný model území jsme zkombinovali s dvojrozměrným i trojrozměrným satelitním snímkem. Tak se podařilo identifikovat několik přístupových cest, které vycházely od západního břehu Abúsírského rybníka k dominantním hrobkám v pohřebišti; liší se od erozních rýh, mají jiný sklon i průběh. V několika případech je zřejmé, že se hlavní cesta větví v místech, odkud je výhodný přístup do různých částí pohřebiště. Na začátku těchto cest lze očekávat nálezy přístavních obslužných zařízení a nelze vyloučit ani mumifikační dílny. Další analýzy zřejmě přinesou další cenné poznatky a již nyní je zřejmé, že povedou k identifikaci doposud neznámých objektů značné historické důležitosti, včetně královských komplexů.

#### Vodovody v poušti

Od roku 2003 pracuje – v reakci na výzvu egyptských vládních orgánů – v egyptské Západní poušti česká expedice financovaná





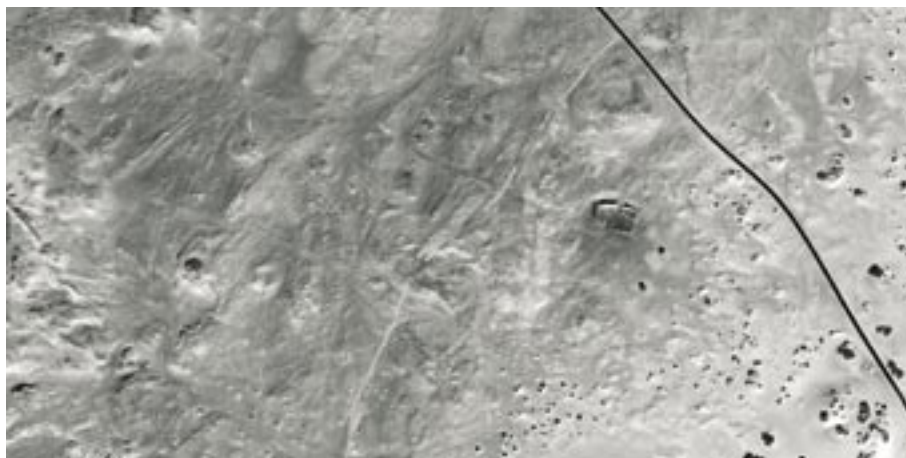
z prostředků moravské firmy UNIS. Zkoumaná oblast (o rozloze přibližně 30 × 20 km), leží asi 30 km jižně od oázy Baharija (viz J. A. Svoboda, Vesmír 84, 79, 2005/2) a je dnes řídko osídlena. Díky tomu zde bylo možno začít s interdisciplinárním výzkumem. V první řadě byl proveden průzkum v terénu, jehož cílem bylo identifikovat povrchové stopy po lidských aktivitách. Dosavadní mapy malého měřítka se pro detailní mapování archeologických objektů nehodily, a proto byly v průběhu prací kromě archeologických objektů sledovány prvky nezbytné pro doplnění současné topografie kulturní krajiny: asfaltové cesty i staré pouštní pisty, současná sídla, hranice vegetace, vodní plochy, studny, úpatí i vrcholky kopců. Tyto prvky hrají prvořadou roli v interpretaci zaniklých sídlišť, pohřebišť a zemědělských ploch. Zřejmě není náhodou, že se například většina osídlení z římské doby vyskytovala v oblastech obydlených i dnes.

Z archeologických objektů byla mapována především sídliště, a pokud to bylo možné, také jejich struktura – obytné stavby a dílenské komplexy (např. hrncířské či vápenné pece). Dále sem patřila pohřebiště, významné samostatné hrobky, zemědělské plochy (stará pole, zahrady a zavlažovací systémy).<sup>3</sup>

Zatím se podařilo zmapovat několik desítek sídlišť a pohřebišť, a to v kombinaci s více než dvacetikilometrovou sítí podzemních vodovodů. Mnohokilometrová síť *manavárů* – podzemních tunelů na svádění vody – zanechává na povrchu pouště nepřehlédnutelné stopy. Mírně se svažující tunely byly totiž z povrchu přístupné v pravidelných intervalech šachtami, užívanými zprvu k hloubení tunelů, a pak k údržbě. Každá linie *manaváru* vedla do nejnižší položeného místa oblasti, kde byly velké studny. Podzemní voda zajišťovala podmínky pro přežití člověka i pro zemědělství.

Právě pro mapování *manavárů* a neprozkoumatelných oblastí lze využít satelitní snímky. Oblast, na které je možno tuto metodu předvést, je okolí pevnosti a guvernérského paláce na lokalitě El-Ríz. Jde o zdaleka největší osídlenou oblast v rámci celé oázy El-Hajez. Její osídlení zahrnuje oblast o ploše 10 ha a původně bylo nepochybně skutečným centrem celé oblasti v době 2.–5. stol. po Kr. Lokalitě dominuje římská pevnost, kterou zkoumal již před více než šedesáti lety A. Fakhry. Nedaleko od pevnosti je situován raně křesťanský kostel. V blízkosti se nacházejí zbytky obdělávaných ploch. Jejich vymezení naznačují i dva cicimky (*Ziziphus spina-christi*), stromy plodící nabak (malé „švestičky“), které jsou staré odhadem více než 1500 let. Poblíž pevnosti jsou i zbytky paláce a moštárna. V okolí se nalézají opět rozsáhlá pohřebiště.

V roce 2004 byly mapovány další dva systémy *manavárů*, jeden sloužil jako přivaděč vody k blízkým polím a zahradám, druhý, velmi rozvětvený, vedl dále na jih. V jeho horním úseku se nachází skupina velkých okrouhlých struktur postavených z taflý. Stavby byly pů-



**Pevnost v El-Rízu (vlevo od asfaltové komunikace), egyptská Západní poušť, oáza El-Hajez; satelitní záznam QuickBird. V okolí pevnosti lze interpretovat rozsáhlé sídelní struktury jednotlivých římských domů, dílen a paláce guvernéra. Znatelné jsou i sítě manavárů.**

vodně zaklenuté a mohly sloužit jako vstupy do podzemních systémů. V té době jsme začali využívat celkový satelitní snímek oblasti, který ukazuje detaily celého sídelního areálu lokality El-Ríz, zejména půdorysy zástavby v rozlehlejší oblasti pevnosti. Snímek naznačil existenci dalších desítek domů a zároveň ukázal hlavní komunikační tepny, které byly na správním středisku El-Ríz navázány. Na základě satelitního snímku, analýzy keramiky, sídlištních struktur a povrchového průzkumu se podařilo určit, že El-Ríz byl nepochybně správním a vojenským centrem se širokým zemědělským zázemím.

### Mnoho dat – mnoho možností

První vyhodnocení satelitních záznamů ukázala egyptské archeologii jen základní možnosti využívání těchto dat. Ve vzájemném propojení s jinými metodami či postupy archeologického výzkumu při aplikaci dalších geoinformačních technologií se dostávají egyptologům do rukou nástroje a datové zdroje, které umožňují hledat odpovědi na základní otázky výzkumu archeologických objektů a formulovat nové, propracovanější koncepce vývoje staroegyptské společnosti.

### K DALŠÍMU ČTENÍ

Bárta M.: Abúsír V. The Cemeteries at Abusir South I, Praha 2001

Bárta M., Voděra K.: Osudy staré 4500 let, Brandýs nad Labem 2002

Brůna V.: Úloha geoinformatiky při archeologickém výzkumu v Abúsíru, Pražské egyptologické studie, ČNEC a ČegÚ, Filozofická fakulta UK, Praha 2002

<http://egypt.geolab.cz/zoom/pan.htm>

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

<http://egyptologie.ff.cuni.cz/hajez/hajez.html>

**Křesťanská bazilika z 5. stol. po Kr. představuje v této oblasti jeden z nejstarších dokladů raného křesťanství, který přetrval mnohé nepřízně. Snímek © M. Bárta.**



<sup>3</sup> Mapování objektů viditelných na povrchu se provádělo během pochůzek v terénu. Všechny viditelné památky byly zaměřeny přístrojem GPS Geoplerer 3 Trimble.