

Dálkový archeologický průzkum a mapování krajinného palimpsestu

V posledním desetiletí minulého století začal být u nás i jinde ve středovýchodní Evropě intenzivně rozvíjen leteckoarcheologický průzkum, metoda založená na přímém pozorování povrchu země z paluby malého letadla, jejímž cílem je objevení a fotografická dokumentace archeologických projevů přítomnosti člověka v minulých dobách. Tato studie přináší přehled o tom, jak se v posledních letech zásadně rozšířily možnosti dálkového průzkumu a mapování archeologického dědictví.

Úvod

Pozorovat jakoukoli realitu z odstupe znamená vidět ji jednak v její celistvosti a jednak v kontextu okolního světa, což obecně vzato umožňuje nahlédnout její složitost. Přinejmenším to platí o pozorování tak komplexní složky reálného světa, jakou je povrch Země. Její nekonečně dlouhý vývoj byl kontinuálně ovlivňován přirozenými (geologickými, klimatickými) procesy a lidskou činností, která sice v kontextu dlouhého času existence vstupuje do procesu teprve nedávno, ale o to razantnějším způsobem činí z přírodního prostředí kulturní krajinu. Ta skrývá na povrchu a nehluboko pod ním archiv vrstev uložených v časové posloupnosti, do jejichž vzájemně neuspořádaných projevů lze za určitých okolností nahlédnout, zdokumentovat je a posléze se je pokusit zmapovat, rozluštit a interpretovat.

Krajinný (sídelní) palimpsest

Obraz, který jednotlivé vrstvy minulých dějů dohromady skládají, nazýváme již od konce 19. století *krajinným/sídelním palimpsestem* (Maitland 1897). V letecké a krajinné archeologii je tímto termínem označován shluk vzájemně se překrývajících a v různém stupni zániku zachovaných památek různého stáří – ať to jsou domy, jámy či příkopy, hroby, polní opevnění nebo cesty. Ono překrývání svědčí o dlouhodobém, resp. opakovaném obývání míst. A je to právě dálkový průzkum, který stopy dávné přítomnosti člověka v krajině dokáže odhalit

a dokumentovat lépe, než to zvládnou jiné metody. Výmluvný příklad palimpsestu vidíme na obr. 1. Protože se na povrchu dvou zde zachycených polí nedochovalo žádné fyzické relikty minulých sídelních aktivit, dokládá tato fotografie sídlištní a pohřební aktivity pravěkých lidí zprostředkovaně, přesněji řečeno účinkováním tzv. vegetačních příznaků (o nich blíže v další kapitole).

Metody dálkového průzkumu uplatňované při sběru archeologických dat

Odhalování pod povrchem země ukrytých reliktnů po životě pravěkých, středověkých a novověkých populací je založeno na principu jejich zviditelnění přímými a nepřímými ukazateli. Jsou jimi tzv. půdní, stínové a zejména vegetační příznaky. Naprostá většina archeologických lokalit Evropy mírného klimatického pásma objevených postupy dálkového průzkumu byla nalezena díky poslední jmenovanému příznaku, tedy zviditelněním zaniklých objektů v podobě odlišné výšky, barvy a hustoty zemědělských plodin rostoucích (v porovnání s plodinami na okolních plochách) nad nimi (obr. 2; viz též obr. 1).

Přítomnost archeologa na palubě letadla za účelem průzkumu z výšky sloužící k vyhledávání pozůstatků archeologického dědictví ukrytého pod zemí se poprvé datuje do časů první světové války a prvního meziválečného desetiletí. Oněch zhruba sto let, které uplynuly od pionýrských začátků tohoto

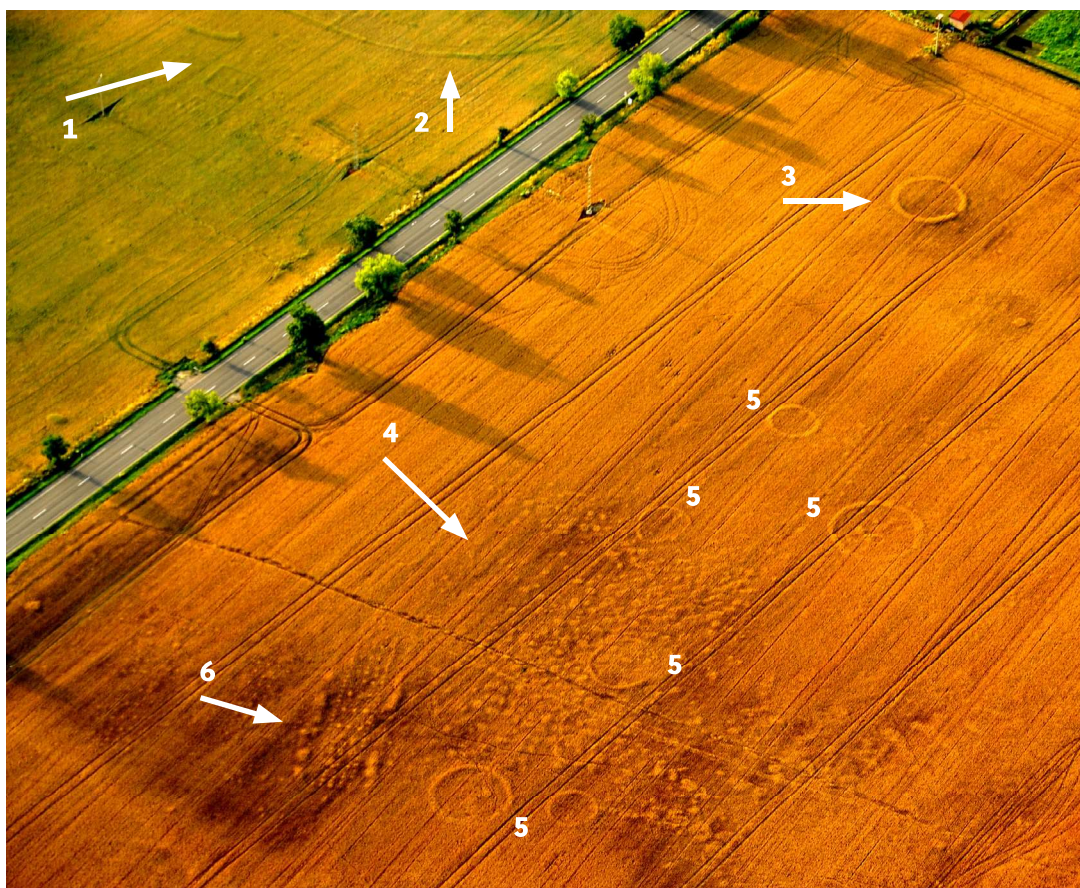
Martin Gojda

Archeologický ústav AV ČR,
Praha, v. v. i.;
gojda@arup.cas.cz

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci projektu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity (NAKI II, Ministerstvo kultury ČR) č. DG18P02OVV058 s názvem „Archeologie z nebe. Analýza a prezentace fondů dálkového průzkumu na Moravě a ve Slezsku“.

OBR. 1 Krajinný/sídelní palimpsest. Litoměřicko, projekt ARÚP. Jednotlivé sídelní relikty interpretujeme následovně: (1) malé pravouhlé ohrazení s centrálně umístěnou hrobovou jámou (vpravo od špičky šipky) a krátký příkop umístěný před vstupem do objektu 2 (vlevo od špičky šipky); (2) zaoblené nároží příkopového ohrazení ze staršího eneolitu (1. pol. 4. tis. př. n. l.); (3) kruhové příkopové ohrazení zaniklé pravěké mohyly se vstupním přerušením; (4) shluk pravěkých (zásobních, odpadních) jam; (5) kruhová příkopová ohrazení zaniklých pravěkých mohyl; (6) půdorys dlouhého neolitického domu (2. polovina 6. tisíciletí př. n. l.) s dobře patrným členěním interiéru řadami sloupových jam; druhý méně zřetelný půdorys je vidět vlevo od číslce 6. Foto: Martin Gojda.



počinání, nazývaného tradičně *letecká archeologie*, bylo svědkem obrovského nárůstu počtu objevených archeologických nalezišť prakticky po celém světě. Až do druhé poloviny 70. let minulého století byl tento způsob jedinou metodou archeologického průzkumu využívající ke shromažďování dat pohled z výšky. Až po vypuštění prvního civilního družicového systému Landsat (1972; viz jeho veřejně dostupné snímky na earthexplorer.usgs.gov) začali archeologové nesměle testovat využitelnost jím pořízených obrazů pro potřeby svého oboru, resp. tehdy se etablojící prostorové a krajinné archeologie. Rozvoj tzv. družicové archeologie ovšem nabral obrátky teprve od poloviny 90. let v souvislosti se zpřístupněním snímků z amerických a ruských špiónážních misí z dob studené války (z nich dodnes nejvyužívanější jsou data z amerického družicového programu CORONA) a především s nástupem generace družic pořizujících od přelomu 20. a 21. století optická multispektrální data s velmi vysokým prostorovým rozlišením (Lasaponara, Masini 2012). V české archeologii se tyto snímky, konkrétně ze systému IKONOS a QuickBird, uplatnily v projektu zkoumajícím jejich archeologicko-průzkumný potenciál v porovnání se šikmými leteckými fotografiemi (Gojda, John 2009) a využili je také čeští egyptologové (Bárta, Brůna 2010).

Teprve v souvislosti s dynamickým rozvojem informačních, komunikačních a především zobrazujících technologií posledního čtvrtstoletí (nástup digitální fotografie, globálního navigačního satelitního systému – GPS, Galileo, dronů, geoinformačních systémů/GIS, bezplatné dostupnosti ortofotomap na mapových serverech aj.) se začal rozšiřovat také instrumentář tradiční letecké archeologie. Výrazně k tomu přispěl rozvoj takových oborů, jako jsou dálkový průzkum Země (DPZ) a obrazová spektroskopie. Proto se upouští od používání pojmu *letecká archeologie* a přechází se k užívání termínu *dálkový archeologický průzkum* (DAP), který integruje řadu speciálních postupů a jimi produkovaných dat. Je to prvořadý soubor metod používaných k vyhledávání, evidenci, mapování a dokumentaci archeologického dědictví. Přímý letecký průzkum ovšem nadále zůstává tam, kde může být i v současnosti těžko nahraditelný moderními postupy, nepominutelnou složkou DAP (podrobně k tradičním i moderním metodám DAP s řadou příkladů jejich praktického využití viz Gojda 2017).

Revoluční změny a inovativní možnosti nabídla archeologickému výzkumu krajiny a péči o archeologické dědictví technologie leteckého laserového (lidarového) skenování (LLS), která spočívá ve schopnosti efektivně (tj. ve vysokém rozlišení



OBR. 2 Rozdíl ve výšce ječmene v zelené fázi vegetačního cyklu nad zahloubenými chatami (snímek vlevo) z doby římské/stěhování národů (3.–6. stol. n. l.) a mimo ně. Jak je patrné u příkladů na fotografii vpravo, plodiny rostoucí nad chatami mohou dosáhnout téměř dvojnásobné výšky. Foto: Martin Gojda.

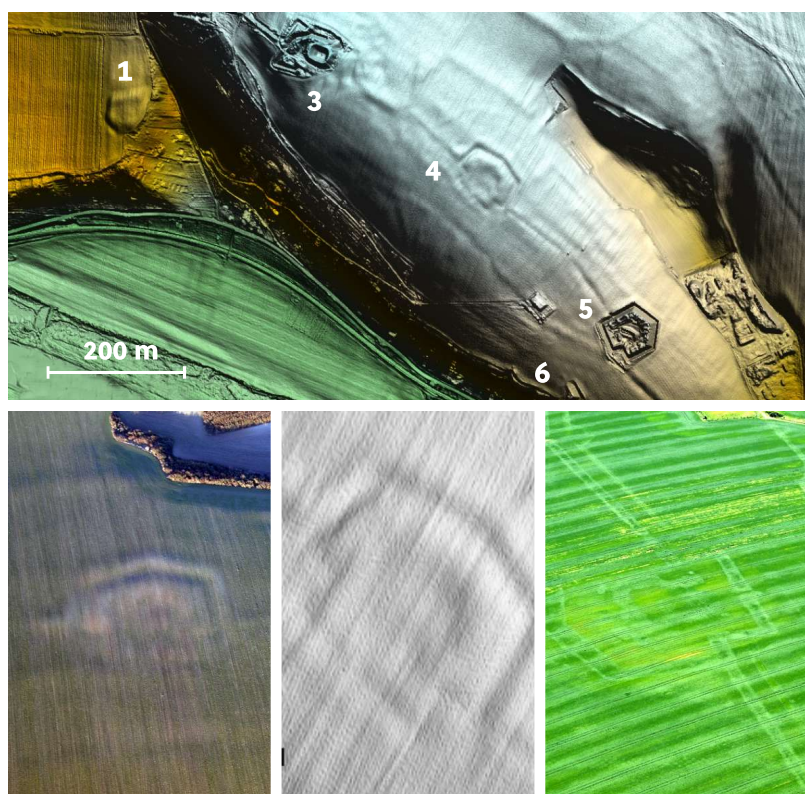
a v krátkém čase) mapovat reliéf zemského povrchu (včetně zalesněných ploch, v nichž je zachováno nejvíce nemovitých památek) a ve výsledku tak vytvářet jeho souvislý digitální výškopisný 3D model. V archeologii se tato metoda, založená na měření vzdálenosti povrchu země od přístroje emitujícího laserové pulsy měřením času, který uplyne mezi vypuštěním pulsu z lidarů a jeho návratem (po jeho odrazu od stromů, budov, terénu a dalších objektů nacházejících se mezi letadlem a povrchem země), začala využívat před patnácti lety (Bewley a kol. 2005). Bez váhání lze konstatovat, že od zavedení leteckého archeologického průzkumu ve 20. letech minulého století žádná jiná inovace nezasáhla tak zásadním způsobem evidenci nemovitých památek jako právě LLS. Nástupem této komplexní technologie se významnou měrou obohacuje výzkum kulturní (pravěké a historické) krajiny. Je to zejména proto, že tímto způsobem realisticky zmapovaný a v trojrozměrném podání zviditelněný zemský povrch se prezentuje jako plocha s téměř nepřetržitým výskytem v reliéfu dochovaných stop dlouhodobého působení člověka, jako skutečný palimpsest dokladů všech možných – výlučných i každodenních – činností našich předchůdců (obr. 3, nahoře a dole uprostřed).

V poslední době upoutaly pozornost světové veřejnosti informace o systematickém velkoplošném průzkumu mayské sídelní oblasti v Guatemale, v jehož průběhu se podařilo právě prostřednictvím LLS objevit rozsáhle zastavěné plochy dosud neznámých zaniklých mayských sídlišť (Canuto a kol. 2018). Ale ani česká archeologie nezůstala pozadu: první evropská odborná monografie shrnující výsledky projektů zaměřených na uplatnění této metody v archeologickém výzkumu krajiny (v tomto případě českých zemí) vyšla na Západočeské univerzitě v Plzni (Gojda, John 2013). V ní je publikována celá řada pravěkých a historických památek (mohylová pohřebiště, hradiště, zaniklé vesnice a cesty, novověká polní opevnění (obr. 3), které byly leteckým laserovým skenováním objeveny a ve 3D podobě zdokumentovány.

Mapování pod povrchem ukrytých památek z leteckých snímků v digitálním prostředí GIS

Stejně jako shromažďování pramenů k výzkumu zaniklých sídelních projevů našich předchůdců prostřednictvím metod dálkového průzkumu je důležité i následné zpracování získaných dat. Rozsáhlý dlouholetý program leteckého průzkumu, který je od roku 1992 součástí vědecko-výzkumné agentury pražského Archeologického ústavu AV ČR, je v současnosti (po ukončení leteckých průzkumných kampaní za účelem sběru dat v roce 2016) zaměřen na kartografické zpracování archeologicky interpretovaných leteckých fotografií zhruba 1000 objevených areálů s objekty pravěkého a historického stáří. Využití potenciálu tohoto (dnes již

OBR. 3 Zviditelnění nemovitých archeologických památek pomocí různých příznaků. Dělostřelecká baterie (součást opevněné linie z poloviny 19. století) u Třeboutic (okr. Litoměřice). Nahoře: pevnostní linie na digitálním modelu reliéfu (DMR) odvozeném z leteckých lidarových dat; dole: baterie č. 4, vlevo stínové příznaky (šikmý letecký snímek), uprostřed stínové příznaky na DMR/lidar, vpravo vegetační příznaky. Foto: Martin Gojda.



OBR. 4 Mapování archeologických lokalit z leteckých fotografií v prostředí GIS. Sídliště ze starší doby železné, Straškov (obec Straškov-Vodochody, okres Litoměřice). (A) sestava ortofotografie a šikmého leteckého snímku pořízeného z nízko letícího letadla. Červené body a linie představují vegetačními příznaky zviditelněné jámy, resp. dva zahloubené domy (větší obdélné bodové objekty) a několik nadzemních budov (skupiny pravidelně uspořádaných bodů). (B) výsledný plán lokality.



plně digitalizovaného) archivního fondu znamená převést interpretované šikmé letecké snímky pohřbených archeologických lokalit zachycujících prostřednictvím (převážně) vegetačních příznaků projevy pravěkých a historických sídelních aktivit do podoby digitalizovaných plánů umístěných ve formě shapefilové vrstvy v prostředí GIS. Jde o to, že fotografie pořízené fotoaparátem drženým v ruce je třeba rektifikovat („narovnat“), tedy převést šikmý snímek na vertikální obraz, ve kterém vzdálenosti mezi objekty a jejich vzájemná poloha (na původní fotografii zachycené ve zkreslené podobě) co nej přesněji odpovídají realitě a jsou zobrazeny v odvoditelném měřítku (obr. 4). Tím získávají informace uložené na letecké fotografii stejnou kvalitu, jaká je požadována od dokumentace archeologických památek při terénních odkryvech: známe jejich přesnou velikost, tvar, rozměry a vzájemné prostorové vztahy. Finálním produktem tohoto procesu je podrobná mapa archeologické lokality, na níž jsou zachyceny půdorysy všech pod zemí ukrytých, ale díky vegetačním příznakům zviditelněných objektů, které tam v dávných dobách umístil a používal člověk.

Inspirací pro tvorbu archeologických digitálních map z leteckých snímků byl především britský projekt *National Mapping Programme*, v jehož rámci hlavní anglická památková instituce Historic England provádí od konce minulého století globálně nejambicióznější projekt mapování nemovitého kulturního dědictví založeného na analýze leteckých fotografií a na interpretaci vegetačních, stínových a půdních indikátorů dávnověkých sídelních aktivit na nich zachycených (Horne 2009).

Závěr

V současnosti je popsán proces realizován především v rámci projektu aplikovaného výzkumu *Archeologický informační systém-2* (Projekt Evropské unie OP VVV, 2018), který je součástí dlouhodobě vytvářené výzkumné infrastruktury, jenž začíná fungovat jako centrální informační zdroj a podpora archeologickému výzkumu v Česku (Archeologický

informační systém ČR – AIS ČR, www.aiscr.cz; Kuna a kol. 2018).

Dnes je v prostředí GIS dokončeno podrobné mapování padesáti lokalit. Proces mapování je ale v současnosti díky vyčleněné části rozpočtu uvedeného grantu postupně urychlován a první série vektorizovaných map/plánů bude v průběhu tohoto roku zařazena do informačního systému Archeologická mapa ČR (www.archeologickamapa.cz), který je jádrem infrastruktury AIS ČR.

Literatura a zdroje dat

- BÁRTA, M., BRŮNA, V. (2010): Satelitní atlas pyramid. Dryada, Praha.
- BEWLEY, R. H., CRUTCHLEY, S. P., SHELL, C. A. (2005): New light on an ancient landscape – lidar survey in the Stonehenge World Heritage Site. *Antiquity*, 79, 636–647.
- CANUTO, M. A. a kol. (2018): Ancient lowland Maya complexity as revealed by airborne laser scanning of Northern Guatemala. *Science*, 361(6409). <https://science.sciencemag.org/content/361/6409/eaau0137.full> (16. 9. 2019).
- GOJDA, M. (2017): Archeologie a dálkový průzkum. Historie, metody, prameny. Academia, Praha.
- GOJDA, M., JOHN, J. (2009): Dálkový archeologický průzkum starého sídelního území Čech. Konfrontace výsledků letecké prospekce a analýzy družicových dat. *Archeologické rozhledy*, 61, 467–492.
- GOJDA, M., JOHN, J., eds. (2013): Archeologie a letecké laserové skenování krajiny. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň.
- HORNE, P. (2009): A strategy for the national mapping programme. English Heritage, York.
- KUNA, M., LEČBYCHOVÁ, O., KOSAROVÁ, Z., NOVÁK, D. (2018): Obsah vytvářený komunitou. *Zprávy památkové péče*, 78(1), 35–44.
- LASAPONARA, R., MASINI, N., eds. (2012): Satellite remote sensing. A new tool for archaeology. Springer Verlag, Heidelberg.
- MAITLAND, F. W. (1897): Domesday book and beyond: Three essays in the early history of England. Cambridge University Press, Cambridge.

Archeologický informační systém ČR – AIS ČR (www.aiscr.cz)

Archeologická mapa ČR – AM ČR (www.archeologickamapa.cz)

Veřejně dostupné snímky družicového systému Landsat (<https://earthexplorer.usgs.gov>)

Abstract

Archaeological remote sensing and its potential to the detection and mapping of the landscape palimpsest. Since the early 1990s a programme of aerial archaeological reconnaissance has been carried out in the Prague Institute of Archaeology, Czech Academy of Sciences. Its data gathering phase finished in 2016, and since then the main activity has been the data processing – principally mapping (vectorisation) of buried sites from interpreted oblique aerial photographs in the GIS environment.



Sucho

Sucho ve světě a v Česku

Sušej únor aneb sucho léčí

Sucho a oheň – přirozená součást života savany

2

Tento soubor (článek) je vlastnictvím časopisu Geografické rozhledy a podléhá právní ochraně. ■ Vydavatel i nakladatel časopisu si vyhrazují právo článek zveřejňovat na webových stránkách a sociálních sítích časopisu za účelem propagace časopisu. ■ Dílo není určeno ke komerčnímu využití. Smí se šířit, pokud jsou korektně uvedeny údaje o autorovi, článku a jako zdroj citován časopis Geografické rozhledy.