

Zaniklá krajina

– pohled z výšky *Laserový skener v archeologii*

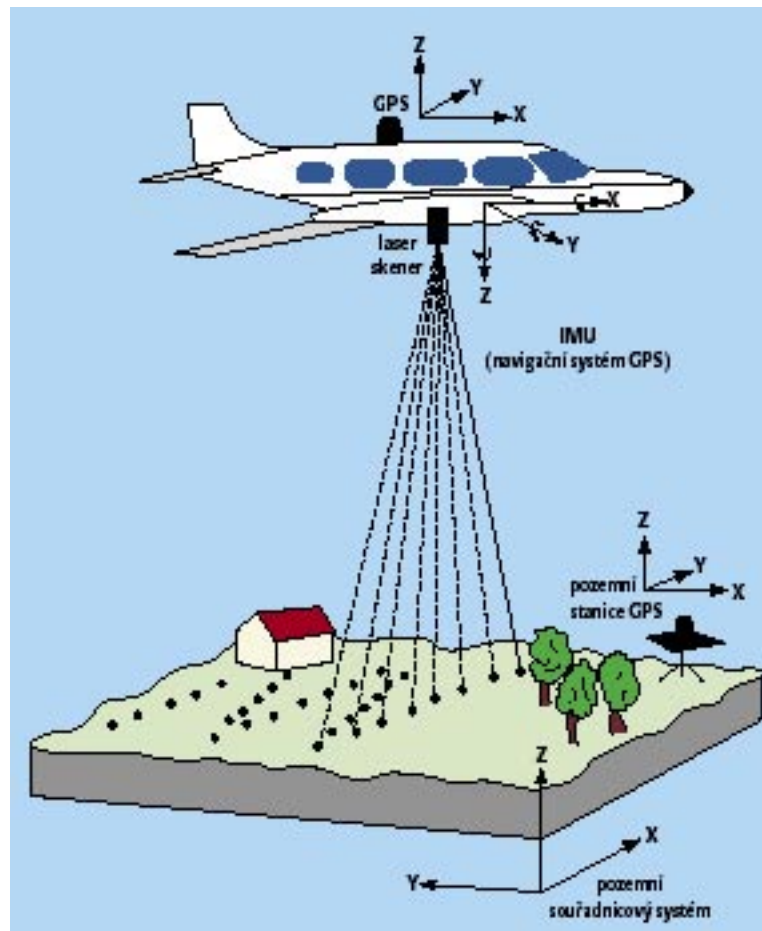
**MARTIN
GOJDA**

V posledních letech se v archeologii stále častěji uplatňuje dálkový průzkum Země. Používá se k vyhledávání pozůstatků lidských sídel, ať už skrytých pod zemí či roztroušených po zemském povrchu (viz Vesmír 79, 337, 2000/6). S dálkovým průzkumem se začalo v osmdesátých letech, kdy se využívaly družicové snímky z amerického systému Landsat a z francouzského systému Spot. Nevýhodou bylo jejich malé prostorové rozlišení. Teprve před desetiletím byla odtajněna data amerických a ruských špionážních systémů (s rozlišením 1–2 m) a zhruba před sedmi lety byly vypuštěny družice soukromých

společností (s rozlišením pod 1 m). K analýze se používají data panchromatická (s citlivostí v celém rozsahu viditelného spektra) i multispektrální (ze skenerů snímajících více pásem viditelného spektra). V posledních letech se stále častěji pracuje také se spektrometry s hyperspektrálními senzory, které z letadel snímají zemský povrch až v několika stech pásmech (viz Vesmír 82, 323, 2003/6), tudíž pokryjí spojitě všechny spektrální oblasti. Dobrým pomocníkem v archeologii je radar, který zprostředkuje informace nejen o zemském povrchu, ale také o poměrech v podpovrchové vrstvě (Vesmír 75, 436, 1996/8). Radarové vlny jsou schopné proniknout i přes mlhu a oblačnost. Jejich nevýhodou je malé geometrické rozlišení (5–10 m). Například americkým systémem SIR (Shuttle Imaging Radar) byly identifikovány zaniklé systémy zavlažovacích kanálů v pouštních oblastech Ameriky, severní Afriky, Středního východu aj.

Vlevo: 1. Mimo zalesněnou plochu, v níž jsou ukryty příkopy a valy pravěkého hradiště Welshbury Hill, jsou viditelné polní meze (podle Devereux et al.).

Vpravo: 2. Princip snímání povrchu terénu lidarem za podpory pozemní stanice operačního systému družicové navigace (GPS). Na letadle je umístěn laserový skener sloužící k trojrozměrnému mapování terénu. Laserem se zjišťuje vzdálenost mezi přístrojem a zemským povrchem (měří se časový interval vypuštění a odrazu paprsku). GPS zprostředkuje navigaci.



Lidar – laser a skener v jednom

Kvalitativní zlom v archeologickém průzkumu krajiny představuje lidar (light detection and ranging), což je v podstatě laserový skener na letadle, sloužící k přesnému trojrozměrnému mapování zemského povrchu. Zjišťuje se jím například rozsah eroze, rozrůstání lesních porostů apod., a nedávno byly zveřejněny první výsledky lidarů v archeologii.

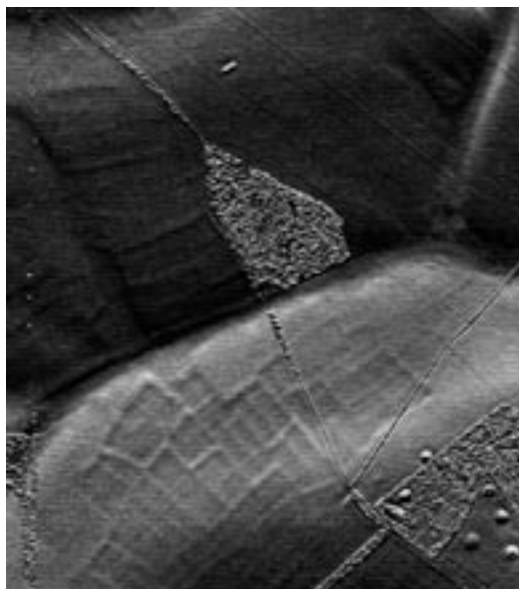
Lidar zjišťuje vzdálenost mezi přístrojem na letadle (složeným z laseru a skeneru) a bodem na zemském povrchu. Měří časový interval, který uplyne po vypuštění a odrazu laserového paprsku. Během jedné sekundy změní několik desítek tisíc bodů zemského povrchu, přičemž hustota bodů změřených lidarem se pohybuje mezi jedním a dvaceti na čtvereční metr. V principu je tento způsob měření znám z pozemního mapování terénu prostřednictvím tzv. totálních stanic a ze zaměřování archeologicky odkrytých situací pozemním trojrozměrným skenerem. Ve spojení se stanicí GPS (Global Positioning System) na letadle, popřípadě s podporou pozemní sítě stanic GPS, pracuje lidar s velkou absolutní polohopisnou přesností – kolem 15 cm – a s ještě výrazně vyšší relativní přesností. Podobně je tomu u výškopisu. Lidar je velmi přesný pro vytváření digitálního modelu zemského povrchu, který zobrazuje terén včetně vegetace (obr. 2).

Obrovskou předností lidarů je jeho schopnost vidět skrze vegetaci a pomocí algoritmů vytvářet digitální výškopisný model terénu ukrytého pod zelenou klenbou lesa. Jak ukazují projekty zaměřené na výzkum terénního reliéfu v oblastech s hustým výskytem pozůstatků pravěkých a středověkých sídel, je lidar schopen přesně zmapovat i nepatrné terénní vyvýšeniny a prohlubně, které často nejsou rozeznatelné okem ani ze Země. Týká se to především starých polí, respektive záhonů a mezí, které v průběhu staletí zanikaly vlivem orby. Pro zvýraznění sebenepatrnějších terénních vyvýšenin se navíc používá stínování pomocí „digitálního slunce“, jehož polohu ve vztahu k horizontu lze libovolně nastavovat. Na tomto principu se již více než osmdesát let provádí letecký archeologický průzkum, který spočívá ve fotodokumentaci dlouhých stínů vrhaných pozůstatky v reliéfu zachovaných památek za úsvitu či před soumrakem.

Ve srovnání s leteckou fotografií nabízí tedy lidar dvě vylepšení. Tím prvním je „snímkování“ a velmi přesné kopírování terénního reliéfu jak v otevřené, tak v zalesněné krajině. Tím druhým je možnost provádět laserové skenování terénu v kteroukoli denní dobu, a přitom si získané snímky nastavit tak, jako by byly pořízeny za nízkého světla.

Co lidar umí a na co je krátký?

Využívání lidarů v archeologickém výzkumu krajiny je teprve v počátcích. První zkušenosti s touto technikou jsou na světě a není pochyb, že se laserové skenování dříve či později stane efektivním způsobem průzkumu



a dokumentace prostředí, v němž jsou na povrchu zachovány pozůstatky pradávných lidských aktivit, jako jsou příkopy a valy hradišť, mohylové násypy, plužina, těžební jámy, cesty. Tato kategorie nemovitých památek může být zachována v zalesněných terénech nebo v otevřené krajině, která byla alespoň částečně ušetřena orbou.

Lidar neumí pronikat pod zemský povrch a objevovat pohřbené předměty, tedy by většinu pravěkých památek u nás nenašel. Plně se uplatňuje jen v zemích, kde v minulosti převažovala pastva nad orbou. Například ve Velké Británii je dodnes na několika místech zachován tvar povrchu ovlivněný člověkem v pravěku. Zde se může lidar používat jak k trojrozměrnému mapování památek již evidovaných, tak k odhalování nových.

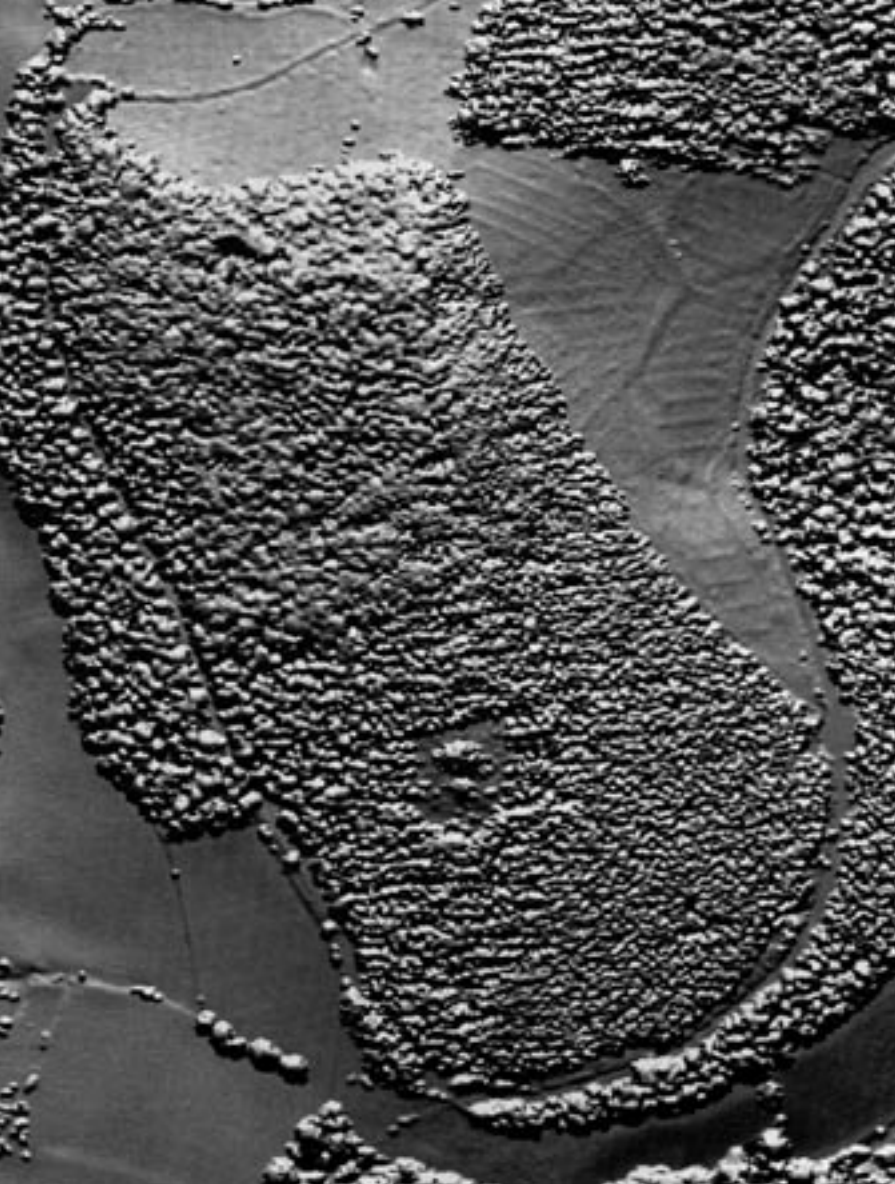
Mezi nejvýznamnější památkové komplexy patří bezesporu areál Stonehenge, jehož výzkumu bylo v posledních letech věnováno několik projektů. Provádělo se zde podrobné polohopisné i výškopisné mapování krajiny a památek, které jsou na povrchu ještě zachytitelné. Měření se prováděla jak přímo v terénu, tak pomocí leteckých fotografií. Spíše pro doplnění těchto metod byla krajina mapována též lidarem umístěným na letadle ve výšce jednoho kilometru. Ukázalo se však, že mapy z lidarových dat jsou často mnohem přesnější (s odchylkou zhruba 0,15 m) než mapy odvozené z leteckých fotografií (u nichž je obvyklá odchylka 5–15 m). Navíc se podařilo najít nová místa s výskytem památek, což je u tak známé lokality překvapivé. Dodatečné digitální vystínování lidarových snímků z různých úhlů a stran umožnilo objevit neznámá pravěká pole a odkrýt detailní členění již známých větších polních systémů. Identifikován byl dokonce systém malých pravěkých polí, jehož mezní pásy se zachovaly i na terénu zarovnaném orbou (obr. 3).

Sen o zviditelnění minulosti a prázdná kapsa

Možnosti lidarů v prostředí zapojeného lesa ukázal výzkum pravěkého hradiště Welsbury Hill s trojnásobným příkopem a valem. Areál je porostlý lesem, který úplně zakrývá

3. Polní systémy (jižní Anglie) odhalené na snímku pořízeném lidarem, který byl uměle nastínován tak, aby vynikly nepatrné vyvýšeniny a prohlubně na zemském povrchu (podle: Bewley et al. 2005).

Doc. PhDr. Martin Gojda, CSc., (*1956) vystudoval archeologii a historii na Filozofické fakultě UK. V Archeologickém ústavu AV ČR se zabývá krajinnou archeologií, teorií a metodologií v archeologii a raným středověkem. Je vedoucím katedry archeologie na Fakultě humanitních studií Západočeské univerzity v Plzni.



4. Snímek pořízený z téhož místa lidarem (podle Devereux et al.).

5. Valy a příkopy hradiště Welshbury Hill; výškopisný model terénu, který byl vytvořen ze snímku na obr. 4 použitím algoritmu odstraňujícího vegetační pokryv terénu (podle Devereux et al.).

povrch terénu a nedovoluje rozpoznat objekty pod stromy (obr. 1). Podobně nepřístupně vypadá povrch téhož terénu zmapovaný lidarem (obr. 4). Pomocí algoritmů je ale možné vytvářet výškopisný model terénu bez vegetačního pokryvu. Digitálním vystínováním terénu se pak dosáhne trojrozměrné podoby nejen samotného hradiště, ale také přilehlého systému polí, pocházejících zřejmě z doby bronzové (obr. 5).

K čemu se tedy dálkové laserové skenování hodí při výzkumu v České republice? Především k mapování rozsáhlých ploch pravěké a středověké kulturní krajiny s otisky dávných stop po osídlení, jako jsou mohylníky, zaniklé vesnice, pole či těžební a výrobní areály (pinky, rýžoviště, milíře, sklářské pece aj.), vojenská zařízení z husitských dob či z období třicetileté války, a to vše jak v otevřené, tak v zalesněné krajině. Přitom absolutní polohopisná a výškopisná přesnost měřených ploch je srovnatelná s přesností dosahovanou při



pozemním geodetickým zaměřování, které je však nesrovnatelně pomalejší. Přesné geodetické zaměření jednoho několikahektarového hradiště může trvat i několik dní, zatímco prostor, na němž je takový objekt umístěn, je lidarem zkopírován za několik minut a data jím získaná jsou po patřičných krocích transformována do podoby plánu a trojrozměrného modelu. Kombinací různých softwarů je navíc možné tato data, uložená v digitální podobě, zhodnotit a vytvořit velmi rychle podrobné plány pravěkých hradišť, mohylových pohřebišť nebo zaniklých středověkých vesnic.

Další možnosti lidarů jsou v objevování dosud neznámých památek v podobě tvarů terénu, které místy dosud zůstaly „zakonzervovány“ na povrchu. Kromě výše položených oblastí nezasažených orbou by lidar mohl sloužit k detekci písčiny přesypů, které kdysi vystupovaly nad plochý reliéf širokých údolí a chránily pravěké osady před cyklicky se opakující povodní.

Zatím je pokrytí povrchu České republiky digitálními snímky minimální. Ti, kdo by tuto špičkovou technologii rádi využili pro geodeticky přesné mapování terénu, se musí připravit na téměř nedostupné pořizovací ceny. Až se tato situace změní, budou nejspíš archeologové mezi prvními, kteří se postaví do fronty na lidarová data.

K DALŠÍMU ČTENÍ

- Bewley R. H., Crutchley S. P., Shell C. A.: New light on an ancient landscape: lidar survey in the Stonehenge World heritage Site, *Antiquity* 79, 636–647, 2005
 Devereux B. J., Amable G. S., Crow P., Cliff A. D.: The potential of airborne lidar for detection of archaeological features under woodland canopies, *Antiquity* 79, 648–660, 2005;
 Gojda M.: Letecká archeologie a dálkový průzkum. In: *Nedestruktivní archeologie* (M. Kuna ed.), 49–115, Academia, Praha (v tisku)