

Dokumentace mincí výpočetní fotografickou metodou RTI

Jindřich PLZÁK

NL 71, 2016, s. 169–174

Documentation of coins via Reflectance Transformation Imaging (RTI)

The Reflectance Transformation Imaging (RTI) recently represents widely used method for documentation of archaeological artifacts and research in this field. The RTI creates digital presentation of images from sequence of snaps with lighting from different directions. Information about lighting from this group of images is mathematically synthesized in a RTI image which can help the user to illuminate interactively the object surface and improve the final image in significant details. The RTI method is very successful in improving details of badly preserved coins, sometimes illegible for the first sight.

— coins; computing photography; documentation; lighting; Reflectance Transformation Imaging (RTI).

— mince; výpočetní fotografie; dokumentace; osvětlení; zobrazení transformací odrazu (RTI).

Úvod

Základním postupem v numismatických studiích je dokumentace a identifikace zkoumaných mincí. Vzhledem k tomu, že mince jsou většinou malých rozměrů s nízkým reliéfním vyobrazením s různou úrovní zachování, je tento úkol někdy velice obtížný. K rozpoznání setřených nápisů a číslic je někdy potřeba velké představitivosti a zkušenosti badatele. Tradičními nástroji pro určení a přečtení jsou proto lupa, mikroskop a digitální fotoaparát. Při fotografické dokumentaci se velice často používá šikmého osvětlení, které zvýrazňuje kontury, a vržené stíny dotvářejí plastičnost povrchu. Z tohoto důvodu jsou mince fotografovány z více směrů, aby byly lépe čitelné a povrch lépe vynikl. Tato metoda je ale z pohledu fotografa velice subjektivní, protože nikdy nedokáže plně zachytit veškeré potřebné směry k reálnému zdokumentování, a z hlediska časové náročnosti je pomalá. Možností, jak zaznamenat více informací z fotografií, je využívání výpočetní fotografie. Nejznámější technologií z této skupiny je focení s vysokým dynamickým rozsahem (High Dynamic Range) či multispektrální snímkování a trojrozměrná fotogrammetrie. Do výpočetní fotografie také patří zobrazovací technika zvaná zobrazení transformací odrazu (Reflectance Trans-

* Mgr. Jindřich Plzák, Ph.D., Katedra archeologie, Fakulta filozofická, Západočeská univerzita (Plzeň), plzakj@kar.zcu.cz. Článek vznikl s podporou Studentské grantové soutěže Západočeské univerzity v Plzni SGS-2015-073 „Třetí rozměr v archeologii.“

formation Imaging), která se těší velké popularitě v mnoha oborech. Tato nenáročná fotografická metoda zachycuje detail povrchu i s informacemi o jeho barevnosti a odrazivosti. Také dokáže zdůraznit povrchovou strukturu foceného předmětu. Výrazná výhoda techniky RTI je ve způsobu prohlížení nasnímkaného předmětu. Badatel má možnost zkoumat objekt díky interaktivnímu osvětlení z jakéhokoliv směru a pozorovat, jak světlo interaguje s povrchem i prostřednictvím různých filtrů, které značně zdůrazňují jeho topografii. Dynamické osvětlení může odhalit na materiálu a barevnosti povrchu detaily, které by se konvenční fotografií nepodařilo zachytit.

Největších úspěchů technika RTI dosáhla ve studiu paleobotanických a paleontologických fosilií, ve studiu traseologie na pravěkých kamenných nástrojích, při analýze povrchové textury olejomalby, ve studiu klínového písma na hlíněných tabulkách a v dokumentaci velkých numismatických sbírek a skalního umění.¹ Obliba této techniky i v prostředí institucí, jako jsou muzea, je zapříčiněná její rychlou a především levnou aplikací díky volnému šíření v licenční formě GNU (Gnu General Public License version 3).

Historie vývoje a vzniku techniky RTI

Původní vizualizační technologie polynomického mapování textury (Polynomial Texture Mapping) byla vyvinuta pro herní průmysl, kde měla za úkol efektivním výpočetním způsobem vytvářet realističtější zážitek pro hráče ve formě správného vykreslení odraženého světla od různých objektů a materiálu, a tak získávat kvalitní fotorealistické textury pro texturování 3D povrchů.² Vizualizační technologií PTM se začal v roce 2001 ve výzkumných laboratořích firmy Hewlett Packard zabývat Tom Malzbender.³ První aplikací v ochraně kulturního dědictví a předvedením silné stránky techniky PTM bylo v roce 2005 v laboratořích HP snímkování mechanismu z Antikythery, kde se díky této technice zobra-

¹ Srov. MUDGE, M. – MALZBENDER, T. – SCHROER, C. – LUM, M.: *New reflection transformation imaging methods for rock art and multiple-viewpoint display*, in: M. Ioannides – D. B. Arnold – F. Niccolucci – K. Mania (ed.), VAST 2006: the 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage, Nicosia, Cyprus, 2006. Proceedings, 2006, s. 195–202; EARL, G. P. – BASFORD, P. J. – BISCHOFF, A. S. – BOWMAN, A. – CROWTHER, C. – HODGSON, M. – MARTINEZ, K. – ISAKSEN, L. – PAGI, H. – PIQUETTE, K. E. – KOTOULA, E.: *Reflectance Transformation Imaging Systems for Ancient Documentary Artefacts*, in: Electronic Visualisation and the Arts 2011, London 2011; EARL, G. P. – MARTÍNEZ, K. – MALZBENDER, Tom: *Archaeological applications of polynomial texture mapping: analysis, conservation and representation*, Journal of Archaeological Science 37, 2010, s. 2040–2050; HAMEEUW, Hendrik – GEERT, Willems: *New Visualization Techniques for Cuneiform Texts and Sealings*, Akkadica 132, 2011, s. 163–178; KOTOULA, E. – KYRANOUDI, M.: *Study of Ancient Greek and Roman coins using Reflectance Transformation Imaging*, e-conservation Mag. 25, 2013, s. 74–88.

² LEHOUX, Daryn: *Ancient Science in a Digital Age*, Isis 104, 2013, s. 112.

³ MALZBENDER, Tom – GELB, Dan – WOLTERS, Hans – ZUCKERMAN, Bruce: *Enhancement of Shape Perception by Surface Reflectance Transformation*. Tech. Rep. HPL-2000-38R1, Hewlett-Packard Laboratories, Palo Alto, California 2000; MALZBENDER, Tom – GELB, Dan – WOLTERS, Hans: *Polynomial texture maps*, in: SIGGRAPH '01: Proceedings of the 28th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. ACM Press, 2001, s. 519–528.

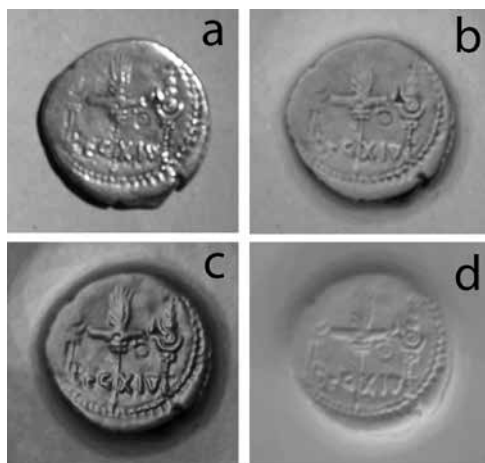
zily a byly možné přečíst značky na fragmentech ozubeného soukolí.⁴ Software pro techniku snímkování PTM na stránkách firmy HP je stále volný k distribuci, a proto tento matematický algoritmus mohl být dále třetí stranou vyvíjen a dále se mohl šířit.⁵ Od roku 2006 Tom Malzbender navázal spolupráci s neziskovou organizací Cultural Heritage Imaging a díky této spolupráci vznikla komplexní technika RTI s vlastním technickým zázemím. CHI zdarma poskytuje software, návody, případové studie a ukázková data pro RTI, a to stále pod stejnou licencí GNU jako původní PTM.⁶

Reflectance Transformation Imaging

Technika výpočetního fotografování metodou RTI využívá sekvenci statických digitálních fotografií objektu z konstantní polohy fotoaparátu, kdy každá jednotlivá fotografie je osvětlena z jiného úhlu. Z této sekvence snímků je poté syntetizován matematický model povrchu snímkaného objektu. Výstupem je tedy jeden syntetizovaný 2D snímek s trojrozměrnými informacemi o skutečném povrchu (jedná se o 2,5D reprezentaci povrchu objektu). Vnímání snímku ve třech rozměrech umožňuje uživateli interaktivní nastavení osvětlení předmětu z různých směrů. Díky použití různých renderovacích filtrů je možné dále zvýšit kontrast mezi vysokým a nízkým reliéfem nebo nezávisle nastavit hodnoty odrazivosti nebo barevnosti povrchu, aniž by to ovlivnilo topografické informace snímaného objektu (obr. 1).

● □ 1: ŘÍM, Markus Antonius, denár, 14. legie:

a) vstupní fotografie; **b)** syntetizovaná fotografie s kolmým osvětlením; **c)** zobrazení se zrcadlovým posílením; **d)** vizualizace normálové mapy.



Pro generování RTI snímků existuje vícero metod. První základní verze je využití kopule (hemisféry), kde jsou v pravidelném intervalu umístěna světla či blesky, které postupně po jednom osvětlují snímkaný objekt položený uprostřed hemisféry. Ten snímá pevně zafixovaný fotoaparát otvorem ve středu jejího pláště. Většinou se jedná o zautomatizovaný proces snímko-

⁴ Webové stránky projektu: http://www.hpl.hp.com/research/ptm/antikythera_mechanism/full_resolution_ptm.htm; <http://www.antikythera-mechanism.gr/>.

⁵ Webové stránky projektu: <http://www.hpl.hp.com/research/ptm/>.

⁶ Webové stránky projektu: <http://culturalheritageimaging.org/>.

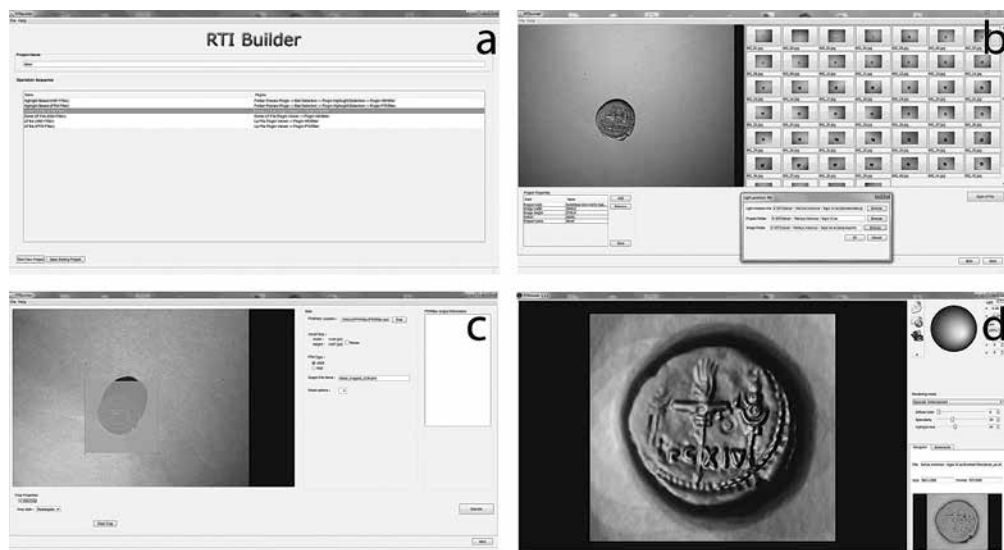
vání. Druhou možností je focení na základě odrazu, což vyžaduje pouze pevně umístěný fotoaparát, lesklou kouli umístěnou vedle snímkaného objektu a pohyblivý světelný zdroj, který se udržuje v konstantní vzdálenosti od středu snímkaného objektu, ve vzdálenosti přibližně trojnásobku délky objektu. Pro každý zaznamenaný snímek se zdroj světla přesune ručně na jinou pozici. Na lesklé kouli jsou poté ve formě odlesku zaznamenané jedinečné pozice světla pro každý snímek. Ačkoli je tato metoda časově náročnější, protože uživatel musí pokaždé přemístit zdroj světla a udržovat jeho nastavenou vzdálenost od objektu, vyžaduje méně specializované školení a vybavení, takže je jednodušší a méně nákladná. Je také lépe transportovatelná a často je také vhodnější do terénních podmínek, kdy dokáže zachytit objekty jakékoliv velikosti (s vhodným zdrojem světla).

Metodika tvorby a prohlížení souborů RTI

Prvním krokem pro tvorbu RTI snímků je stáhnutí a nainstalování softwaru RTIBuilder a k prohlížení výsledků software RTIViewer. Pro spuštění programů musí být také nainstalován programovací jazyk Java. K využití původní techniky PTM je nutné nakopírovat její původní zdroj z HP Labs do složky programu RTIBuilder. Podrobný návod s odkazy na software a uživatelským návodem je dostupný na stránkách CHI.⁷

Při spuštění RTIBuilder je potřeba zadat název projektu a vybrat si metodu, kterou si budu přát aplikovat. Na výběr je metoda na bázi odrazů nebo metoda využívající světelný dome (hemisféru). Obě metody je možné vypočítat jak s původní PTM technikou, tak i s novou HSH (Hemispherical Harmonics) pro vznik RTI souboru. K využití světelné hemisféry je nutné nejdříve vytvořit soubor LP (light positions). Soubor obsahuje souřadnice světel v hemisféře, které osvětlují focený objekt. Pro definování souřadnic světel se v hemisféře nasnímkuje černá či červená lesklá koule v celé sérii osvětlení. V projektu vytvoření LP souboru se tyto snímky načtou a na jednom z nich se definuje oblast pro automatickou identifikaci koule na ostatních snímcích. Po identifikaci koule na všech snímcích se detekují vzniklé světelné odrazy z postupně rozsvíceného osvětlení. Vygenerované světelné pozice pro jednotlivé snímky se poté uloží do souboru LP. Tento krok se pro využití světelné hemisféry aplikuje pouze jednou a poté se už jen využívá vzniklý soubor se souřadnicemi světel. Velikost foceně koule ovšem musí zhruba odpovídat velikosti objektů, které poté budou dokumentovány. Nafocené snímky ze světelné hemisféry se otevrou v metodě využívající PTM výpočet a poté se definuje umístění souboru LP, umístění celého projektu a umístění zdrojových fotografií. Před vytvořením syntetizovaného snímku je možné definovat oblast oříznutí a snímek tak zmenšit. Zvolením výpočtu metodou PTM je při prohlížení možné vybrat si z více možností zobrazení. Aplikováním metody RTI je výpočet přesnější, ale pro prohlížení jsou poté na výběr jen dvě možnosti zobrazení (obr. 2).

⁷ Webové stránky projektu: http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/.



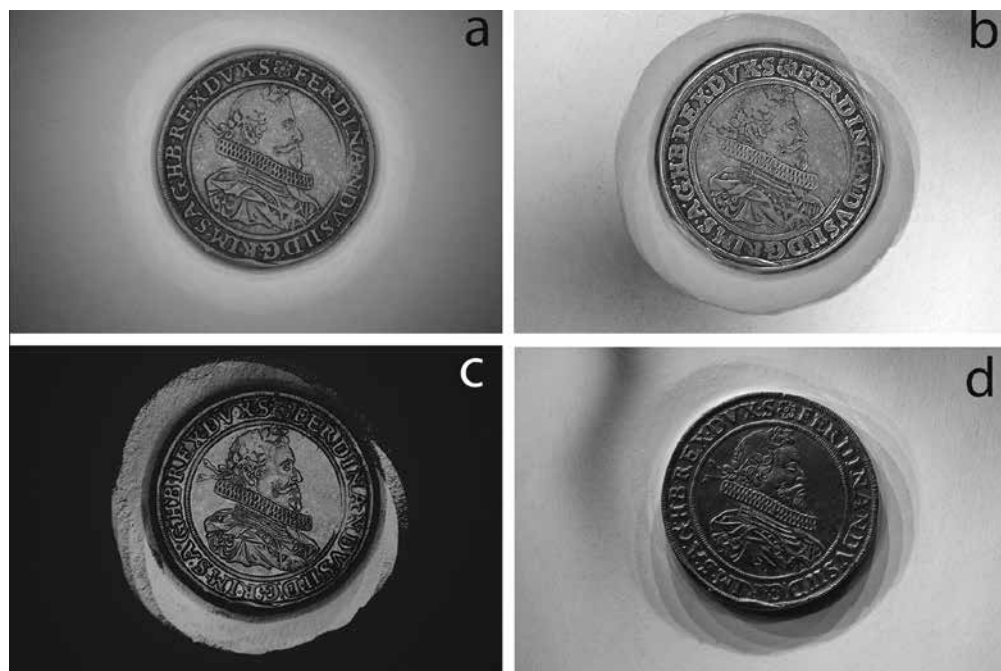
● 2: Software pro snímky RTI:

- a) výběr metod; b) načtení 46 vstupních fotografií a určení cesty k projektu;
 c) finální ořez a tvorba RTI snímku; d) prohlížeč pro RTI snímky s vizualizací zrcadlového posílení.

Metoda na základě odrazů je podobná metodě s hemisférou, ale není k ní potřeba vybavení v podobě světelné hemisféry. Na snímcích je vedle dokumentovaného objektu umístěna koule, která zachycuje pozice osvětlení formou odlesků. Po načtení fotografií se detekují až dvě koule a na nich se identifikují světelné odrazy pro výpočet souřadnic zdroje osvětlení, které z důvodů ručního umístění osvětlení budou vždy pro každý snímáný objekt unikátní. Před vytvořením syntetizovaného snímku se označí zájmová oblast a ze snímků se oříznou nadbytečné části.

Optimální počet jednotlivých snímků s unikátními pozicemi osvětlení se udává od 15 do 65. Při metodě na bázi odlesků by pozice světel měly pokrýt celou plochu pomyslné virtuální polokoule okolo objektu. Celková datová velikost syntetizovaného snímku je přibližně násobkem datové velikosti všech použitých snímků do výpočtu.

Prohlížeč syntetizovaných snímků RTIViewer umožňuje měnit směr osvětlení tak, jak uživatel potřebuje. Osvětlení je dopočítáno v plném rozsahu a je možné nasvítit si minci z jakéhokoliv úhlu. Důležitou možností jsou renderovací módy, kdy pro metodu PTM je na výběr z 10 možností a pro metodu RTI jen tři. Nejzásadnější možností vizualizací je matematické posílení zrcadlení (specular enhancement), které zobrazuje tvar povrchu se zvýšenou odrazivostí (obr. 3). Parametry zobrazení je možné také upravovat dle vlastní volby. Zobrazený předmět je možné si přibližovat a nalezený detail lze v určitém směru osvětlení a nastavené vizualizaci uložit ve formě záložky s popisem pro pozdější rychlejší vyhledání.



- 3: SLEZSKO, Ferdinand II., mincovna *Vratislav*, tolar 1632, 44,5 mm:
a) vstupní fotografie; b) syntetizovaná fotografie s difuzním osvětlením;
c) zobrazení se zrcadlovým posílením; d) zobrazení se statickým multi světlem.

Závěr

Využitím mnoha druhů vizualizací a možností uživatelského nasvětlení by tento typ dokumentace mincí mohl sloužit také jako částečná digitální náhrada fyzického originálu v případech, kdy přístup k artefaktu je často omezen anebo je nežádoucí jeho opakované vystavování či fyzické zkoumání. Zaznamenané detailní informace o povrchu mincí a jejich možné matematické vylepšení ve formě zrcadlového posílení zjednodušují analýzu mincí a jejich případnou čitelnost. RTI vizualizace je možné umístit na webové stránky a tím zpřístupnit mince pro případné badatele ve vysoké kvalitě s možností podrobného vizuálního zkoumání. RTI snímkování je také vhodné pro fázi konzervace mincí, kdy jednoduše a kvalitně zaznamená informace o povrchu před konzervací a po ní. K zaznamenanému stavu je poté možno se v průběhu času vrátit a zhodnotit čitelnost mince či její případné defekty či monitorovat změny po ošetření.

V zásadě se jedná o metodu dokumentace, která je velice jednoduchá, rychlá a není k ní potřeba speciálního vybavení. Díky interaktivnímu osvětlení s několika druhy vizualizací je tento typ dokumentace vhodný pro podrobné zkoumání povrchu mincí.



Vyobrazení k článku Jindřich PLZÁK, *Dokumentace mincí výpočetní fotografickou metodou RTI*, s. 169–174.

○■ **SLEZSKO, Ferdinand II.**, mincovna *Vratislav*, tolar 1632, 44,5 mm:

a) vstupní fotografie; **b)** syntetizovaná fotografie s difúzním osvětlením;

c) zobrazení se zrcadlovým posílením; **d)** zobrazení se statickým multi světlem.

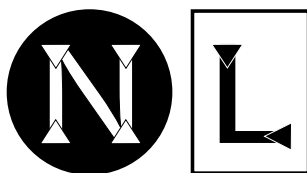


Titulní strana:

Vyobrazení k článku Jiří MILITKÝ, *Římské republikánské mince ze sbírky Univerzity Palackého v Olomouci*, s. 99–127.

○■ **ŘÍM, L. Sentius C.f.**, mincovna *Roma*, denár (odpovídá katalogovému číslu 47). Zvětšeno 2:1.

NÁRODNÍ MUZEUM
ČESKÁ NUMISMATICKÁ SPOLEČNOST



Numismatické listy

71 • 2016 • 3-4

Vedoucí redaktor / Chief Editor: Luboš POLANSKÝ.

Redakční rada / Editors: Marek CAJTHAML, Petr HAIMANN, Dagmar KAŠPAROVÁ,
Michal MAŠEK, Jiří MILITKÝ, Věra NĚMEČKOVÁ, Vlastimil NOVÁK,
Borys PASZKIEWICZ, Zdeněk PETRÁŇ, Jiří SLÁMA, Eduard ŠIMEK,
Jan VIDEMAN, Petr VOREL.

Jazyková redakce / Language Editor: Lenka VACINOVÁ.

Redakce / Contact Address: lubos_polansky@nm.cz • 224 497 283.

Anglická abstrakta a resumé překládá / English abstracts and summaries translated
by Gabriela & Vlastimil NOVÁK.



NÁRODNÍ MUZEUM



Vydává: Národní muzeum ve spolupráci s Českou numismatickou společností.
Technická příprava a grafická úprava: Quattro-Production s. r. o.
Tisk: Josef Kleinwächter.

Přímý prodej zajišťuje stánek v Nové budově Národního muzea. Distribuci povinných výtisků,
výtisků pro předplatitele a distribuci volných výtisků zajišťuje Obchodní oddělení,
Národní muzeum, Vínohradská 1, 110 00 Praha 1, telefon 224 497 159, fax 222 246 047
(ze zahraničí: telefon +420 224 497 159, fax +420 222 246 047), e-mail: publikace@nm.cz.
Zde se přijímají i objednávky předplatného, z ČR i ze zahraničí a poskytují informace o cenách
předplatného. Členům České numismatické společnosti zasílá Česká numismatická společnost,
Arménská 1372/10, 101 00 Praha 10 – Vršovice, telefon 271 730 775.

Vychází dvakrát ročně jako dvojčíslo.
Redakční uzávěrky jsou 1. dubna a 1. září.
Pokyny pro autory najdete na www.nm.cz/publikace.

© Národní muzeum, Václavské náměstí 68, 115 79 Praha 1.
ISSN 0029-6074, MK ČR E 568.