

Muz., 2018(59): 54-62  
Rocznik, eISSN 2391-4815

data przyjęcia – 03.2018  
data recenzji – 04.2018  
data akceptacji – 04.2018  
DOI:10.5604/01.3001.0012.0619

# OBRAZOWANIE Z PRZEKSZTAŁCENIEM ODBICIA. O FOTOGRAFICZNEJ METODZIE DOKUMENTACJI I ANALIZY ZABYTKÓW

REFLECTANCE TRANSFORMATION IMAGING.  
ABOUT A PHOTOGRAPHIC METHOD FOR  
DOCUMENTATION AND ANALYSIS OF HISTORICAL  
ARTEFACTS

**Paweł Lech Polkowski**

Muzeum Archeologiczne w Poznaniu

**Piotr Witkowski**

Instytut Archeologii Uniwersytetu Warszawskiego

**Abstract:** The modern technology has been offering more and more tools for digitalisation of historical artefacts or works of art. Especially popular is a 3D visualisation, which allows to obtain a very realistic image of the subject. However, for many culture and science institutions, including museums, these tools are not easily available due to financial reasons. The discussed herein method of Reflectance Transformation Imaging (further RTI) seems to be a solution, which – being relatively inexpensive – offers a whole range of possibilities as far as documentation of historical artefacts is concerned. It allows – without the need of using a high-tech equipment

– to create 2.5D images out of regular digital photographs. The way how the RTI method works has been shortly characterised in this article, at the same time presenting subsequent stages within the procedure of obtaining images. In order to show the results of this method, authors referred also to their own experience in RTI. They described images by themselves of three boulders with petroglyphs, which are in the possession of the Archaeological Museum in Poznań. The authors presented their own assessment of the RTI method – based on their achievements and the source literature – identifying its both positive and negative aspects.

**Keywords:** Reflectance Transformation Imaging method – RTI, photographic documentation, iconography, digitalisation, multimedia.

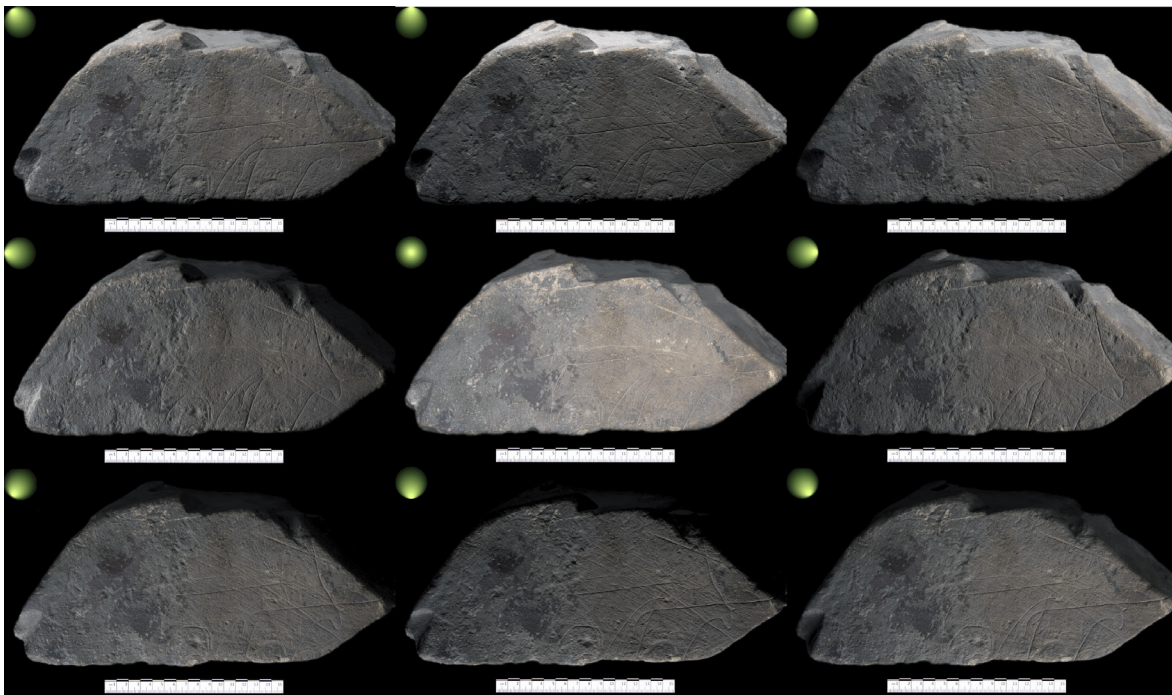
Fotografia cyfrowa stanowi obecnie podstawę dla szerokiej grupy metod i technik wykorzystywanych w celu dokumentacji stanowisk archeologicznych, zabytków i muzealnych eksponatów. Zastosowanie większości z tych metod i technik (m.in. obrazowanie multispektralne, fotogrametria, skanowanie) wiąże się często ze znacznymi nakładami finansowymi. Dlatego warto poszukiwać sposobów, które nie są bardzo kosztowne, a jednocześnie oferują większe niż tradycyjna fotografia możliwości analityczne. Jedną z takich metod jest obrazowanie z przekształceniem odbicia (ang. Reflectance Transformation Imaging, dalej RTI). Jest to metoda umożliwiająca stworzenie interaktywnego cyfrowego modelu powierzchni rzeczywistego przedmiotu lub jego części. Interaktywność ta polega na możliwości wirtualnego oświetlenia otrzymanego modelu z dowolnego kierunku. Światła i cienie tworzące się na powierzchni modelu są efektem zarówno zróżnicowanej topografii, jak i innych właściwości materialnych dokumentowanego przedmiotu<sup>1</sup>.

### Opis metody RTI

RTI jest metodą obliczeniową bazującą na zdjęciach cyfrowych. Do wykonania modelu potrzebny jest minimalny zestaw około 24 fotografii, wykonanych aparatem umieszczonym na czas sesji w jednym miejscu. Niezmienne pozostaje

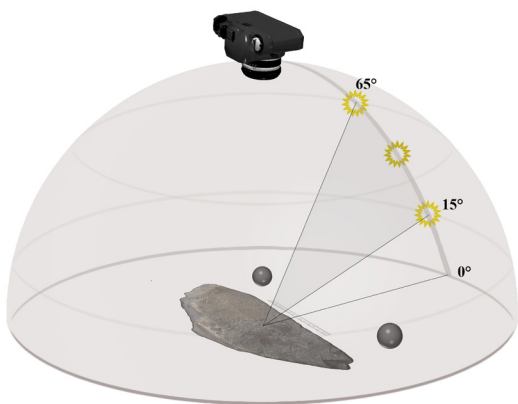
również położenie i orientacja dokumentowanego przedmiotu. Obiektyw aparatu powinien być umieszczony prostopadle do obrazowanej powierzchni, a sam aparat przedstawiony na tryb manualny. Po określeniu właściwych parametrów ekspozycji (czas otwarcia migawki, wielkość otworu przesłony i czułość matrycy) oraz ustawieniu ostrości (dla wszystkich dokumentowanych powierzchni) tę ostatnią funkcję blokujemy, a parametry ekspozycji pozostawiamy niezmienione podczas wykonywania wszystkich zdjęć. Aparat stabilizujemy na statywie, zdalną kontrolę zapewni zaś komputer bądź aplikacja w telefonie (tablecie). Zapobiegnie to przede wszystkim niepożądanemu poruszeniu aparatu w trakcie sesji<sup>2</sup>.

W kadrze wraz z zabytkiem umieszczamy miarkę (w celu późniejszego szacowania wielkości poszczególnych cech powierzchni zabytku), kartę kolorów (aby skalibrować kolory zarejestrowane na zdjęciach) oraz dwie półkuli kalibracyjne. Dzięki kulom na każdym zdjęciu zarejestrowane zostają odbicia światła wyzwalanego przez lampę błyskową. Lampę tę przemieszczamy przed wykonaniem każdego kolejnego zdjęcia tak, aby wszystkie punkty położenia źródła światła rozmieszczone były w danej sesji równomiernie wokół przedmiotu. Odległość między lampą a środkiem zabytku powinna być stała i nie mniejsza niż dwu/trzykrotność jego średnicy, a światło należy rzucać pod kątem od 15° do 65°.



1. Porównanie widoczności poszczególnych cech powierzchni zabytku (kamień 1.) na obrazie RTI, w trybie wizualizacji *Default*, w zależności od kierunku z jakiego oświetlany jest obiekt; zielona kula informuje o kierunku iluminacji

1. Comparison of individual surface features' visibility of the historic object (stone No. 1), RTI screen capture in the *Default* mode of visualisation, depending on the direction from which the object is illuminated; a green sphere informs on the direction of lighting



2. Syntetyczne przedstawienie sesji fotograficznej pierwszego etapu metody obrazowania z przekształceniem odbicia

2. A synthetic presentation of the photography session during the first stage of using the Reflectance Transformation Imaging



3. Sesja fotograficzna w Muzeum Archeologicznym w Poznaniu

3. Photography session at the Archaeological Museum in Poznań

Niezmienna odległość między lampą a zabytkiem powoduje, że na zdjęciach udokumentowane zostają zmiany barwy powierzchni, które ujawniają się, gdy światło pada na przedmiot pod różnym kątem. Zmiany te zależne są dodatkowo od topografii powierzchni i właściwości materiałów, z jakich wykonano przedmiot. Ponieważ dokumentujemy ich wpływ na światło (w formie fenomenu określanego odbiciem), informacje o tych cechach zabytku mogą zostać odkryte podczas późniejszej analizy cyfrowego modelu<sup>3</sup>. Warto dodać,

że liczne muzea oraz jednostki uniwersyteckie stosujące RTI zbudowały specjalne statywy świetlne w formie kopuł lub ramion z zamocowanymi na nich źródłami światła. Urządzenia te znacznie przyspieszają i ułatwiają dokonywanie pomiarów, czyli akwizycję zdjęć<sup>4</sup>.

Po wykonaniu całego zestawu fotografii musimy ocenić ich jakość i przydatność w dalszej fazie obrazowania. Oceniamy ostrość i jasność zdjęć, a także ich zawartość. Usuwamy ze zbioru te fotografie, które są wykonane nieprawidłowo, lub na których zarejestrowano niepożądane elementy np. nasz cień na powierzchni zabytku. Jeśli po ich usunięciu zbiór jest niewielki lub jeśli w wyniku oceny dojdziemy do wniosku, że aparat podczas sesji uległ poruszeniu, sesję zdjęciową należy powtórzyć<sup>5</sup>.

Kolejny etap to agregacja danych i utworzenie obrazu RTI. W tym celu należy usunąć ze zdjęć dystorsje i aberracje wywołane przez obiektyw i aparat, a przetworzone zdjęcia zapisać w formacie JPG. Pliki te otwieramy następnie w specjalistycznym oprogramowaniu RTIBuilder, które działa półautomatycznie. Po wskazaniu obszarów kadru, w których umieściliśmy kule kalibracyjne, program ustala kierunek źródła światła dla każdej fotografii. Wyniki tego procesu możemy skorygować, jeśli zaistnieje taka potrzeba. W ostatnim kroku tego etapu program generuje plik RTI zawierający model dokumentowanego przedmiotu<sup>6</sup>.

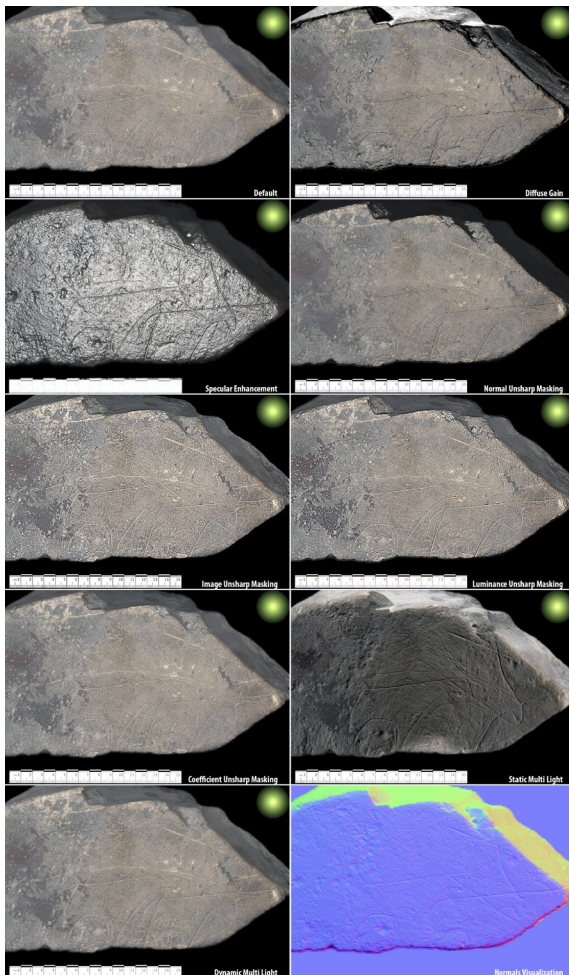
Cyfrowy obraz zabytku możemy oglądać w jednej z kilku dedykowanych przeglądark (RTIViewer<sup>7</sup>, Cher-Ob<sup>8</sup>, ISFStandaloneViewer<sup>9</sup>), wybierając jeden z kilku zaimplementowanych trybów wizualizujących przedmiot, jak i kierunek, z którego wirtualnie oświetlimy nasz model (patrz il. 1.). Wirtualna manipulacja światłocieniem na powierzchni zobrazowanego przedmiotu w realistyczny sposób imituje doświadczanie prawdziwego zabytku i jednocześnie oferuje niezwykle efektywne narzędzie do analizy właściwości jego powierzchni. Jedyne narzędzie, które nie oferuje interaktywności to tzw. mapa normalnych – obraz, w którym kolor każdego piksela zdefiniowany został przez kierunek nachylenia fragmentu powierzchni zabytku, którą ten piksel reprezentuje<sup>10</sup>.

## Do czego służy RTI

RTI oferuje nam wizualizację zabytków, która – choć nie jest trójwymiarowa – to w praktyce niewiele jej ustępuje. Obrazy RTI pozwalają nam na bardzo precyzyjne odwzorowanie powierzchni przeróżnych przedmiotów, a informacje, których będziemy poszukiwać, są częściowo zależne od rodzaju przedmiotów i śladów, jakie możemy na nich zaobserwować.

Pierwszą, i chyba najpowszechniejszą kategorią analiz z wykorzystaniem RTI jest badanie ikonografii. Kontrolowana symulacja oświetlenia powierzchni przedmiotu, powodująca zmianę światła i cieni, umożliwia odkrycie detali niewidocznych czasem gołym okiem lub po prostu trudno dostrzegalnych. Nie dziwi więc, że ten rodzaj analizy obrazów RTI należy do podstawowych sposobów wykorzystania metody w archeologii czy muzealnictwie, a wśród badanych kategorii zabytków najczęściej znajdziemy sztukę naskalną i graffiti, reliefy, inskrypcje w kamieniu, drewnie, gliniane pieczęcie lub ich odciski na papirusie, pergaminie czy papierze, a także monety, kości oraz obrazy malarskie<sup>11</sup>.

Drugi rodzaj analiz, jakim poddawane są obrazy RTI, wiąże się z identyfikacją śladów po narzędziach<sup>12</sup>. Interaktywna zmiana oświetlenia pozwala opisać sposób modyfikacji



4. Porównanie trybów wizualizujących obraz RTI dostępnych w programie RTIViewer. Przedmiotem obrazowania jest kamień z petroglifami (No. 1) znaleziony w okolicach IV katarakty w Sudanie, III-II tys. p.n.e.

4. Comparison of the RTI visualisation modes available in the RTIViewer programme. The subject of imaging is a stone with petroglyphs (No. 1) found in the vicinity of the Fourth Cataract in Sudan, 3000-2000 BC

powierzchni (usunięcie jej fragmentu lub nałożenie innego materiału), a tym samym umożliwia niekiedy wnioskowanie o rodzaju użytego narzędzia lub techniki wykorzystanych do stworzenia przedmiotu. W efekcie mamy wgląd w warsztat twórcy i historię funkcjonowania przedmiotu w kolejnych kontekstach kulturowych. Ślady po narzędziach nie muszą się przecież odnosić jedynie do procesu powstawania dzieła.

Jeszcze innym zastosowaniem RTI jest badanie aktualnego stanu zachowania zabytku i wykrywanie uszkodzeń powierzchni. W tym celu potrzebujemy dwóch obrazów RTI: obrazu referencyjnego sprzed zaistniałych zmian i obrazu powstałego jakiś czas później, dokumentującego zniszczenia (jeśli takowe miały miejsce). Badanie polega na porównaniu obu modeli i ocenie zaobserwowanych zmian. Podobnie, jak w analizie ikonograficznej, także w tym wypadku obrazy RTI umożliwiają wykrycie elementów niedostrzegalnych gołym okiem<sup>13</sup>.

Ponieważ obraz RTI stanowi także znakomite narzędzie do prezentowania eksponatów, opisywana metoda służy nie tylko celom dokumentacyjnym i analitycznym. Zbiory

cyfrowych modeli mogą również być pomocne w poszerzeniu oferty galerii i muzeów w ich serwisach internetowych. Interaktywny sposób przedstawiania treści pozwala odwiedzającym na dokonywanie własnych odkryć, ponieważ mają oni szansę na bardziej szczegółowe obserwacje, czy to w muzeum, czy w domu. Należy jednak pamiętać, że obrazy RTI powinny być raczej dodatkiem do wystawy i nie mają na celu zastąpienia oryginalnych zabytków. Ich walory widzimy raczej w wymiarze edukacyjnym i w tym, że mogą zachęcać do bezpośredniego doświadczania rzeczywistych eksponatów.

Spektrum zastosowań RTI jest więc szerokie i w miarę rozwoju metody zapewne będzie się dalej poszerzać. Bez wątplenia jest to narzędzie, które może być powszechnie wykorzystane zwłaszcza we wszelkich instytucjach zajmujących się dziedzictwem kulturowym. By przedstawić metodę w praktyce i podkreślić jej mocne i słabsze strony, chcielibyśmy przedstawić poniżej nasze własne doświadczenia z RTI w kontekście muzealnym.

### Obrazy RTI głazów ze sztuką naskalną w Muzeum Archeologicznym w Poznaniu

W Muzeum Archeologicznym w Poznaniu przechowywanych jest 9 głazów z petroglifami, które pozyskane zostały w trakcie badań w rejonie IV Katarakty na Nilu w Sudanie<sup>14</sup>. Choć ich ikonografia jest stosunkowo dobrze rozpoznana, to jednak głazy te zawierają wiele elementów, zarówno ikonograficznych, jak i innego rodzaju, których identyfikacja nie jest oczywista i pozbawiona niejasności. Do przetestowania metody RTI wybraliśmy 3 z nich (nr inw. MAP 2010:85/1, 2010:88/1, 2010:88/2). Chcielibyśmy poniżej pokrótce scharakteryzować wyniki naszych działań zaznaczając, iż obszernie omówienie zarówno procesu tworzenia obrazów, jak i ich analizy, jest obecnie przygotowywane.

Kamienie zawierają przede wszystkim wizerunki bydła (patrz il. 1., 4.-7.), choć wykonane w różnych technikach. Stylistyka przedstawień pozwala na zaliczenie ich do tzw. horyzontu kermańskiego, czyli czasów III i II tys. p.n.e. **Kamień 1.** (patrz il. 1., 4.-6.) pokryty został dwoma petroglifami bydła długorogiego. Podobnie jest w wypadku **kamienia 2.** (patrz il. 7.), na którym mamy do czynienia z dwoma krowami oraz postacią antropomorficzną usytuowaną powyżej nich. Tylko **kamień 3.** (patrz il. 8. i 9.) stanowi identyfikacyjną zagadkę, opierając się interpretacjom ze względu na swoją abstrakcyjną formę i uszkodzenia.

Wybrane przez nas głazy różnią się między sobą właściwościami powierzchni oraz samych petroglifów. O ile powierzchnia kamienia 1. jest stosunkowo gładka, dzięki czemu przedstawienia wyraźnie odcinają się od tła, o tyle w wypadku pozostałych głazów petroglify są mniej czytelne ze względu na nieregularną, niekiedy chropowatą powierzchnię. Różne są także techniki, jakie wykorzystano do stworzenia poszczególnych petroglifów. Na kamieniach 2. i 3. są to przedstawienia wykonane w technice piketażu, a zatem powstałe w wyniku uderzania o skałę twardym narzędziem. Kamień 1. posiada petroglify ryte narzędziem bardzo ostrym, o czym świadczy bardzo cienka linia konturowa. Wszystkie te (i inne) różnice wpływają na odbijanie się światła od powierzchni głazów, dlatego też spodziewaliśmy się zróżnicowanych rezultatów obrazowania RTI.



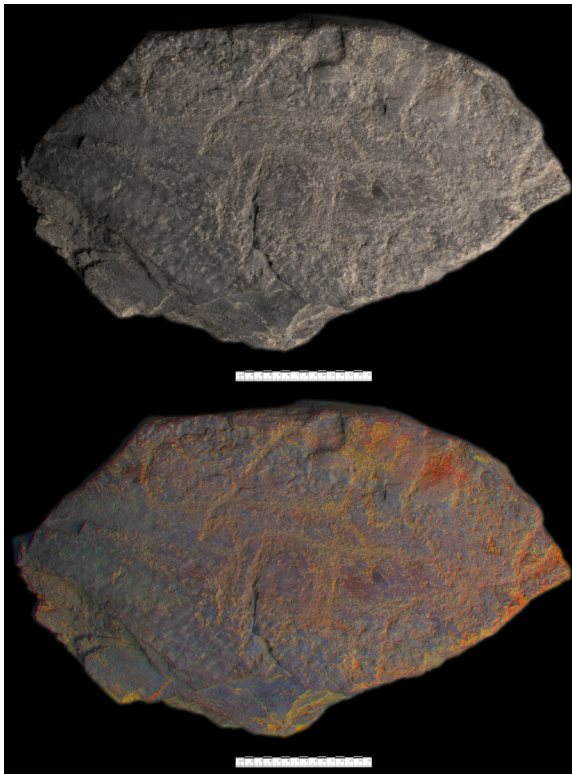
5. Kamień 1., obraz RTI w trybie wizualizacji *Image Unsharp Masking*

5. Stone No. 1, RTI screen capture in the *Image Unsharp Masking* mode of visualisation



6. Zbliżenie na niedokończony(?) petroglyf krowy(?) na kamieniu 1., obraz RTI w trybie wizualizacji *Diffuse Gain*

6. A close-up of an unfinished(?) petroglyph of a cow(?) on the stone No. 1, RTI screen capture in the *Diffuse Gain* mode of visualisation



7. Kamień 2., obrazy RTI w wersji normalnej i z zastosowaniem techniki wzmacniania kolorów w trybie wizualizacji *Default*

7. Stone No. 2, RTI screen captures in the normal version, and with the colour enhancement function used in the *Default* mode of visualisation

Kamienie fotografowane były przy użyciu aparatu Canon EOS 750D i obiektywu Canon 60 mm f/2.8 EF-S Macro USM, z wykorzystaniem trójnożnego statywu. Do oświetlenia zabytków użyliśmy lamp błyskowych: Fomei Panther 600 mini i Quadralite Reporter 360, połączonych z aparatem wyzwalaczem radiowym. Całość sesji prowadzona była z wykorzystaniem oprogramowania EOS Utility, a po uzyskaniu serii zdjęć każdego z kamieni zostały one przetworzone w oprogramowaniu Adobe Photoshop i RTIBuilder.

Głównym celem przyświecającym nam podczas tworzenia zobrazowań była chęć pozyskania dokumentacji, która będzie oferowała znacznie lepszą jakość niż ta, wykonana tradycyjnymi metodami (rysunek, fotografia), i która zwiększałaby możliwości w zakresie prezentacji gładów w kontekście muzealnym, jako że omawiane petroglify bywają dla zwiedzających słabo czytelne. Choć nie oczekiwaliśmy tego, że obrazy RTI pozwolą również na odkrycie nowych motywów na powierzchniach gładów, to takiej możliwości nie wykluczaliśmy.

W wypadku wszystkich trzech gładów udało nam się stworzyć zobrazowania, których poziom uszczegółowienia jest znacznie większy niż dokumentacji, którą dysponowaliśmy do tej pory. A zatem RTI spełniło pokładane w nim oczekiwania co do jakości dokumentacji. Obrazy RTI kamienia 2. i 3. pozwalają na bardziej wiarygodną deskrypcję przedstawić oraz ich wzajemnych relacji stratyfikacyjnych (kamień 2.). W wypadku kamienia 1., co do którego istniały podejrzenia, że może zawierać dodatkowe ryty, bardzo słabo widoczne gołym okiem, udało się potwierdzić istnienie co najmniej



8. Kamień 3., obraz RTI w trybie wizualizacji *Diffuse Gain*, oświetlony z dwóch różnych stron

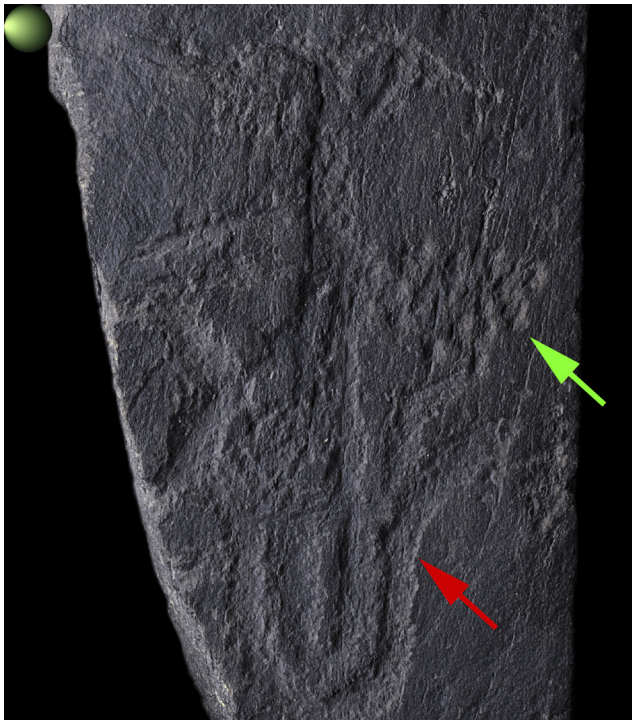
8. Stone No. 3, RTI screen capture in the *Diffuse Gain* mode of visualisation, illuminated from different angles

jednego, być może niedokończonego, przedstawienia krowy. Dopiero przy zastosowaniu odpowiednich trybów wizualizacji kontury tego petroglifu stają się widoczne. Choć jego identyfikacja jako zwierzęcia jest dyskusyjna, to dzięki RTI istnienie tych linii rytch jest wyraźnie widoczne.

RTI pomogło również zweryfikować charakter licznych śladów na powierzchni gładów, co do których nie było wcześniej pewności. Na kamieniu 1. są to liczne równoległe linie ryte, których pełen przebieg można prześledzić dopiero na obrazie RTI (są one widoczne gołym okiem, ale fragmentarycznie). Na kamieniu 3. są to z kolei podłużne rysy, powstałe w wyniku tarcia(?), na pewno późniejsze niż sam petroglif. Ponadto analizy obrazów RTI pozwoliły na pełniejsze rozpoznanie różnic w piketażu na tym gładzie sugerując, iż być może mamy do czynienia ze śladami wykonanymi dwoma różnymi narzędziami (patrz il. 9.).

Bez wątpienia kontrola nad wirtualnym oświetleniem powierzchni gładów pozwala na bardzo szczegółowe analizy wybranych ich fragmentów. We wszystkich wypadkach uzyskaliśmy dynamiczne obrazy, na których znacznie łatwiej jest dostrzec przedstawienia, niż w warunkach naturalnych lub muzealnych. Tylko zobrazowanie kamienia 2. nie spełniło naszych oczekiwań w całości, gdyż nadal dość słabo widoczna pozostawała postać antropomorficzna. Postanowiliśmy więc zastosować technikę wzmacniania kolorów na wszystkich zdjęciach pomiarowych tego zabytku (używając programu ImageJ<sup>15</sup> i dodatku DStretch<sup>16</sup>), i z tak przetworzonych fotografii ponownie stworzyć obraz RTI. W efekcie uzyskaliśmy wizualizację o fałszywej kompozycji barwnej, ale za to z bardzo dobrze widocznymi petroglifami.

W całym doświadczeniu najważniejsze jest jednak to, że udało nam się pozyskać dane, które mogą być dalej przekształcane i analizowane z wykorzystaniem filtrów innych programów. W ten sposób dokumentacja ta nie jest



9. Zbliżenie na kamień 3., ukazujące różne rozmiary śladów piketażu (zielona strzałka – duże ślady; czerwona strzałka – mniejsze ślady) oraz podłużne rysy powstałe już po wykonaniu petroglifu; obraz RTI w trybie *Image Unsharp Masking*

9. A close-up of the stone No. 3 showing different sizes of coloured traces (green arrow – big traces; red arrow – smaller ones), and elongate scratch marks dated after the execution of a petroglyph; RTI screen capture in the *Image Unsharp Masking* mode of visualisation

(Fot. 1, 2, 4-8 – oprac. P. Witkowski; 3 – P.L. Polkowski; 9 – oprac. P.L. Polkowski, P. Witkowski)

„ostateczna” i może być studiowana pod kątem poszukiwania bardzo zróżnicowanych informacji o badanych przedmiotach. Naszym celem będzie więc między innymi dalsza analiza kamienia 1., na którym naszym zdaniem zachowały się ślady wcześniejszego(?) petroglifu. Kolejne wizualizacje mogą pomóc w identyfikacji śladów, które na początkowym etapie analizy jawią się niekiedy w sposób niejednoznaczny.

Dostrzegamy również duży potencjał stworzonych przez nas zobrazowań w ich dalszej integracji z działaniami Muzeum Archeologicznego w Poznaniu. Jednym z pomysłów, jaki będziemy chcieli zrealizować, jest zamieszczenie obrazów RTI na internetowej stronie muzealnej. Mamy nadzieję, że udostępnienie ich wpłynie pozytywnie na zainteresowanie tematyką afrykańskiej archeologii, a internetowym użytkownikom da jednocześnie poczucie większego zaangażowania w procesie doświadczania zabytków.

## Ocena metody RTI

Prezentowana w artykule ocena metody RTI jest z pewnością subiektywna, choć biorąc pod uwagę wciąż rosnące zainteresowanie jej zastosowaniem w różnych instytucjach na całym świecie, ewaluacja RTI jest z reguły bardzo pozytywna. Nasze doświadczenia w użytkowaniu metody RTI skłaniają do podkreślenia faktu, że pomimo istnienia pewnych wad i ograniczeń, metoda ta posiada znacznie więcej zalet. Są nimi przede wszystkim:

- **dokładność** – gdyż uzyskany wirtualny model zabytku zawiera informacje o kształcie przedmiotu, kolorystyce powierzchni, jej właściwościach i aktualnym stanie, i jest przy tym dokładniejszy niż pojedyncza fotografia;
- **niezależność** – albowiem proces dokumentowania jest znacznie bardziej zobiektywizowany, zwłaszcza w porównaniu do dokumentacji rysunkowej zabytków oraz tradycyjnej

fotografii cyfrowej, silnie zależnej (szczególnie podczas badań terenowych) od zastanych warunków świetlnych;

- **nieinwazyjność** – ponieważ metoda RTI nie wymaga od dokumentujących dotykania powierzchni przedmiotu, przez co minimalizuje się ryzyko uszkodzenia zabytku;
- **użyteczność** – bowiem powstały model pomaga przede wszystkim ujawnić informacje trudno dostrzegalne lub niewidoczne gołym okiem w zakresie ikonografii, śladów narzędzi wykorzystanych podczas procesu tworzenia i zastosowanych wówczas technik, oraz naturalnych zmian w substancji zabytkowej;
- **weryfikowalność** – ponieważ wnioski płynące z badań obrazów RTI mogą być stosunkowo łatwo ocenione dzięki możliwości udostępnienia obrazów RTI innym naukowcom;
- **przystępność** – bo jest to metoda stosunkowo niedroga w zastosowaniu – wiele potrzebnych narzędzi znajduje się dziś na wyposażeniu większości muzeów i ekspedycji archeologicznych; przystępność metody przejawia się również w jej stosunkowo nietrudnej obsłudze, niewymagającej specjalistycznego wykształcenia;
- **atrakcyjność** – obraz RTI to również atrakcyjny wizualnie produkt, który może być wykorzystany w muzeum, zarówno jako element uzupełniający ekspozycje, jak i na stronie internetowej, co z kolei może mieć pozytywny wpływ na działania promujące wydarzenia i zbiory muzealne. Obrazowanie z przekształceniem odbicia nie jest jednak metodą idealną i warto sobie zdać sprawę z jej wad:
- podstawowym problemem są ograniczone rozmiary dokumentowanych przedmiotów; zobrazowanie zbyt dużej powierzchni spowoduje utratę szczegółów topograficznych, a tym samym trudności lub niemożliwość rzetelnego przeprowadzenia analiz; ponadto bardzo duże przedmioty i obiekty wymagają bardziej wyrafinowanych procedur podczas akwizycji zdjęć – trójnożny statyw wycelowany

- w zabytek przestaje być dobrym rozwiązaniem;
- kolejne ograniczenie to sam proces tworzenia pliku RTI, a dokładniej – etap akwizycji obrazów; pomiary w formie fotografii stanowią podstawę modelowania, tym samym powinny być wykonane poprawnie technicznie i cechować się dużą ostrością i najniższym możliwym zaszumieniem, to zaś zależne jest od umiejętności fotografującego, jakości sprzętu oraz czynników zewnętrznych;
- obrazy RTI, pomimo iż zawierają informacje o kolorze i kształcie powierzchni, to wciąż obrazy tylko dwuwymiarowe (określane dokładniej jako 2D+ lub 2.5D), pozbawione bezpośredniej informacji o położeniu poszczególnych fragmentów powierzchni wzdłuż osi Z; tym samym brak im trzeciego wymiaru w sposób jaki charakteryzuje modele trójwymiarowe i cechuje – powiązane z tym faktem – ograniczenie do jednego punktu widzenia (brak możliwości obracania powstałego modelu);
- choć trudno to uznać za wadę, to należy jednak pamiętać, że obrazowanie przedmiotów techniką RTI nie jest obrazowaniem w pełni obiektywnym; innymi słowy – rezultat RTI jest zawsze zależny od operatora, przez co obrazy tego samego

obiektu, uzyskane przez różne osoby w ramach oddzielnych procesów dokumentacyjnych, zawierać będą potencjalnie różnice; dotyczy to zwłaszcza metody z wykorzystaniem ręcznej lampy błyskowej, gdzie trudniej jest zachować idealnie równe odległości pomiędzy lampą a przedmiotem; tam, gdzie wykorzystywany jest stelaż czy kopuła, różnice w uzyskanych wynikach będą zapewne dużo mniejsze.

Podsumowując, metoda RTI ma znaczne szanse stać się jednym z powszechnie wykorzystywanych narzędzi do digitalizacji zbiorów w instytucjach związanych z dziedzictwem kulturowym. W dobie tworzenia elektronicznych baz danych, przenoszenia ekspozycji z sal wystawowych na strony internetowe oraz wszechobecnych analiz komputerowych, RTI oferuje bardzo wiele przy relatywnie niskich nakładach finansowych. Fakt, że nie musi być ona stosowana wyłącznie przez specjalistów w zakresie informatyki czy (foto)grafików oferuje różnym instytucjom łatwo przyswajalne narzędzie o wielu funkcjach. Jest to też metoda o ciągle rozwijającym się potencjalnie – postęp w dziedzinie fotografii może uczynić RTI jedynie jeszcze skuteczniejszą.

**Streszczenie:** Współczesna technologia oferuje coraz więcej narzędzi służących do digitalizacji zabytków czy dzieł sztuki. Szczególnym zainteresowaniem cieszą się zwłaszcza wizualizacje 3D, które pozwalają na bardzo realistyczne odwzorowanie przedmiotów. Dla wielu instytucji kulturalnych i naukowych, w tym także muzeów, narzędzia te mogą być jednak trudno dostępne, głównie ze względów finansowych. Prezentowana w artykule metoda obrazowania z przekształceniem odbicia (ang. Reflectance Transformation Imaging, dalej RTI) jest – jak się wydaje – rozwiązaniem, które przy stosunkowo niskich kosztach oferuje bardzo duże możliwości w zakresie dokumentacji zabytków. Pozwala ona bowiem

– bez konieczności używania specjalistycznego sprzętu – tworzyć obrazy 2.5D ze zwykłych fotografii cyfrowych. W niniejszym artykule krótko scharakteryzowano istotę działania metody RTI, przedstawiając jednocześnie kolejne etapy procedury uzyskiwania zobrazowań. By zilustrować efekty metody autorzy odwołali się również do własnych doświadczeń w zakresie obrazowania RTI. W tym celu opisali wykonane przez siebie obrazy RTI 3 głazów z petroglifami, które znajdują się w Muzeum Archeologicznym w Poznaniu. Na podstawie własnych działań oraz bazując na literaturze przedmiotu autorzy zaprezentowali własną ocenę metody RTI, wskazując na jej pozytywne, ale i negatywne strony.

**Słowa kluczowe:** metoda obrazowania z przekształceniem odbicia – RTI, dokumentacja fotograficzna, ikonografia, digitalizacja, multimedia.

### Przypisy

- <sup>1</sup> S.M. Duffy, P. Bryan, G. Earl, G. Beale, H. Pagi, E. Kotoula, *Multi-light Imaging for Heritage Applications*, English Heritage 2013, [https://content.historicengland.org.uk/images-books/publications/multi-light-imaging-heritage-applications/Multi-light\\_Imaging\\_FINAL\\_lo-w-res.pdf](https://content.historicengland.org.uk/images-books/publications/multi-light-imaging-heritage-applications/Multi-light_Imaging_FINAL_lo-w-res.pdf) [dostęp: 24.06.2014]; T. Malzbender, D. Gelb, H. Wolters, B. Zuckerman, *Enhancement of Shape Perception by Surface Reflectance Transformation*, Hewlett-Packard Technical Report HPL-2000-38R1, 2000, <http://www.hpl.hp.com/techreports/2000/HPL-2000-38R1.pdf> [dostęp: 10.05.2016]; T. Malzbender, D. Gelb, H. Wolters, *Polynomial Texture Maps*, w: red. SIGGRAPH '01 *Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, New York 2001, s. 519-528.
- <sup>2</sup> Cultural Heritage Imaging, *Reflectance Transformation Imaging: Guide to Highlight Image Capture. Document version 2.0*, San Francisco 2013, [http://culturalheritageimaging.org/What\\_We\\_Offer/Downloads/RTI\\_Hlt\\_Capture\\_Guide\\_v2\\_0.pdf](http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/RTI_Hlt_Capture_Guide_v2_0.pdf) [dostęp: 05.05.2016].
- <sup>3</sup> *ibidem*; West Semitic Research Project, *MANUAL for Reflectance Transformation Imaging (RTI) Photography For Large Objects*, 2015, [https://www.usc.edu/dept/LAS/wsrp/projects/RTI%20Manual%20LARGE%20OBJECT%205\\_29\\_2015.pdf](https://www.usc.edu/dept/LAS/wsrp/projects/RTI%20Manual%20LARGE%20OBJECT%205_29_2015.pdf) [dostęp: 10.05.2016]; West Semitic Research Project, *MANUAL for Reflectance Transformation Imaging (RTI) Photography For Small Objects*, 2015, [https://www.usc.edu/dept/LAS/wsrp/projects/RTI%20Manual%20SMALL%20OBJECT%205\\_29\\_2015.pdf](https://www.usc.edu/dept/LAS/wsrp/projects/RTI%20Manual%20SMALL%20OBJECT%205_29_2015.pdf) [dostęp: 10.05.2016].
- <sup>4</sup> E. Kotoula, *Application of RTI in Museum Conservation*, w: *Archaeology in the Digital Era, Volume II. e-Papers from the 40th Annual Conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Southampton, 26-29 March 2012*, G. Earl, T. Sly, A. Chrysanthi, P. Murietta-Flores, C. Papadopoulos, I. Romanowska, D. Wheatley (red.), Amsterdam 2013, s. 232-240, <http://dare.uva.nl/cgi/arno/show.cgi?fid=545855> [dostęp: 10.05.2016]; M. Mudge, T. Malzbender, C. Schroer, M. Lum, *New Reflection Transformation Imaging Methods for Rock Art and Multiple-Viewpoint Display*, w: *VAST 2006: The 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage, Nicosia, Cyprus, 2006. Proceedings*, D. Arnold F. Niccolucci, M. Ioannides, K. Mania (red.), Aire-la-Ville 2006, s. 195-202; K.E. Piquette, *Reflectance transformation imaging (RTI) and ancient Egyptian material culture*, "Damqatun The CEHAO newsletter" 2011, s. 16-20, <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/ancient-egyptian-material-culture-piquette.pdf>



- [dostęp: 01.03.2018]; D. Selmo, F. Sturt, J. Miles, P. Basford, T. Malzbender, K. Martinez, C. Thompson, G. Earl, G. Bevanf, *Underwater reflectance transformation imaging: a technology for in situ underwater cultural heritage object-level recording*, "Journal of Electronic Imaging" 1/2017, No. 26, s. 1-18.
- <sup>5</sup> Cultural Heritage Imaging, *Reflectance Transformation Imaging: Guide to Highlight Image Capture. Document version 2.0...*
- <sup>6</sup> Cultural Heritage Imaging, *Reflectance Transformation Imaging: Guide to Highlight Image Processing. Document version 1.4 for RTIBuilder v. 2.0.2beta*, San Francisco 2011, [http://culturalheritageimaging.org/What\\_We\\_Offer/Downloads/rtibuilder/RTI\\_hlt\\_Processing\\_Guide\\_v14\\_beta.pdf](http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/rtibuilder/RTI_hlt_Processing_Guide_v14_beta.pdf) [dostęp: 10.06.2017].
- <sup>7</sup> Cultural Heritage Imaging, *Reflectance Transformation Imaging: Guide to RTIViewer. v1.2*, San Francisco 2013, [http://culturalheritageimaging.org/What\\_We\\_Offer/Downloads/rtiviewer/RTIViewer\\_Guide\\_v1\\_1.pdf](http://culturalheritageimaging.org/What_We_Offer/Downloads/rtiviewer/RTIViewer_Guide_v1_1.pdf) [dostęp: 05.05.2016].
- <sup>8</sup> <http://graphics.cs.yale.edu/site/cher-ob-open-source-platform-shared-analysis-cultural-heritage-research> [dostęp: 15.03.2018].
- <sup>9</sup> [http://inscriptifact.com/instructions/Viewer\\_Instructions.pdf](http://inscriptifact.com/instructions/Viewer_Instructions.pdf) [dostęp: 15.03.2018].
- <sup>10</sup> L.W. MacDonald, *Visualising an Egyptian Artefact in 3D: Comparing RTI with Laser Scanning*, w: S. Dunn, J.P. Bowen & K.C. Ng (red.), *EVA London 2011: Electronic Visualisation & the Arts. Proceedings of a conference held in London 6-8 July*, London 2011, s. 155-162.
- <sup>11</sup> Zob. G.P. Earl, K. Martinez & T. Malzbender, *Archaeological Applications of Polynomial Texture Mapping: Analysis, Conservation and Representation*, "Journal of Archaeological Science" 2010, No. 37, s. 2040-50; J. Padfield, D. Saunders & T. Malzbender, *Polynomial Texture Mapping: A new Tool for Examining the Surface of Paintings*, w: *The 14th Triennial Meeting, The Hague Preprints. Vol. 1. ICOM Committee for Conservation*, I. Verger (red.), London 2005, s. 504-510; G. Willems, F. Verbiest, W. Moreau, H. Hameeuw, K. Van Lerberghe, L. Van Gool, *Easy and cost-effective cuneiform digitizing*, w: *Proceedings of 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage (VAST 2005)*, M. Mudge, N. Ryan & R. Scopigno (red.), Aire-la-Ville 2005, s. 73-80; M. Díaz-Guardamino & D. Wheatley, *Rock art and digital technologies: the application of Reflectance Transformation Imaging (RTI) and 3D laser scanning to the study of Late Bronze Age Iberian stelae*, "MENGA. Journal of Andalusian Prehistory" 2013, No. 4, s. 187-203; E. Kotoula & M. Kyranoudi, *Study of Ancient Greek and Roman coins using Reflectance Transformation Imaging*, "e-conservation magazine" 2013, No. 25, s. 74-88; M. Mudge, C. Schroer, T. Noble, N. Matthews, S. Rusinkiewicz, C. Toler-Franklin, *Robust and scientifically reliable rock art documentation from digital photographs*, w: *A Companion to Rock Art*, J. McDonald & P. Veth, (red.), Malden & Oxford 2012, s. 644-659; M. Pitts, J. Miles, H. Pagi, G. Earl, *Hoā Hakananā'ia: A new study of an Easter Island statue in the British Museum*, "The Antiquaries Journal" 2014, no 94, s. 291-321; P. Witkowski, J. Chyla, W. Ejsmond, *Combination of RTI and Decorrelation - an Approach to the Examination of Badly Preserved Rock Inscriptions and Rock Art at Gebelein (Egypt)*, w: *Keep The Revolution Going: Proceedings of the 43rd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, S. Campana, R. Scopigno & G. Carpentiero (red.), Oxford 2016, s. 939-944.
- <sup>12</sup> M. Díaz-Guardamino, L. García Sanjuán, D. Wheatley, V. Rodríguez Zamora, *RTI and the study of engraved rock art: A re-examination of the Iberian south-western stelae of Setefilla and Almadén de la Plata 2 (Seville, Spain)*, "Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage" 2015, No. 2, s. 41-54.
- <sup>13</sup> M. Manfredi, G. Williamson, D. Kronkright, E. Doehne, M. Jacobs, E. Marengo, G. Bearman, *Measuring Changes in Cultural Heritage Objects with Reflectance Transformation Imaging*, w: *Proceedings of the Digital Heritage 2013, 28 October - 1 November 2013, Marseille, France, Vol. 1, 2013*, A.C. Addison, G. Guidi, L. de Luca & S. Pescarin (red.), Marseille 2013, s. 189-192; M. Manfredi, G. Bearman, G. Williamson, D. Kronkright, E. Doehne, M. Jacobs, E. Marengo, *A New Quantitative Method for the Non-Invasive Documentation of Morphological Damage in Paintings Using RTI Surface Normals*, "Sensors" 2014, No. 14, s. 12271-12284.
- <sup>14</sup> M. Chłodnicki, D. Bagińska & P.L. Polkowski, *Rock art, Archaeology of the Sudan. Catalogue of the Exhibition in the Poznań Archaeological Museum*, Poznań 2015, s. 291-302.
- <sup>15</sup> <https://imagej.net/Welcome> [dostęp: 15.03.2018].
- <sup>16</sup> <http://www.dstretch.com/> [dostęp: 15.03.2018].

---

### dr Paweł Lech Polkowski

Archeolog specjalizujący się w badaniach sztuki naskalnej Egiptu i Sudanu; pracuje w Muzeum Archeologicznym w Poznaniu, w którym prowadzi Pracownię Sztuki Naskalnej i jest kuratorem wystawy stałej „Sztuka naskalna Afryki Północnej”; kierownik badań nad petroglifami w Oazie Dachla (Egipt); e-mail: pawel.polkowski@muzarp.poznan.pl

### Piotr Witkowski

Specjalista od nowoczesnych metod dokumentacji, kształcący się w Instytucie Archeologii UW; jeden z pionierów w zastosowaniu metody RTI w Polsce – obecne prace nad rozwojem tej metody i opartych o obraz RTI analiz prowadzi we współpracy z Muzeum Archeologicznym w Poznaniu i uczestnicząc w ekspedycji archeologicznej w Gebelein w Górnym Egipcie; archeologiczne doświadczenie terenowe zdobył w trakcie licznych prac zarówno w kraju, jak i za granicą (Turkmenistan, Iran, Liban, Egipt); e-mail: pwitk@wp.pl

---

**Word count:** 4 138; **Tables:** -; **Figures:** 9; **References:** 16

**Received:** 03.2018; **Reviewed:** 03.2018; **Accepted:** 04.2018; **Published:** 05.2017

**DOI:** 10.5604/01.3001.0012.0619

**Copyright©:** 2018 National Institute for Museums and Public Collections. Published by Index Copernicus Sp. z o.o. All rights reserved.

**Competing interests:** Authors have declared that no competing interest exists.

**Cite this article as:** Polkowski P.L., Witkowski P.; OBRAZOWANIE Z PRZEKSZTAŁCENIEM ODBICIA. O FOTOGRAFICZNEJ METODZIE DOKUMENTACJI I ANALIZY ZABYTKÓW. *Muz.*, 2018(59): xx-xx

**Table of contents 2018:** <https://muzealnictworocznik.com/issue/10809>