

# Obraz van Gogha potvrzen s použitím čipů Timepix

Detekční čipy vyvinuté pro pokročilý výzkum částic ve Velkém hadronovém urychlovači evropské agentury CERN nacházejí další a další možnosti využití, od lékařství přes kosmický výzkum k detekci padělků v sochařství nebo k analýze vzácných obrazů.

Například start-up s názvem InsightART, sídlící v Praze, který je dceřinou společností firmy Advacam, umožňuje vědcům používat čipy Medipix3 a Timepix k procházení vrstvami uměleckých děl a ke studiu složení materiálů k určení autenticity děl připisovaných renomovaným umělcům.

Po dlouhou dobu se předpokládalo, že Raffaelův obraz *Madona s dítětem*, nalezený v 30. letech 20. století v Paříži, nevytvořil přímo sám mistr. Obraz na plátně, který byl majetkem papežů a později součástí napoleonského válečného pokladu, mnohokrát změnil majitele a během 30. let minulého století dorazil do Prahy, když ho v Paříži jako neznámé, velmi zdevastované dílo koupil český malíř Arnošt Bleuer. Teprve v Praze se během restaurování ukázalo, o jaké dílo jde. Vzhledem k historii obrazu a četným neprůkazným zkouškám však byla jeho autenticita dlouho zpochybňována. Nyní obraz skupina nezávislých odborníků připsala Raffaelovi.

Restaurátor umění a spoluzakladatel InsightART Jiří Lauterkranc uvedl, že spektrální rentgenové snímky podrobně odhalily vnitřní strukturu Raffaelova obrazu (obr. 1). „Na základě spektrálního rentgenového zobrazování lze zjistit, že celkový koncept malby byl promyšlen velmi podrobně, od základových vrstev až po finální glazury,“ řekl. „Je zřejmé, že obraz byl pečlivě koncipován samotným Raffaelem a s jasnou vizí jeho zamýšlené konečné podoby. Zjištění různých analýz proto potvrzují, že dílo pravděpodobně namaloval Raffael osobně, nikoliv některý z jeho asistentů a učňů,“ dodal.

Jednou z metod, která jim poskytovala klíčové informace, byl robotický rentgenový skener využívající čipy navržené v CERN.

Tým společnosti InsightArt nedávno naskenoval také údajné dílo Vincenta van Gogha *La Crau* s výhledem na *Montmajour* a dospěl k závěru, že dílo pravděpodobně vytvořil sám nizozemský mistr. V podkladu objevil načrt ženské postavy velmi podobný jiným postavám, které van Gogh v té době namaloval



Obr. 1. Raffael Santi, nebo Giulio Romano: *Madona s dítětem* – analýza díla (foto: InsightArt)

(obr. 2). Plátno, na které si postavu načrtl, později použil pro jinou olejomalbu. Obraz bude zaslán do van Goghova muzea k dalšímu zkoumání. Je tedy možné, že ve stejném rámu není jen jeden, ale hned dva obrazy Vincenta van Gogha.

Česká firma InsightArt používá nejmodernější rentgenový skener 2D a 3D RToo. Skener se skládá z rentgenového zdroje, robotické platformy a detektorů fotonů Timepix, schopných pořizovat spektroskopické rentgenové snímky a robotické platformy. Skener přesně měří vlnovou délku jednotlivých fotonů. To mu dává možnost vytvářet rentgenové obrazy s nebyvalým počtem úrovní šedé (kontrast) a dovoluje identifikovat elementární složení materiálu uměleckých předmětů. Díky schopnosti skenerů detekovat velmi malé rozdíly v útlumu rentgenových paprsků ve vzorku jsou vědci schopni rozlišit mnohem více informací ve srovnání se standardními rentgenovými zobrazovacími systémy. Výsledné obrázky poskytnou dokonalý náhled do vnitřní struktury a složení skenovaného objektu.

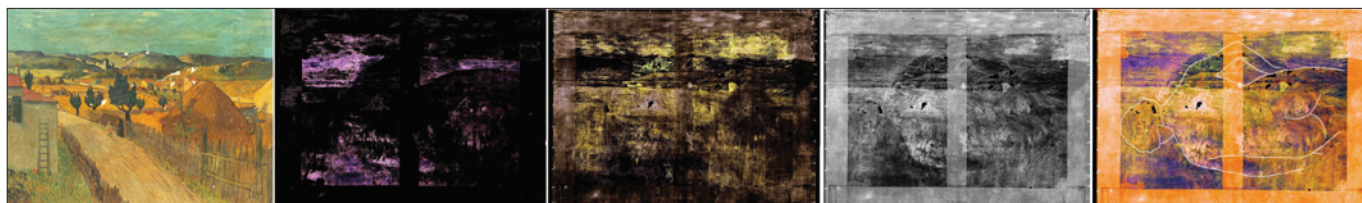
Nová rentgenová zobrazovací technika umožňuje přesnou detekci pozdějších úprav mikrostruktury zkoumaného uměleckého objektu a vytváří podrobnou mapu rozsahu a typu poškození nebo modifikací. Výsledná mikroskopická mapa v plném měřítku je neocenitelným nástrojem při objevování falzifikátů obrazů a jiných uměleckých předmětů a pomáhá při ověřování pravosti uměleckých děl.

Analýza obrazu *La Crau* s výhledem na *Montmajour* nebyla jednoduchá. Po tři dny tým InsightArt skenoval obraz a získal jedenáct snímků s velmi vysokým rozlišením, pořízených s použitím různých rentgenových vlnových délek. Byly vytvořeny mapy elementárního složení barev ve vysokém rozlišení, které odborníkům daly možnost získat přesnější informace o malbě. Zařízení RToo je mnohem flexibilnější a modulárnější než standardní systémy s plochými panely, a tak dokáže analyzovat velké objekty – obraz má plochu 2 m<sup>2</sup> – a také sochy a jiné prostorové objekty. Podle fyzika a technického ředitele společnosti InsightArt Josefa Uhera se tento typ zobrazovací techniky, specializující se na umělecký výzkum, v budoucnu dále rozšíří.

Společnost InsightArt nabízí potenciálním zákazníkům kombinace pokročilých metod, které umožní podrobnou analýzu povrchu a vnitřní struktury uměleckých děl, a to bez jakéhokoli poškození mnohdy velmi vzácných uměleckých památek.

Například HRXR (*High-Resolution X-ray Radiography*), tedy rentgenové snímky s vysokým rozlišením, poskytují plně digitální rentgenový obraz uměleckých předmětů, který výrazně převyšuje kvalitu běžných rentgenových snímků z hlediska rozlišení detailů a detekovatelnosti odchylek. Vynikající kvalita rentgenového obrazu přináší pohled do vnitřní mikroskopické struktury kresby v plném měřítku skenovaného objektu.

Další metodou je *Material Resolving (colour) X-ray Radiography (MRXR)*, skenování celé oblasti s vysokým rozlišením a barevným zobrazením složení materiálů. MRXR je špičková technika, která nabízí pseudobarevný rentgenový obraz uměleckých předmětů, kde jsou barvy spojeny s různými sku-



Obr. 2. Vincent van Gogh: *La Crau* s výhledem na *Montmajour* – snímek obrazu v pravých barvách a jeho rentgenové snímky (foto: InsightArt, ESA)

pinami materiálů (pigmentů) identifikovanými v uměleckém díle. Materiálová mapa se získává při vysokém prostorovém rozlišení, což umožňuje výjimečnou detekovatelnost.

Významným nástrojem je také výpočtová tomografie (CT, *Computed Tomography*). CT je ideální pro 3D zobrazování soch. Použitím „skeneru na míru“ CT kombinuje výhody pokročilého zobrazování RTO s robotickou základnou, která poskytne maximální

flexibilitu při skenování konkrétních oblastí uměleckého díla.

Nutno podotknout, že tým InsightArt je tým fyziků a techniků, nikoliv historiků umění. Teprve ti na základě předložených dat posuzují pravost obrazu, popř. účel pozdějších přemaleb. Například u uvedeného díla *La Crau* s výhledem na *Montmajour* zmíněný náčrt ženské postavy výrazně zvyšuje pravděpodobnost, že jde o originál. Falzifikátů

obrazů Vincenta van Gogha je mnoho, ale nelze předpokládat, že by si falzifikátor na plátne nejprve načrtl ženskou postavu a teprve potom ji přemaloval, zatímco van Gogh to z úspěšných důvodů dělal poměrně často.

Více o analýze díla *La Crau* s výhledem na *Montmajour*, které je v soukromé sbírce, zájemci najdou na <https://insightart.eu/gallery/case-study/>.

Petr V. Liška

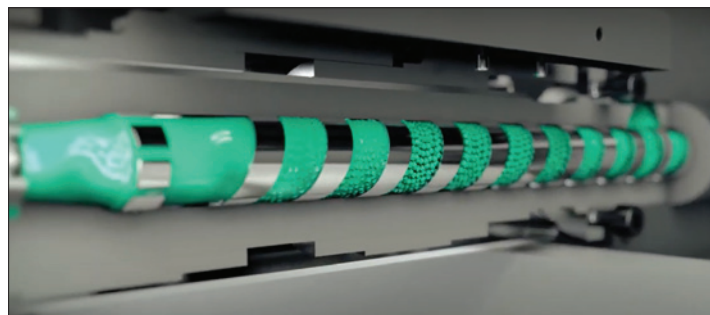
## Aditivní výroba snímačů přiblížení

Aditivní výroba neboli 3D tisk proniká i do výroby součástí a zařízení pro průmysl. Uplatní se hlavně při zhotovování velmi složitých tvarů, které nelze vyrobit konvenčními postupy, nebo ve výrobě malých sérií produktů.

Velmi lákavé je produkovat 3D tiskem také snímače s vestavěnou elektronikou. Od 3D tisku snímačů však až dosud odrazovala problematická integrace elektroniky. Průlom zaznamenal Fraunhoferův ústav IPA (*Institut für Produktionstechnik und Automatisierung*), který dokončil výzkumný projekt ve spolupráci s výrobcem strojů na zpracování plastů ARBURG a výrobcem snímačů Balluff. Tato trojice firem se zaměřila na 3D tisk indukčních snímačů přiblížení používaných k bezkontaktní detekci kovových předmětů či k určování jejich vzdálenosti.

Indukční snímače jsou standardně dodávány ve válcových kovových pouzdech, do nichž je vestavěna cívka, deska s obvody a konektor. Právě válcový tvar pouzdra

mi zpomalujícími hoření. Experti se rozhodli pro polybutylentereftalát (PBT), což je semikrystalický termoplast ze skupiny polymerů na bázi polyesteru. Výzkumný tým zvolil prů-



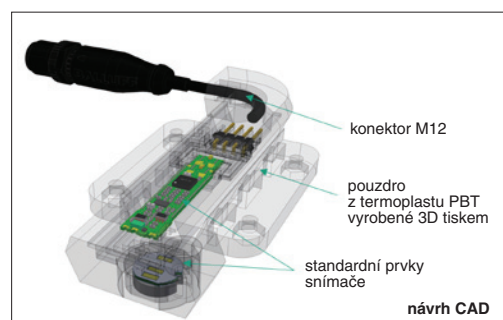
Obr. 1. Plastifikační šroub v přístroji freeformer pro přípravu plastu k nanášení

kopnické řešení, protože tento materiál ještě nikdy nebyl použit pro 3D tisk.

Pro výrobu pouzdra snímače bylo použito zařízení pro 3D tisk společnosti Auburg s názvem *freeformer*. V tomto přístroji je plast

ty jsou do dutin vkládány během 3D tisku tak, že freeformer automaticky přeruší tisk v přesně dané vrstvě a do vytvořených dutin se vloží cívka, deska s obvody i konektor.

V samostatném procesu se pak uvnitř pouzdra zhotoví stříbrné dráhy vodičů. K dokončení procesu se jen dotisknou dutiny a poté se zalijí polyuretanem. Tak bylo vyrobeno více než 30 demonstračních modelů snímačů, které byly podrobeny zkouškám. Součásti musely odolat změnám teploty a vibracím, musely být vodotěsné a projít testem elektrické izolace. Konstruktivní návrh i výrobní postup byly dále optimalizo-



Obr. 2. Demonstrační model snímače vyrobeného 3D tiskem v různých fázích výroby

znemožňuje používat indukční snímače ve specifických úlohách, třeba na prstech robotických ramen. Proto vyvstala otázka: Proč nezhotovit pouzdro z plastu 3D tiskem a přizpůsobit tak jeho tvar dané úloze? A přesně toho se podařilo dosáhnout ve výzkumném projektu Integrace elektronických funkcí v aditivně vyráběných součástech.

Pouzdro snímače je nutné vyrobit z plastu s vysokou dielektrickou pevností a vlastnost-

dávčován ve formě granulátu, který se taví pomocí plastifikačního šroubu a pak je tryskou vypouštěn ve tvaru drobných kapiček, které přesně umísťuje na základnu na pohyblivém nosiči. Postup 3D tisku s použitím zařízení *freeformer* ukazuje videozáznam: <https://www.youtube.com/watch?v=IeKQluYDFKo>.

Tímto způsobem je nanášena vrstva po vrstvě a vytištěno pouzdro snímače s příslušnými dutinami. Elektronické komponenty

vány, až se podařilo vyrobit snímače, které zkouškám vyhověly.

Na tomto výzkumném projektu odborníci pracovali několik měsíců. Dalším krokem je prozkoumat možnosti, jak v budoucnu využít také vodivé plasty k 3D tisku součástí pro různé oblasti použití.

(ev)

[Tiskové materiály Fraunhofer IPA]