

alma

# IT modely v restaurování uměleckých děl

Honza Blažek, ÚTIA – odd. zpracování obrazové informace  
Akademická laboratoř materiálového průzkumu

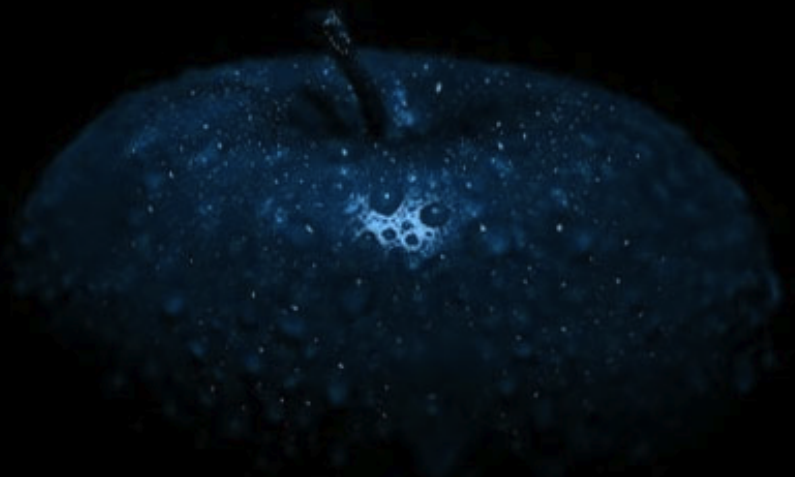


# Degradační procesy výtvarných děl

- Fresky a nástěnné malby, plátna a obrazy
  - Technika
    - Použití pigmentů a pojiv různých vlastností (chemických fyzikálních), více vrstev
    - O vhodnosti/nevhodnosti některých barviv pojedávají dobové prameny
  - Degradace
    - Vlivy vlhkosti – difuze iontů ( $\text{Cl}^-$ ), pigmentů
    - Chemické změny – reakce pigmentů a následná změna barevnosti, vliv UV záření (excitace elektronů rozpad vazeb v reaktivním prostředí)
    - Napadení mikroorganismy – rozklad organických látek na kyseliny, následná chemická reakce s pigmenty
    - Přemalby
    - Mechanické poškození – praskliny, odloupenutá omítka
    - “Odborné” a neodborné pokusy o záchranu

# Cíle

- Zjednodušení práce restaurátora
  - Zobrazení informace, špatně viditelné nebo neviditelné
  - Zvýraznění zajímavých míst
  - Extrakce detailů
  - Komparace
- Virtuální restaurování
  - Obnova barev
  - Synteze chybějící informace, podkladu
  - Virtuální reprezentace díla
- Odhalení padělků
  - Klasifikace techniky maleb
  - Odhalení podobností, nedostatků
  - Datace

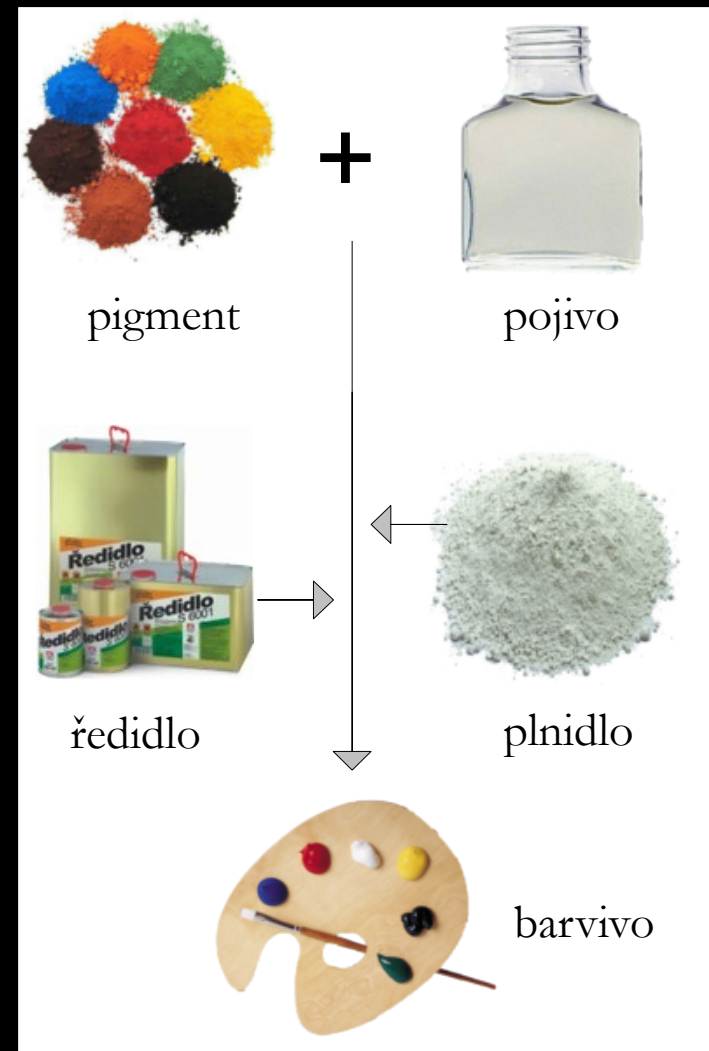


# Problémy

- Komplexnost problému
  - Degradční procesy
    - Příliš různorodé, jsou známy jen částečně
  - Složení použitých pigmentů a barviv
    - Lze zjistit pouze chemickým rozbořem (výjmečně reflektografií/spektrografií u jednoduchých anorganických sloučenin)
  - Chybějící/přebývající informace
    - Často je malba v průběhu let opravována (laky, obnova barev, přemalba) či naopak poškozena (škrábance, opadaná omítka, rozložení barvy)
- Nedostupnost dat
  - Památka chráněna zákonem/majitelem. Obstrukce při získávání dat, publikaci výsledků.

# Pigmenty a barviva

- Pigment
  - Barvicí látka, obvykle anorganická, sypká, nerozpustná v pojivu
  - Oxidy, uhličitany, sírany kovových prvků (Fe, Pb, Cu, ...)
- Pojivo
  - Materiál tvořící barevnou spojitou povrchovou vrstvu
  - Fermeže, pryskyřice, vosky
- Plnidlo
  - Slouží k vyrovnání povrchových nerovností natíraného povrchu (není nutnou součástí barviva)
  - Sádra, mastek, kaolín, vápenec
- Ředidlo
  - Těkavá látka sloužící k naředění barviva na takovou konzistenci, aby tvořilo vrstvu požadované tloušťky
  - Syntetiky, oleje, voda



# Restaurátorské a IT možnosti

- Chemické vzorky
- Multimodální data (reflektografie)
- Spektroskopie
- Znalosti
  - Degradční procesy
  - Modely difuze (vody, prvků)
- Denoising
- Registrace
- Segmentace
- Fúze
- Differenční metriky
- Klasifikace
- Vizualizace

# Data



# Degradace pigmentů – příklad

- Olovnaté pigmenty – tmavnutí
  - Hydrogen cerrusit/cerrusit (olovnatá běloba)  $\text{Pb}(\text{OH})_2 \times \text{PbCO}_3$ 
    - Poměrně stabilní dvojmocné olovo – nutná silná oxidace (chemická činidla)
  - Minium (červená)  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ 
    - Nestabilní trojmocné olovo - postačí vzdušný  $\text{CO}_2$  a soli
  - Produktem je černý plattnerit  $\text{PbO}_2$
- Původní barva?



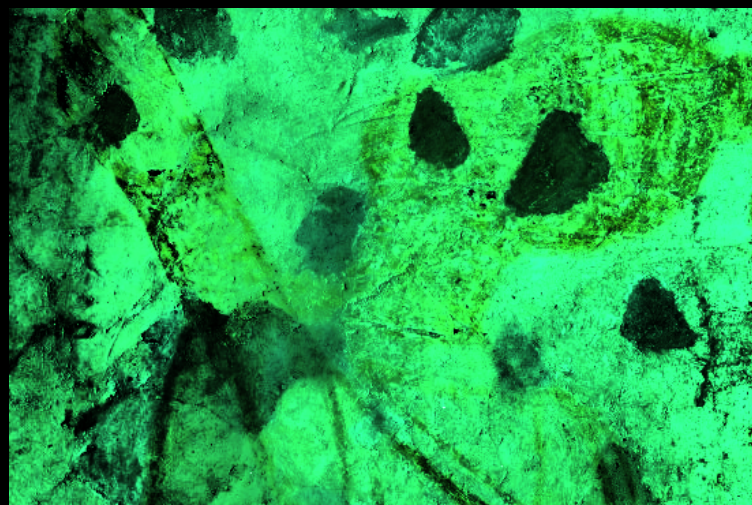
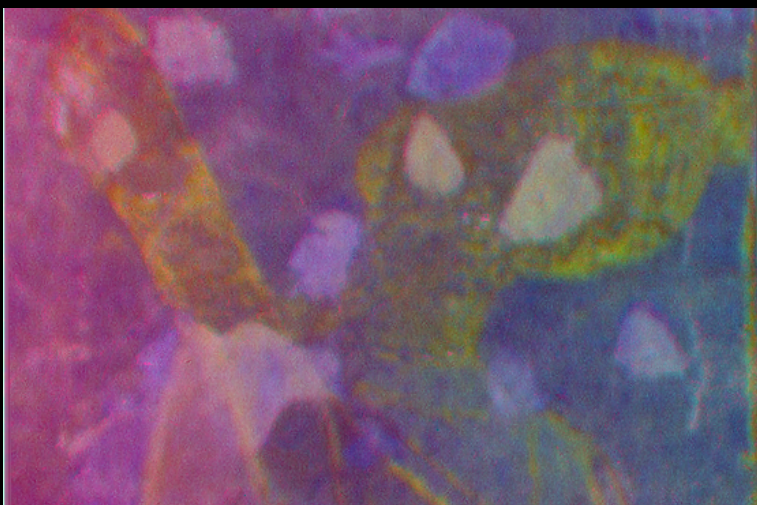
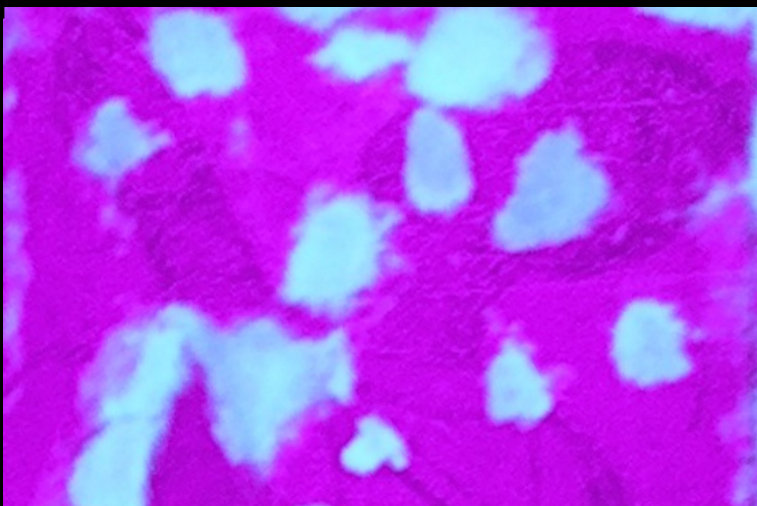


# Multimodální obrázky

- Pigmenty a pojiva se mohou v různých vlnových spektrech chovat různě
  - Reflektografie – měření odrazivosti
  - Spektroskopie – měření pohlcení/transformace určitých vlnových délek
- Určitá barviva mohou být průhledná (viditelnost vrstev)



# Multimodální obrázky - freska



# Multimodální obrázky laickým okem



- Bílé světlo (400nm -700nm) vs. blízké infračervené spektrum (720nm – 1150nm)
  - Pouhým okem viditelný rozdíl
  - Barvy jsou “průhledné” pro delší vlnové délky
- Co obsahuje NIR obraz?
  - Náčrty uhlíkovým pigmentem, které autor použil jako vodící line
  - V tomto případě se výsledný obraz liší od původní kresby
- Úkol pro IT?
  - Na obraze s nízkým rozlišením (snapshot) najít ROI
    - Vytipované oblasti se poté vyfotí s větším rozlišením pro restaurátory

# Registrace obrazu

- Snaha o překrytí různých modalit/obrazů
  - Nejjednodušší možná transformace, ale univerzální
- Poloautomatická metoda pomocí výběru referenčních bodů
  - Pro automatické metody je poměrně složité najít odpovídající si body
  - Multimodální data se chovají jinak
    - \_ Nevhodnost standardních diferenčních metrik

$$x' = \frac{ax + by + c}{gx + hy + 1}$$

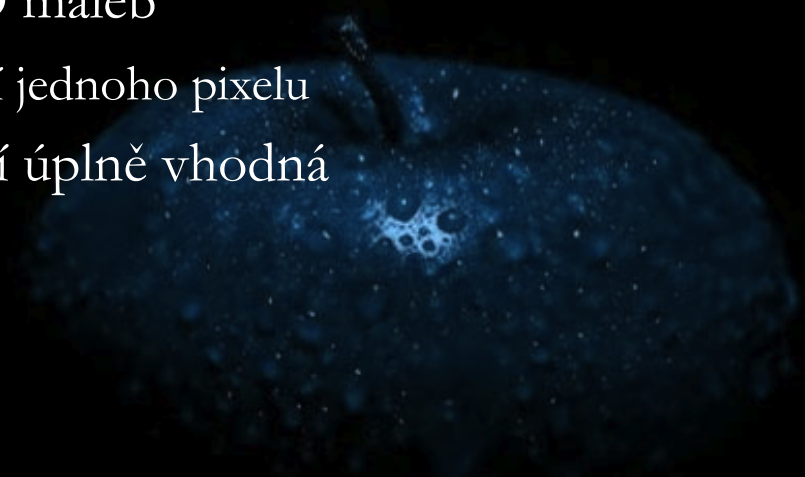
$$y' = \frac{dx + ey + f}{gx + hy + 1}$$



# Registrace - problém

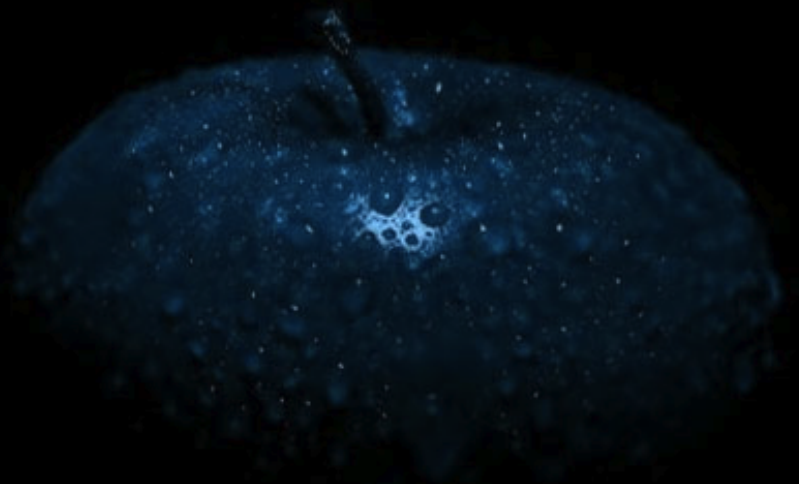


- Perspektivní transformace báječně funguje u 2D maleb
  - V případě fresek se nelze vyhnout chybě často větší jednoho pixelu
- Pro porovnání falzifikátu a originálu, taktéž není úplně vhodná
  - V tomto případě degenerují disproporční objekty



# Komparace - zobrazení rozdílů v obrazech

- Požadavky implicitní
  - Snadná pochopitelnost výsledků
    - zobrazení pouze toho, co restaurátor očekává
  - Validní metrika porovnání
  - Rychlost
    - Jednoduchost uživatelská i výpočetní (snadná použitelnost)
- Explicitní
  - Upozornění na změny struktur v obraze
    - kontury, velikosti objektů



# Metrika – Variation of information

- Míra podobnosti dvou náhodných jevů (v našem případě obrázků)
- Z definice:  $V(X, Y) = H(X, Y) - I(X, Y)$

*kde:*

$$I(X, Y) = H(X) + H(Y) - H(X, Y)$$

a  $H(A)$  je entropie jevu  $A$

- Do každého pixelu diferenčního obrázku vyneseme hodnotu:  $V(X[x, y], Y[x, y])$

# Výsledek?

- Graf přínosu jednotlivých pixelů do VI
  - Nebere v úvahu struktury v obrázku
  - Dává nesmyslné (malé) hodnoty u “vzácných” barev
    - Šum, outliers
- Jsou vidět škrábance, světlejší místa, ale ne změna kontury!



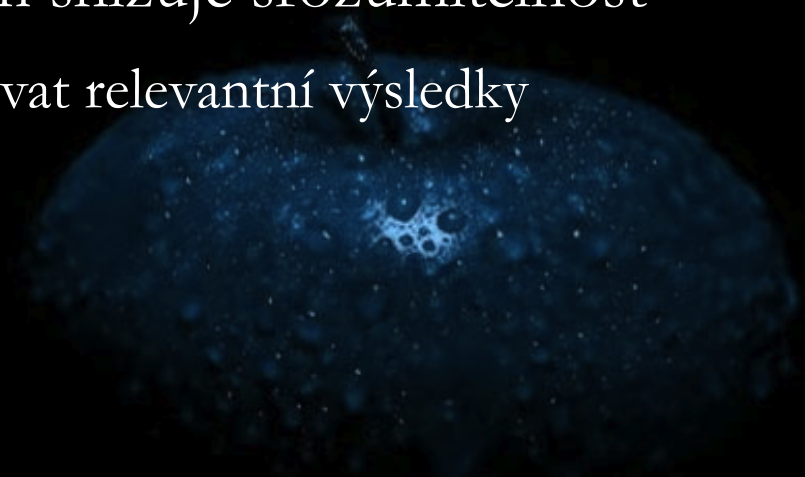


# Jiný přístup

- Chceme aby algoritmus:
  - Bral v úvahu kresbu
    - Rozpoznání tahů štětcem
  - “Rozuměl objektům”
    - Obličej, ruka, čára a její pokračování
  - Zobrazoval rozdíly
    - Kde se kontury na obrazech liší
  - Fungoval na malém rozlišení
    - Použitelný na snapshot
  - Byl dostatečně rychlý
- Testované řešení
  - Klasifikace kresby/objektů
    - Přiřazení třídy každému pixelu
    - Třídy jsou pro všechny modality identické
  - Porovnání tříd v různých modalitách
    - Zobrazení difference tříd
      - Lze použít std. metriky

# Závěrem

- Individuální přístup ke každému dílu
  - Jiné pigmenty, jiná historie, absence univerzálního algoritmu
    - Cílem je spíše pochopit malbu než “něco objevit”
    - Snažíme se pomáhat, objevná řešení většinou selhávají (různorodost dat)
  - Modelování změn je nutné často podložit speciálním měřením
    - Reflektografie použitých pigmentů → volba správné technologie
- Absence “pochopení” scény algoritmem snižuje srozumitelnost
  - Aplikace musí být srozumitelná a poskytovat relevantní výsledky



# Použité materiály

- Pigmenty a barviva
  - [http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/pigmenty\\_barviva.html](http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/pigmenty_barviva.html)
- Degradční procesy
  - Nástěnné malby v Kostřanech pod Tribečom, materiály, technika a příčiny jejich poškození, *RNDr. Janka Hradilová, Dr. David Hradil, Ing. Eva Kotulánová, Ing. Sylvie Švarcová*
- Registrace
  - Image registration methods: a survey, *Barbara Zitová a Jan Flusser*