

LAMORFA

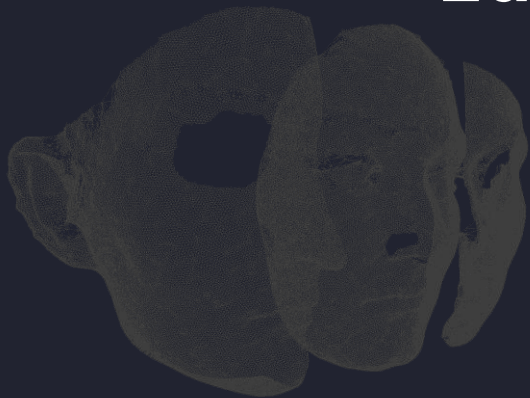
Laboratoř morfologie
a forenzní antropologie

Optické skenery

Editace 3D modelů

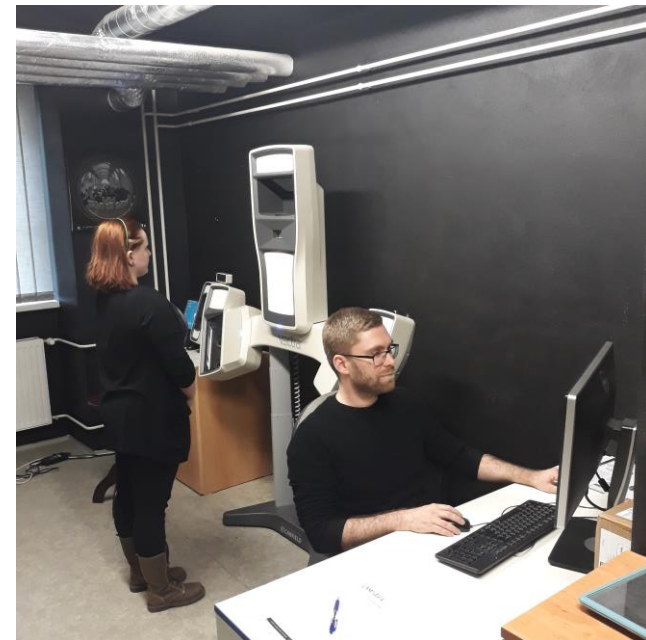
Analýza sítí

Mgr. Dominik Černý



Pasivní optické skenery

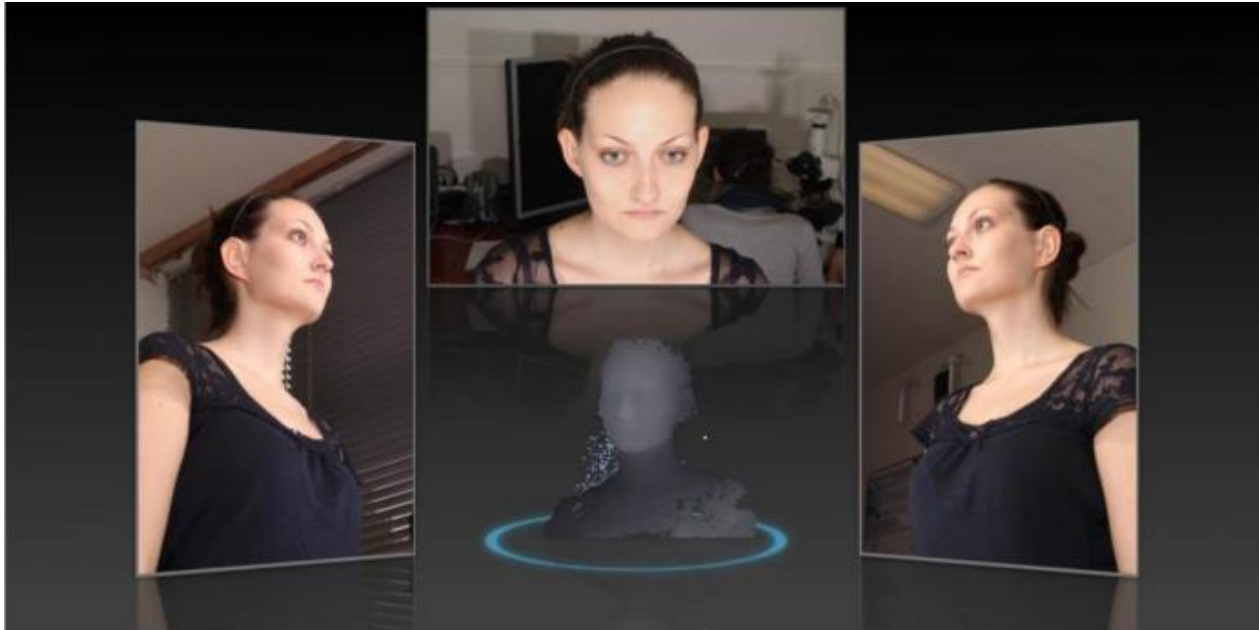
- Zpracování snímků pořízených synchronizovanými fotoaparáty
- Triangulují prostorové souřadnice z dvou a více snímků, pořízených synchronizovanými kamerami z různých úhlů
- Rozlišení prvků na fotografiích -> výpočet prostorové polohy s rozdíly jejich uspořádání na různých fotografiích
- Předmět musí být v konstantní vzdálenosti pod přesně stanoveným úhlem
- Tvar povrchu objektu je rekonstruován na základě geometrických pravidel ze známé vzdálenosti, pozice a úhlu kamer vůči objektu.





Vectra XT

- 6 kamer
- Obličej, hlava i horní část trupu



**Animace softwaru při
vytváření 3D modelu
Vectra XT**



Výsledné modely

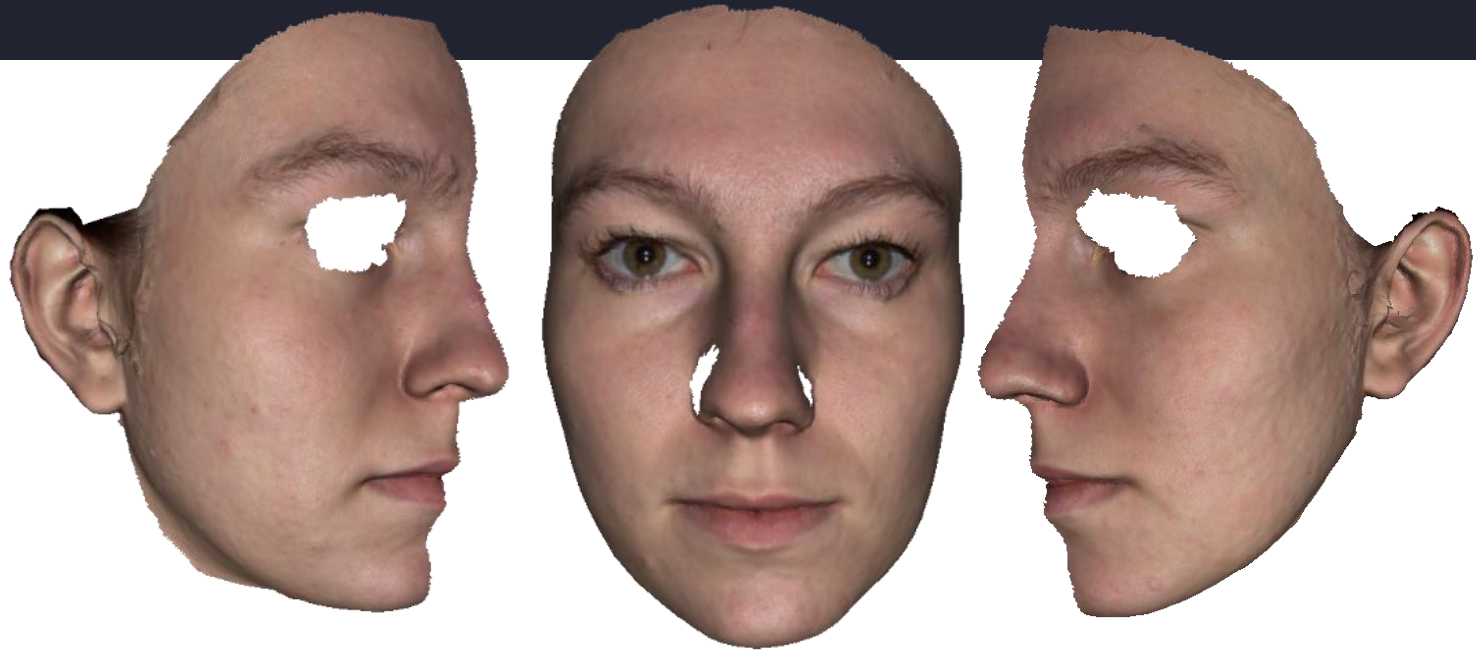


Vectra M1

- 2 kamery
- Pouze obličej
- Pro záznam celého obličeje nutno kombinovat více snímků



Vectra H1



Výsledné modely po spojení

Výhody

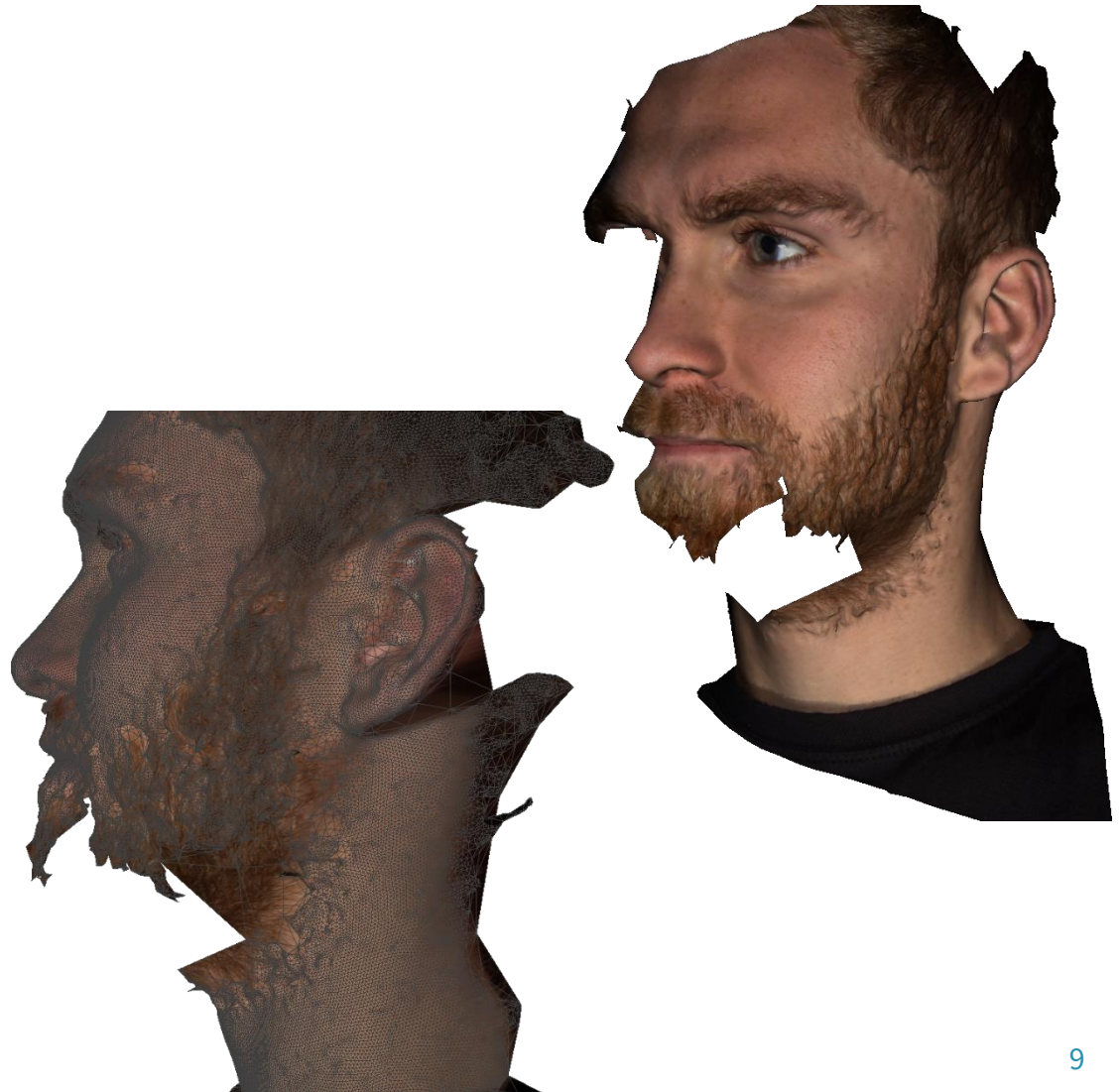
- Rychlost záznamu, která je srovnatelná s fotografováním
- Eliminace negativního vlivu pohybu snímané osoby na kvalitu výsledného modelu
- Záznam textury snímaného objektu
- Zdravotní nezávadnost (mimo epileptiků)

Nevýhody

- Relativně vysoká pořizovací cena
- Vyšší nároky na výpočetní techniku
- Limitace metody

Limitace

- Trichologický materiál (vlasy, vousy) – i jednotlivě
- Velmi lesklé povrchy
- Náročnost na kvalitní osvětlení
- Okraje skenu mohou být deformované
- Výsledný sken neobsahuje informace o částech objektu, které skener nenasnímá



Editace modelů

- Ořez chybně naskenovaných částí modelu
- Zarovnání modelů, nastavení modelu do definované polohy
- (nejen) Pro skeny z Vectry M1 spojování 3 skenů do 1 modelu
- Očištění od nadbytečných dat a chyb polygonální sítě
- Vyplnění děr v polygonální síti
- Odstranění chybných a izolovaných fragmentů a zdvojených sítí
- Redukce rozlišení polygonální sítě
- Změna velikosti digitálního modelu

Editace modelů

Osnova:

- krátký popis problému a motivace proč jej řešit
- příklad postupu v dostupném softwaru
- Videonávod (video na odkaze)

Editace modelů - formáty

Obj (může nést texturu, **Meshlab**,
Blender,.....)

Stl (bez textury, **GOM Inspect**, Meshlab,..)

Ply

Wrl

Ořez raw skenu

- V projektech Fidentis řešených u nás primárně: VECTRA XT 3D Imaging System
- Také možné v: GOM Inspect (označit + delete), Meshlab (Z-painting + delete)
- **Chybně nebo omylem naskenované polygony**
- **Mohou zanášet chybu v dalších krocích editace a následných analýzách**



Ořez raw skenu (návod)



Přímo v programu u Vectry (**VECTRA XT 3D Imaging System**) pomocí k tomu určených nástrojů ořezat veškeré přebytečné polygony (např. zachycené oblečení, fragmenty okolí, vlasy atd.) dále je třeba ořezat místa s nízkou frekvencí polygonů na okrajích skenů. U laterálních skenů je možné ořezat i chybně naskenované oči (nepoužije se jejich textura).

Open in Analysis

a) Ořez pomocí nástroje k tomu určeném (blok ořezu, laso, označení oblasti) + delete

1) Uložení File – Save – Ok

2) Export: Exort – Složka – Zaškrtnout obj formát – (Advanced jen pro Vectru XT) - Everywere + Single texture – Name: Číslo probanda

b) Vytvoření animace do aplikace pro probandy (využívá se jako odměna za účast v projektech)
(pokračování v práci Open in Analysis)

1) Export: Export pdf – označit Vanila + změnit na složku určenou pro tento účel

2) Animace: File – Create animation – Generate – Vpravo ikona uložení – Zpět – Najít mirror – export nejdřív v .pdf a pak v .obj

Příklad softwaru pro editaci modelů Meshlab

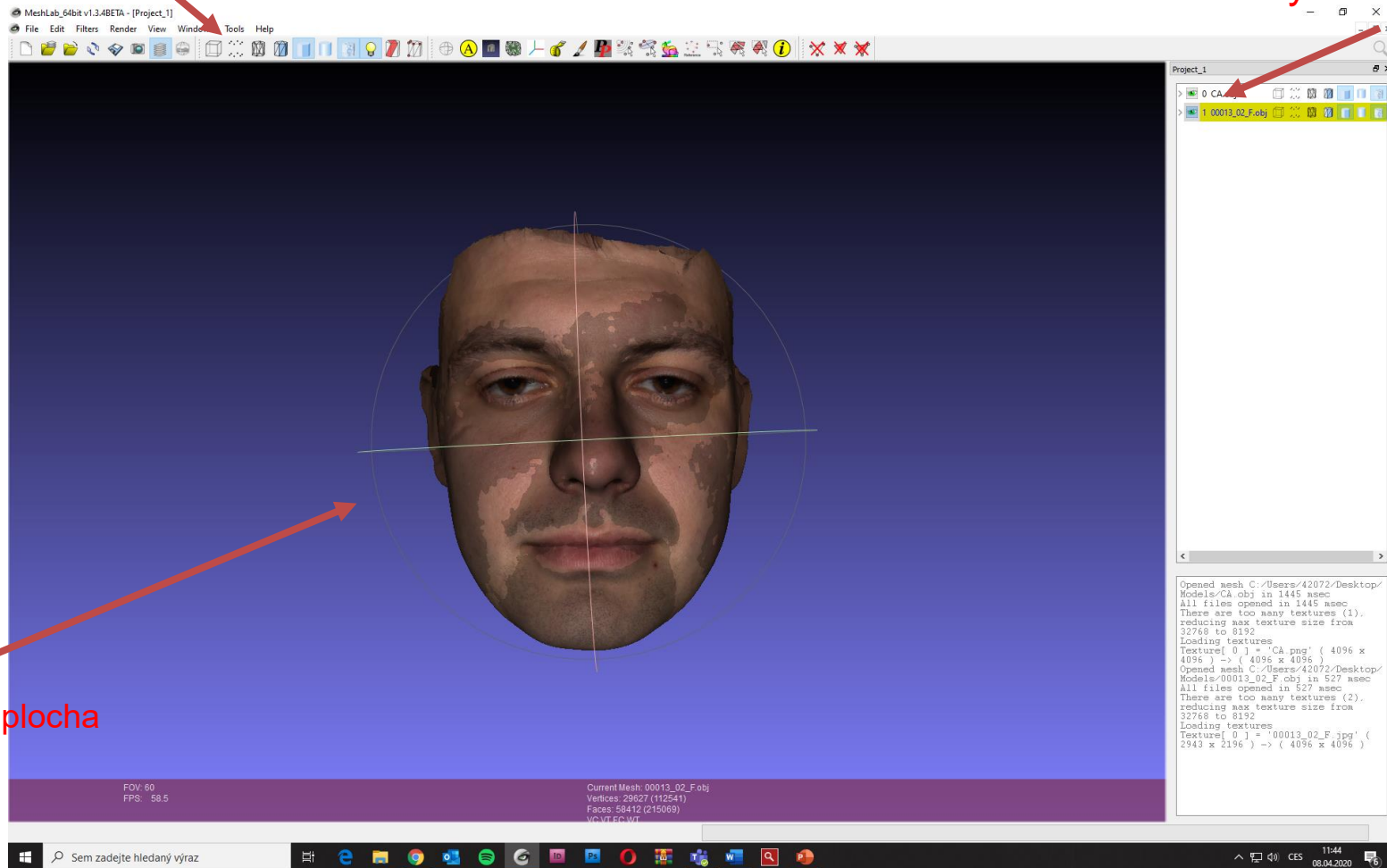
- Freeware
- 3 verze 2014 (videonávody), 2018 a 2020
- Liší se jen v detailech a pojmenováním několika funkcí (bude upozorněno)
- <http://www.meshlab.net/#download>

Základní orientace v Meshlabu

LAMORFA

Lišta s funkcemi programu

Layer Dialog

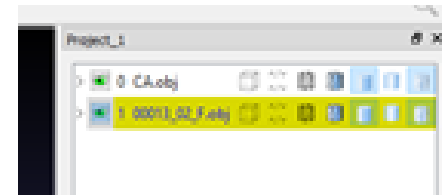


Pracovní plocha

- Modelem lze otáčet pomocí myši a kliknutím na pravé tlačítko
- Lze jím také pohybovat v rovině (Ctrl +RBM), zvětšit jej (kolečko myši) nebo změnit perspektivu (Shift + kolečko myši)
- Model také můžete vyexportovat jako obrázek (ikona fotoaparátu)

- **Layer Dialog** slouží k orientaci mezi modely:

- Oko – který model vidíte



- Žluté označení – označuje model se kterým pracujete (na to pozor, vždy mějte **označen model na kterém pracujete!!** jinak můžete upravovat jiný, který ani nemusíte mít zobrazen)
- Možnost zobrazit si pouze oblak bodů, síť, nebo komplet i s texturou
- Export modelu klasicky přes nabídku File – Export Mesh/Export Mesh As

Nastavení modelu do definované polohy

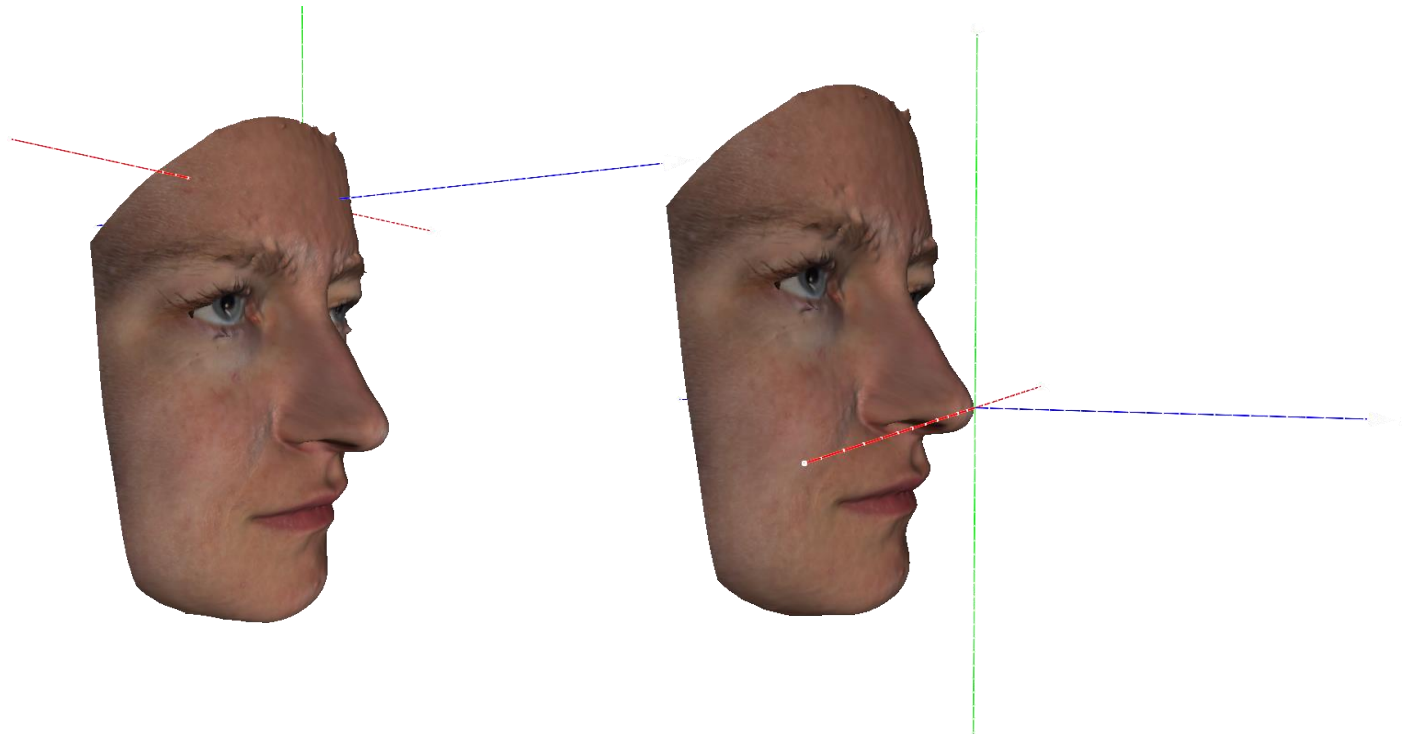
- Digitální modely jsou tvořeny vrcholy, jejichž poloha v prostoru je definována hodnotou tří souřadnic.
- Každý model má tedy určitou polohu a orientaci v kartézské soustavě souřadnic.
- Poloha modelu, získaného skenováním nebo fotogrammetricky, je často dána polohou objektu při snímání nebo kalibrací dotykového digitizéru.
- Poloha modelu v soustavě souřadnic není totožná s polohou, ve které se na model díváme v náhledovém okně aplikací. Otáčením modelu v náhledovém okně ve skutečnosti měníme úhel pohledu a ne orientaci modelu.

Nastavení modelu do definované polohy

- Editační programy umožňují změnu polohy a orientace modelu v jeho soustavě souřadnic – tj. přepočítání polohy všech vrcholů modelu.
- Tyto nástroje můžeme využít k ustavení modelu do některé ze standardních poloh (např. anatomické polohy nebo frankfurtské horizontály), do polohy vhodné k prezentaci.
- **Sjednocení setu modelů, budoucí editace a analýzy**

Nastavení modelu do definované polohy

- Meshlab, Landmark, Cloudcompare, Blender
- **Meshlab**: pomocí funkce Manipulators Tool



Nastavení modelu do definované polohy (návod)

Zarovnání modelu podle os

1) Render – Show axis (okáže bod 0 na xyz souřadnici)

Na tento bod 0 zarovnááme bod Pronasale (špičku nosu), tak aby obličej byl ve Frankfurtské horizontále

2) Manipulators tool

a) stisknutí klávesy T = po ose X, Y a Z dle natočení modelu – potvrzení **Enter**

b) stisknutí klávesy R = rotace – potvrzení **Enter**

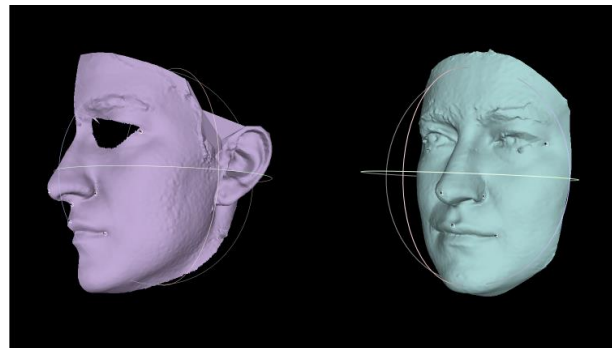
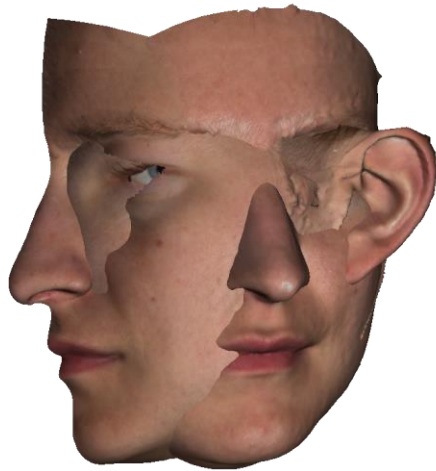
Zkontrolujeme model ze všech stran, po každém zarovnání je nutné potvrdit Enter a deaktivovat Manipulators tool kliknutím na ikonu, pak můžete model pootočít a pokračovat dále

3) Uložení: Pravým tlačítkem na myši klik v Show Layer Dialogu na libovolný zarovnaný sken a z nabídky vybrat **Freeze Current Matrix + export**

<https://web.microsoftstream.com/video/29e3122b-324d-44f6-ba3b-b1a08acaff28>

Zarovnání modelů na sebe

- Landmark, Meshlab, Blender
- **Meshlab**: pomocí funkce Align, Point Based Glueing
- **Pro spojení více modelů do jednoho (nejen faciálních skenů)**



Zarovnání modelů na sebe

Přes funkci Align zarovnaní pomocí bodů pod tlačítkem “A v kolečku“

1) Frontální sken označíme pomocí tlačítka Glue Here Mesh jako primární (na něj budeme zbylé dva zarovnávat)

2) označíme jeden z laterálních skenů a stiskneme Point Based Glueing

3) Ve dvou oknech nanese pomocí dvojkliku levého tlačítka na myši na oba skeny min. 4 body (u složitějších skenů i více, číslování bodů začíná na 0) sloužící k zarovnaní. Bod 1 na prvním odpovídá bodu 1 na druhém skenu, atd. Proto je třeba velké přesnosti. Body umísťujeme na snadno identifikovatelná místa (např. koutky úst, očí). Je třeba také umístit tyto body tak, aby byly rozmístěné různě po skenu (a netvořily tak např. linku, ve videu příklad špatně zvolených bodů kdy se modely zarovnaní otočené). Body lze vymazat pomocí ctrl + levé tlačítko myši.

4) OK

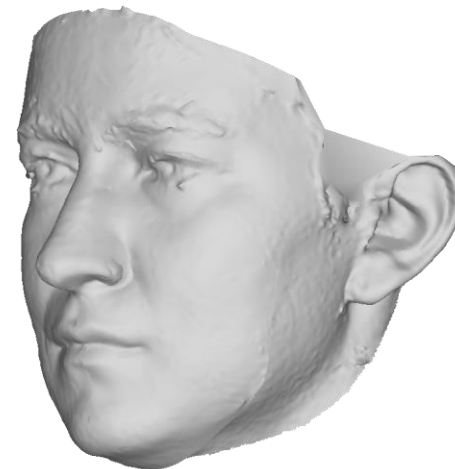
5) **Process**

6) Pravým tlačítkem na myši klik v Show Layer Dialogu na libovolný zarovnaný sken a z nabídky vybrat **Freeze Current Matrix – apply to all visible layers**

7) Export

Spojování modelů

- **Meshlab**, GOM Inspect, Blender
- Pomocí funkce Flatten Visible Layers
- **Více modelů tvořící jeden objekt např. skeny z Vectry M1 – získáme tak kompletní informaci**



Spojování modelů

Spojení skenů

- Dále je třeba z těchto 3 zarovnaných skenů vytvořit jeden model
 - 1) Pravým tlačítkem na myši klik v Show Layer Dialogu na libovolný sken a z nabídky vybrat Flatten Visible Layers (pozor musí být všechny 3 skeny viditelné! – ikona oka vlevo od názvu skenu)
 - 2) Apply (vytvoří se jeden model)

<https://web.microsoftstream.com/video/2b17804a-72a9-4151-876f-8e3284a411ed>

Očištění dat od chyb polygonální sítě, zdvojení sítě, ..

- **Meshlab**
 - Filters- Remeshing - Screened Poisson Surface Reconstruction
 - Poté ořez přebytečných částí modelu
- GOM Inspect
 - export - geometry – ASCII
 - vyexportovaný oblak bodů v GOM + rekonstrukce polygonální sítě (Polygonize point cloud)

Meshlab

Označený model

1) Poissonova rekonstrukce povrchu:

Filters- Remeshing - Surface Reconstruction (**stará verze**) nebo Screened Poisson Surface Reconstruction (**nová verze**)

2) Ořez zadní části modelu

a) Funkce Štětec (Z-painting)

b) Zakliknout červený štětec – označit co se má oříznout (prostor mezi ušima, za čelem a v dolní části až k textuře, můžete zvolit velikost štětce a to zda štětec označí i polygony skryté, či obrácené

c) Klik na Delete the current set of selected faces and all the verticles sorrounded by that faces (červený přeškrtnutý trojúhelník s kolečky na vrcholech)

d) Dočistit hrany tak aby nevytvářely vystupující útvary

e) Exportovat v obj nebo stl

<https://web.microsoftstream.com/video/1921d839-2a32-428a-9fba-9454bb793cce>

- Polygonální síť tvořící 3D model často obsahuje velké množství děr. Nemusí jít pouze o díry odpovídající přirozeným otvorům modelovaného objektu nebo díry vzniklé v místech, která nemohla být nasnímána, např. z důvodu zákrytu nebo špatné dostupnosti.
- Velké množství nepatrných děr vzniká také v důsledku chybného generování polygonální sítě, jde o artefakty tvorby modelu.
- Díry v polygonální síti mohou být překážkou aplikace některých analytických nástrojů (např. měření objemu, vytváření rovinných řezů).
- Úplná uzavřenost polygonálních sítí je nutná také pro 3D tisk – některé aplikace z tohoto důvodu hlásí chybu při ukládání neuzavřeného modelu do formátu stl, nativního formátu stereolitografie, jedné z metod 3D tisku.

GOM Inspect

Automatické vyplňování

- Označíme celý model – LMB > Select All.
- Spustíme nástroj pro automatické vyplňování – Operations > Mesh > Close holes > Automatically...
- Nastavíme parametry děr, které chceme automaticky zaplnit (podle obrázku níže). U řady nástrojů lze parametry jejich použití nastavit automaticky, kliknutím Ctrl + LMB na relevantní oblast polygonální sítě. Automatické vyplňování nastavíme kliknutím na okraj díry tak, že budou vyplněny díry stejné a menší velikosti.
- Nástroj aplikujeme stiskem Apply

Manuální vyplňování

- Spustíme nástroj manuálního vyplňování děr – Operations > Mesh > Close holes > Interactively... nebo příslušnou ikonou.
- Díru, kterou chceme editovat, vybereme kliknutím Ctrl + LMB do blízkosti jejího okraje
- Po nastavení parametrů výplně aplikace dopředu vypočítá její tvar (v případě složitějších děr může tato operace trvat několik sekund).
- Nastavení Filling result měníme podle požadovaného výsledku. V případě některých děr je dobré zvolit jemnější přechod, respektující tvar okolí díry, v případě přirozených děr můžeme použít rovnou výplň (Plane-based).
- Výplň aplikujeme příkazem Apply.
- Celý proces opakujeme u dalších děr modelu

Meshlab

- Program Meshlab obsahuje nástroj, který automaticky vyplňuje všechny díry do velikosti definované počtem polygonů ohraničujících díru.
- Vyplňování děr v polygonální síti – MeshLab
- Spustíme nástroj automatického vyplňování děr – Filters > Remeshing, Simplification and Reconstruction > Close holes
- Definujeme max. velikost vyplňovaných děr. Pro vyplnění drobných děr zvolíme nějakou přibližnou hodnotu, např. 20 (při nastavení na tuto hodnotu budou editovány všechny díry, které jsou ohraničeny dvaceti a méně polygony). Nastavení příliš velké hodnoty by mohlo vést k nechtěnému uzavření větších děr

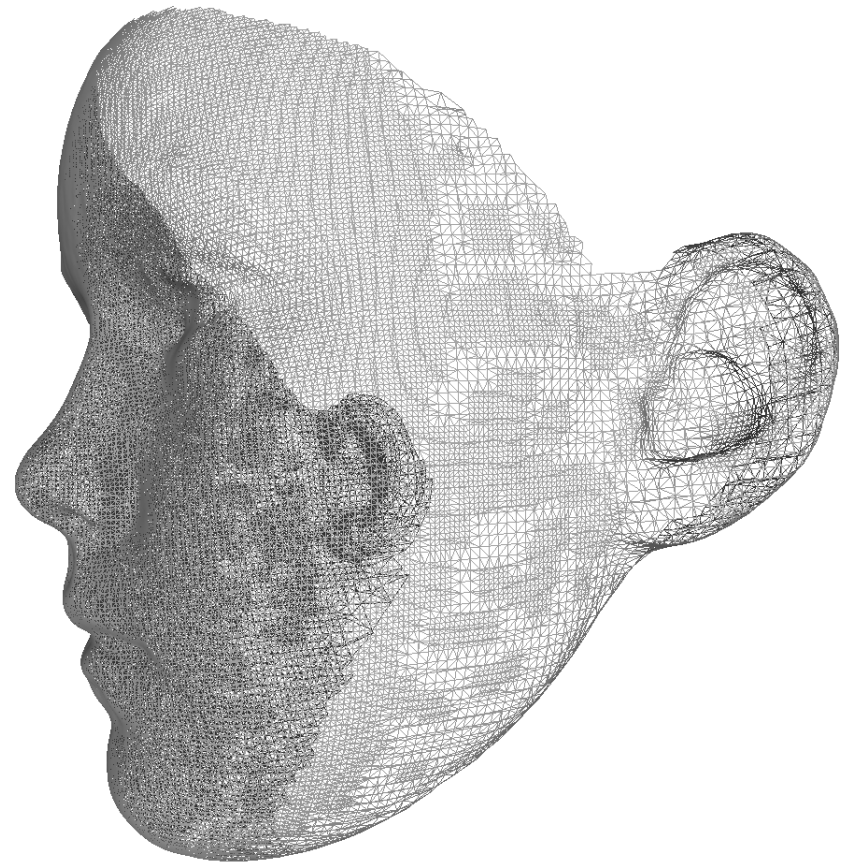
Regularizace polygonální sítě

Kvalita a rozlišení polygonální sítě se může v různých částech modelu lišit.

Nesjednocená síť může zanášet chybu při analýze sítí

GOM Inspect, Meshlab, Blender

- Select all – mesh – other – regularize
- 0,006 mm (vyberete požadovanou toleranci povrchu)– apply



Redukce rozlišení polygonální sítě

- Redukce rozlišení je krokem, ke kterému můžeme přistoupit v různých fázích editace modelu.
- V ideálním případě pracujeme s modelem v původním, maximálním rozlišení, daným např. nastavením 3D skenování.
- S rostoucím rozlišení modelu však úměrně stoupá velikost souboru a výpočetní náročnost jeho zpracování, proto často přistupujeme k redukci rozlišení na počátku celé editace tak, abychom snížili její výpočetní náročnost.
- Zvolené rozlišení je vždy kompromisem mezi množstvím uchované informace, zachycených detailů, a velikostí souboru.

GOM Inspect

- Vybereme celý model – RMB > Select All...
- Spustíme nástroj pro redukci rozlišení „Thin Mesh“ – Operations > Mesh > Thin...
- Zvolíme nastavení Surface tolerance a zadáme maximální odchylku, kterou může mít nový model od originálu.
- Můžeme aktivovat také volbu Max. edge length, která omezuje délku hran nově vzniklých polygonů. Např. při nastavení Surface tolerance na hodnotu 0.2 a Max. edge length 2 bude výsledkem redukce polygonální sítě, která se tvarově neliší od původní sítě o víc než o 0.2
- Redukce rozlišení polygonální sítě – GOM Inspect 74 mm a jejíž vrcholy nejsou od sebe dál než 2 mm.
- Redukci spustíme tlačítkem Apply Druhou možností je nastavení přesného počtu vrcholů redukované polygonální sítě (Number of points).
- Výhodou nastavení maximální odchylky je, že nemusí být specifikován konkrétní počet bodů, závislý na velikosti sítě a její složitosti, ale jen tvarová tolerance.

Meshlab

- V Layer Dialog aktivujeme model (LMB), jehož rozlišení chceme redukovat
- Spustíme nástroj redukce rozlišení – Filters > Remeshing, Simplification and Reconstruction > Quadric Edge Collapse Decimation...
- Nastavíme parametry redukce a aplikujeme – Apply
- Target number of faces – nastavíme počet polygonů výsledného modelu
- Preserve Normal, Preserve Topology, Preserve Boundary – volby zabraňující větším změnám v geometrii modelu. Při aktivaci bude zachováno směřování polygonů, redukce rozlišení nepovede ke změnám topologie modelu, např. vyplnění děr v modelu, a ke změnám tvaru děr v polygonální síti.
- Jednotlivé volby jsou podrobně popsány v nápovědě, která může být aktivována tlačítkem Help v dialogovém okně. Stejná nápověda je k dispozici u většiny nástrojů.

Textury

Barevná informace

Nejčastěji **.obj** formát 3D modelu

.jpg nebo **.png**

.mtl soubor spojující model s texturou

Definována nejčastěji v **RGB** spektru(ale i CMYK) nebo stupni šedi a **rozlišením**

Zásadní u digitalizace bodů např. na obličejích

Pro identifikační účely ve forezních vědách

Informace o stavu objektu



Textury

Vstup: modely - Raw edited zarovnané a) jeden bez textury označen číslem a CA (.ply)

Postup:

Vytvoření souřadnic

Meshlab – otevřít soubor

První cesta: Filters – Texture – Parametrization: Flat plane – apply – apply

Alternativní cesta: Filters – Texture – Set texture, texture dimension: 4096 – apply

Druhý krok:

U obou souborů CA i F

Filters – Texture – Transfer vertex attributes to texture (between 2 meshes), Tabulka:

Source: S texturou

Target: bez textury

Color data source: texture color

Název: Přesně jako ten s texturou CA + .png

Texture u obou čísel 4096

Zaškrtnout: Fill texture i Assign texture (nezaškrtnout: overwrite target!)

Dále: uložit v .obj

V textovém editoru

Do řádku u souboru nového modelu pod (NS řádek) z .mtl map. Kd + přesný název souboru

<https://web.microsoftstream.com/video/d2803b2d-f56f-40a0-a708-8cfae39c5de9>

Digitalizace landmarků a křivek

Landmark (od 2019 už není freeware)

-Křivky: Curve > Primitives > Edit Landmark Primitives

-Semilandmark density, export .pts nebo .nts

Meshlab

GOM Inspect

Fidentis (viz dále)

Digitalizace landmarků

- Registrace polohy význačných bodů na digitálních povrchových modelech odpovídá digitalizaci význačných bodů na objektech např. dotykovým digitizérem.
- Výhodou digitálního prostředí je možnost uložit postup práce a dodatečně kontrolovat umístění bodů, stejně jako větší přístupnost různých struktur analyzovaného objektu.
- Nevýhodou je především horší lokalizace některých význačných bodů, v závislosti na kvalitě/přítomnosti textury a přesnosti modelu.
- Prvním krokem je umístění bodů na povrch digitálního modelu, druhým export 3D souřadnic těchto bodů, obvykle v textovém formátu.

GOM Inspect

- Otevřeme projekt s modelem.
- Spustíme nástroj editace povrchových bodů Construct > Points > Point.. Editace a export význačných bodů– GOM Inspect
- Body umísťujeme na povrch modelu příkazem Ctrl + LMB. V dialogovém okně můžeme změnit jméno bodu. Vytvoření bodu potvrdíme příkazem Construct. Všechny definované prvky jsou součástí projektu a jsou uvedeny v seznamu Explorer jako tzv. Geometries... Prostorové souřadnice všech prvků mohou být exportovány ve formátu CSV nebo ASCII příkazem File > Export > Geometry...
- V seznamu Explorer označíme body, které chceme exportovat nebo nadřazenou složku Points v případě, že chceme exportovat všechny body.
- Souřadnice bodů exportujeme přes dialogové okno File > Export > Geometry Pokud nezměníme cílové umístění exportovaných dat, uloží se do složky Export, která je součástí projektu.

Meshlab

- Editace a export význačných bodů– MeshLab Body editujeme za pomoci nástroje PickPoints. Nástroj pracuje s předpřipravenými šablonami, do kterých jsou doplňovány souřadnice. Prvním krokem je příprava šablony s konfigurací bodů, druhým pak samotná registrace polohy bodů.
- Otevřeme projekt s importovaným modelem.
- Spustíme nástroj PickPoints
- Volbou Add Point přidáme do šablony potřebný počet bodů, pro lepší přehled body pojmenujeme.
- Vedle Add Point jsou v Template Controls umístěny také další nástroje pro ovládání šablony. Námí vytvořenou šablonu můžeme uložit pro pozdější použití volbou Save, dříve vytvořenou šablonu můžeme nahrát volbou Load. Volbou Clear šablonu kompletně vymažeme. K editaci bodů, obsažených v šabloně, slouží nabídka pod seznamem bodů. Možností je body přejmenovat (Rename Point), odstranit body ze šablony (Remove Point), vymazat souřadnice bodu (Clear Point).
- V dialogovém okně označíme první bod (kliknutím LMB) a určíme jeho polohu na modelu pravým tlačítkem myši. Pokračujeme v umístění všech bodů šablony, do dialogového okna jsou automaticky zaznamenány jejich souřadnice. Špatně umístěný bod můžeme znovu zaznamenat nebo využít volby Move Point, kdy s bodem můžeme při stisknutém RMB volně hýbat po povrchu modelu.
- Šablonu se souřadnicemi uložíme příkazem Save. Souřadnice jsou uloženy ve formátu .pp. Soubor může být otevřen např. v textovém editoru a souřadnice překopírovány do tabulky

Digitalizace křivek

- Aplikace nabízejí řadu nástrojů pro tvorbu volně definovaných povrchových křivek a rovinných řezů, průsečíků modelů s definovanými rovinami.
- Editace a export křivek křivky mohou být exportovány ve formě vektorů, častěji jsou však exportovány a dále zpracovávány souřadnice bodů, kterými křivka prochází.

GOM Inspect

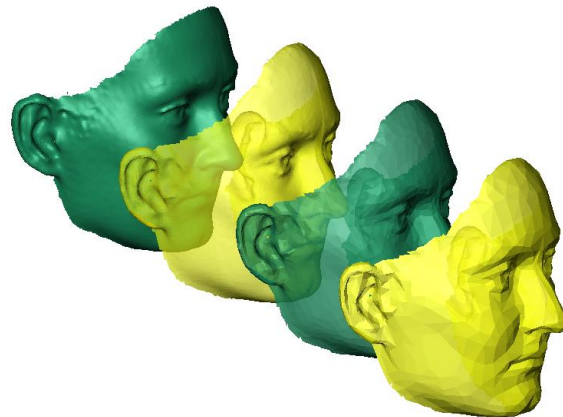
- Otevřeme projekt a importujeme model. • Spustíme nástroj pro konstrukci povrchových křivek (Construct > Curve > Surface Curve...)
- Umístováním bodů na povrch modelu (Ctrl + LMB) editujeme průběh křivky. Pokud v průběhu editace křivky klikneme na její první bod, křivku uzavřeme. Vytvoření naeditované křivky potvrdíme volbou Ok.
- Křivka je zařazena do seznamu Explorer, do oddílu Geometries > Surface Curves.
- Na rozdíl od křivek editovaných v programu Landmark je výsledkem jediná povrchová křivka (a ne řetězec křivek), přesně kopírující povrch modelu.
- Program exportuje křivky ve formě souřadnic velkého počtu bodů, kterými procházejí. Počet bodů, jejichž souřadnice exportujeme je nastaven automaticky (v případě křivky editované na páni jde o ca 500 bodů).
- Křivku, kterou chceme editovat, označíme v seznamu Explorer a spustíme dialogové okno pro export File > Export > Geometry...
- V dialogovém okně nastavíme jméno souboru a jeho umístění, křivku exportujeme příkazem Export

Meshlab

- Program GOM Inspect umožňuje vytvářet rovinné řezy digitálními modely. Výsledkem je křivka odpovídající průsečíku polygonálního modelu a definované roviny. Vytvoření rovinného řezu probíhá ve dvou krocích. Prvním krokem je definování roviny řezu (v případě, že nechceme vést řez rovnoběžný s rovinami souřadnicového systému), druhým pak vytvoření samotné křivky.
- Otevřeme projekt a importujeme model. • Spustíme nástroj vytvoření roviny za pomoci tří bodů (Construct > Plane > 3-Point plane...)
- Příkazem Ctrl + LMB umístíme na povrchu modelu 3 body, kterými bude rovina procházet. • Rovinu vytvoříme příkazem Create. Rovina je jedním z geometrických prvků (stejně jako body). Vytvořené roviny jsou proto uvedeny v seznamu Explorer jako Sections.
- Označíme část modelu, kterou chceme vést řez. V našem případě celý model. • Spustíme nástroj pro vytvoření rovinného řezu (Construct > Section > Single Section...)
- V dialogovém okně zvolíme za Reference plane námi definovanou plochu. Volba Position umožňuje posun plochy řezu vůči referenční ploše, v našem případě ponecháme nastavení 0. Řez bude veden přímo námi definovanou plochou.
- Rovinný řez vytvoříme příkazem Create. Rovinné řezy jsou uvedeny v seznamu prvků Elements jako Sections.
- Křivku, kterou chceme editovat, označíme v seznamu Explorer a spustíme dialogové okno pro export File > Export > Geometry...
- V dialogovém okně nastavíme jméno souboru a jeho umístění, křivku exportujeme příkazem Export.

Analýza modelů

- Porovnání rozdílů mezi dvěma a více modely
- Celková variabilita v populaci/vzorku
- Rozdíly mezi skupinami (m x ž, věkové skupiny, populace,...)
- Porovnání vzorku s databází/populací/kontrolní skupinou
- Lokální variabilita (oblast nosu, očí, kloubní plošky na kostech, nelezení místa s největšími rozdíly na modelech,...)



Analýza modelů

Převedením 3D modelu do 2D (**ztráta informace!** Pouze pokud není jiná možnost nebo to vyžaduje metodika)

- Fotografie, náhledy

- Biometrické systémy

- Hloubkové mapy

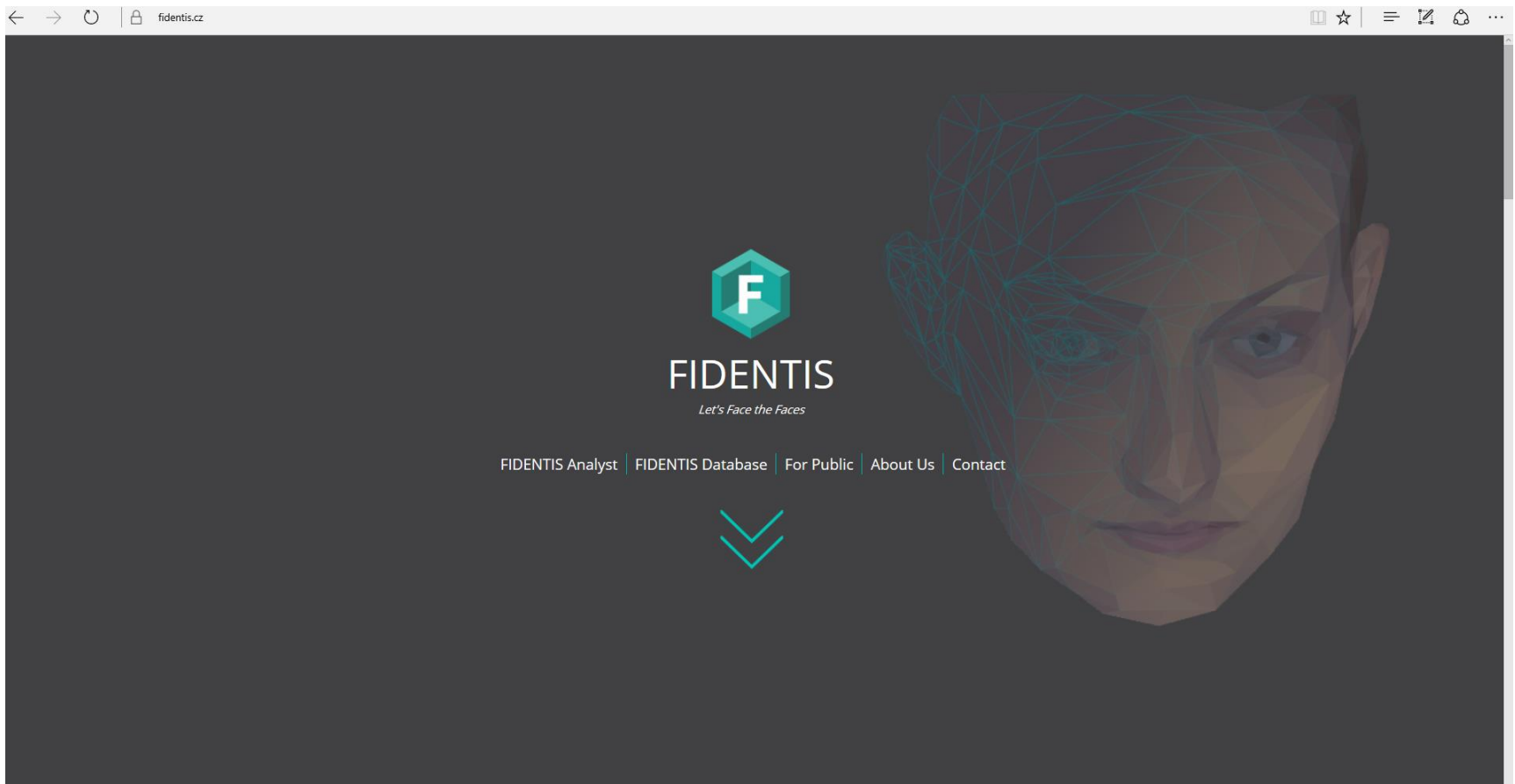
Vlastní analýzy modelů:

- Analýzy landmarků (např. Procrustova analýza, měření vzdáleností - Meshlab, výpočet v Excelu (Pythagorova věta ve 3D))

- Analýzy semilandmarků a křivek

- Analýzy sítě (Vertex to vertex)

Například: Fidentis Analyst



Fidentis Analyst

Umožňuje analýzy modelů (porovnáním sítí)

1:1 – dva modely (před a po operaci, muž žena, porovnání stejného jedince po několika letech – např. růst)

1:n – jeden jedinec vs databáze (např. jak moc se liší od populace)

n:n – všichni se všemi (např. variabilita populace, ...)

<https://www.fidentis.cz/analyst>



COMPARE 2 FACES



COMPARE WITH DATABASE



BATCH PROCESSING

Compare two faces

Compare two faces.

- Registration methods: Feature points alignment, ICP
- Comparison methods: Procrustes analysis, Hausdroff distance

Registrace modelu

Model je potřeba před analýzou registrovat do 3D prostoru

GPA algoritmus (Generalized Procrustes analysis)

- Na základě procrustovských vzdáleností jednotlivých bodů

ICP algoritmus (Iterative Closest Point)

-Hledá minimalizaci rozdílu mezi dvěma oblaky bodů, bod po bodu

Scale – zahrnutí analýzy celkové velikosti objektů, či nikoli (= analýza pouze tvaru)

Registrace modelu

File Landmarks Options

Project 30/04/2019 x New Project x

Registration

Method: **Feature Points (GPA)**

Stencil:

Feature Points (GPA)
Surface (ICP)
No registration
Acquire landmarks

Configuration

Registration

Method: **Feature Points (GPA)**

Stencil:

Used PDM: default

Calculate points automatically

Load points from file...

Manipulate landmarks

Add Remove

Edit Validate

Export points to file...

Save stencil...

Use scale:

Threshold: 0 0.2 0.4 0.6 0.8 1

Projects

- Project 30/04/2019
 - 2 faces comparison
 - Primary model
 - post.obj
 - Secondary model
 - S007_CBCT_face_pre_b_edit_10k.obj

Digitalizace landmarků

Nástroj pro digitalizaci landmarků

- 1) manuální
- 2) automatická

Manuální digitalizace landmarků

<https://web.microsoftstream.com/video/87914581-bf42-400b-8dcd-847cc3ddeb6d6>

Automatická digitalizace landmarků

<https://web.microsoftstream.com/video/77da7b98-ea28-47db-a1a8-1d888a9b8475>

Vpravo nahoře je k dispozici seznam landmarků s definicemi



ID	Landmark Name	Landmark Description
1	Exocanthion R	The point at the outer commissure of the eye where the outer margin of the upper eyelid meets the lower eyelid. If the precise spot cannot be found then the location is in the intersection of imaginary lines obtained by...
2	Exocanthion L	The point at the outer commissure of the eye where the outer margin of the upper eyelid meets the lower eyelid. If the precise spot cannot be found then the location is in the intersection of imaginary lines obtained by...
3	Endocanthion R	The point at the inner commissure of the eye where the inner margin of the upper eyelid meets the lower eyelid. It is the most medial point at the lacrimal caruncle. In case a skin fold is present (epicanthus, plica mo...
4	Endocanthion L	The point at the inner commissure of the eye where the inner margin of the upper eyelid meets the lower eyelid. It is the most medial point at the lacrimal caruncle. In case a skin fold is present (epicanthus, plica mo...
5	Palpebra superior R	The point which is located at the intersection of a line going through the eye center (parallel to the mid-sagittal plane) and the caudal (lower) margin of the upper eyelid. The eye center is defined as the half distance b...
6	Palpebra superior L	The point which is located at the intersection of a line going through the eye center (parallel to the mid-sagittal plane) and the caudal (lower) margin of the upper eyelid. The eye center is defined as the half distance b...
7	Palpebra inferior R	The point which is located at the intersection of a line going through the eye center (parallel to the mid-sagittal plane) and the upper margin of the lower eyelid. Together with the palpebra superior point the landmark ...
8	Palpebra inferior L	The point which is located at the intersection of a line going through the eye center (parallel to the mid-sagittal plane) and the upper margin of the lower eyelid. Together with the palpebra superior point the landmark ...
9	Glabella	The outermost midline point between the eyebrows.
10	Subnasale	The lowest posterior midline point at the angle formed by the outline of nasal septum and upper lip.
11	Alare R	The most lateral anterior point of wing of the nose. The point is bilateral.
12	Alare L	The most lateral anterior point of wing of the nose. The point is bilateral.
13	Nasion	The point in the midline on the nasal root, the deepest point of the nasal root.
14	Pronasale	The most anterior midline point of the nasal tip with the head positioned in the Frankfurt horizontal plane. If the nasal tip is bifid the point is located in the mid-sagittal plane between the elevations.
15	Labrale superius	The midpoint of the upper vermilion line. From lateral view this point is mostly covered by other parts of the lips. In case of bow-shaped upper vermilion the point is located in the mid-distance between cheilion points....
16	Stomion	The point located at the intersection of the closed mouth fissure and the midline. If the mouth is open the point is localized at the lower margin of the upper lip.
17	Labrale inferius	The most anterior midline point at the lower margin of lower vermilion. (by Fetter 1967, modified)
18	Cheilion R	The point located at the labial commissure. The point is bilateral.
19	Cheilion L	The point located at the labial commissure. The point is bilateral.
20	Crista philtri R	The point located at the place where the line, which is going through the highest margins of the upper vermilion, meets the lower margin of crista philtri. The point is bilateral.
21	Crista philtri L	The point located at the place where the line, which is going through the highest margins of the upper vermilion, meets the lower margin of crista philtri. The point is bilateral.
22	Sublabiale	The midpoint of the mentolabial sulcus (the ridge between the chin and the lower lip, not the vermilion). The point is located at the flexion point of the concavity.
23	Gnathion	The most anterior inferior point located in the midline at the lower margin of the mandible.
24	Gonion I R	The lateral inferior point located at the mandibular angle. The point is bilateral. (Digitized on texture-less 3D models)
25	Gonion I L	The lateral inferior point located at the mandibular angle. The point is bilateral. (Digitized on texture-less 3D models)
26	Zygion II R	The most lateral point of the face located on line running through the two eye centers. From lateral view the point is located at the extension to the posterior eyebrow margin (alternatively, at the eyebrow margin). The e...
27	Zygion II L	The most lateral point of the face located on line running through the two eye centers. From lateral view the point is located at the extension to the posterior eyebrow margin (alternatively, at the eyebrow margin). The e...
28	Pogonion	The most anterior midline point located at the chin with the head positioned in the Frankfurt horizontal plane.
29	Tragion R	The point located at the upper margin of tragus in the little notch where the cartilage is attached with the head positioned in the Frankfurt horizontal plane. The point is bilateral.
30	Tragion L	The point located at the upper margin of tragus in the little notch where the cartilage is attached with the head positioned in the Frankfurt horizontal plane. The point is bilateral.
31	Superaurale R	The most superior point located at the upper margin of the auricle with the head positioned in the Frankfurt horizontal plane. The point is bilateral.
32	Superaurale L	The most superior point located at the upper margin of the auricle with the head positioned in the Frankfurt horizontal plane. The point is bilateral.
33	Subaurale R	The most inferior point located at the lower margin of the earlobe with the head positioned in the Frankfurt horizontal plane. If the "attached earlobe" appearance is present the point is identical to the Otobasion inferi...
34	Subaurale L	The most inferior point located at the lower margin of the earlobe with the head positioned in the Frankfurt horizontal plane. If the "attached earlobe" appearance is present the point is identical to the Otobasion inferi...
35	Postaurale R	The most posterior point of the posterior margin of the auricle (when the head is positioned in the Frankfurt horizontal plane). The point is bilateral.
36	Postaurale L	The most posterior point of the posterior margin of the auricle (when the head is positioned in the Frankfurt horizontal plane). The point is bilateral.
37	Otobasion superius R	The point where the upper margin of the auricle attaches to the head. The point is bilateral.
38	Otobasion superius L	The point where the upper margin of the auricle attaches to the head. The point is bilateral.
39	Otobasion inferius R	The point where the earlobe attaches to the cheek skin (lower attachment). The point is bilateral.
40	Otobasion inferius L	The point where the earlobe attaches to the cheek skin (lower attachment). The point is bilateral.
41	Praeaurale R	The point at the intersection of the line between Otobasion superius and Otobasion inferius points, at the level of the Postaurale point. The point is bilateral.
42	Praeaurale L	The point at the intersection of the line between Otobasion superius and Otobasion inferius points, at the level of the Postaurale point. The point is bilateral.

Load Default Descrip...

Export Descript...

Load Descripti...

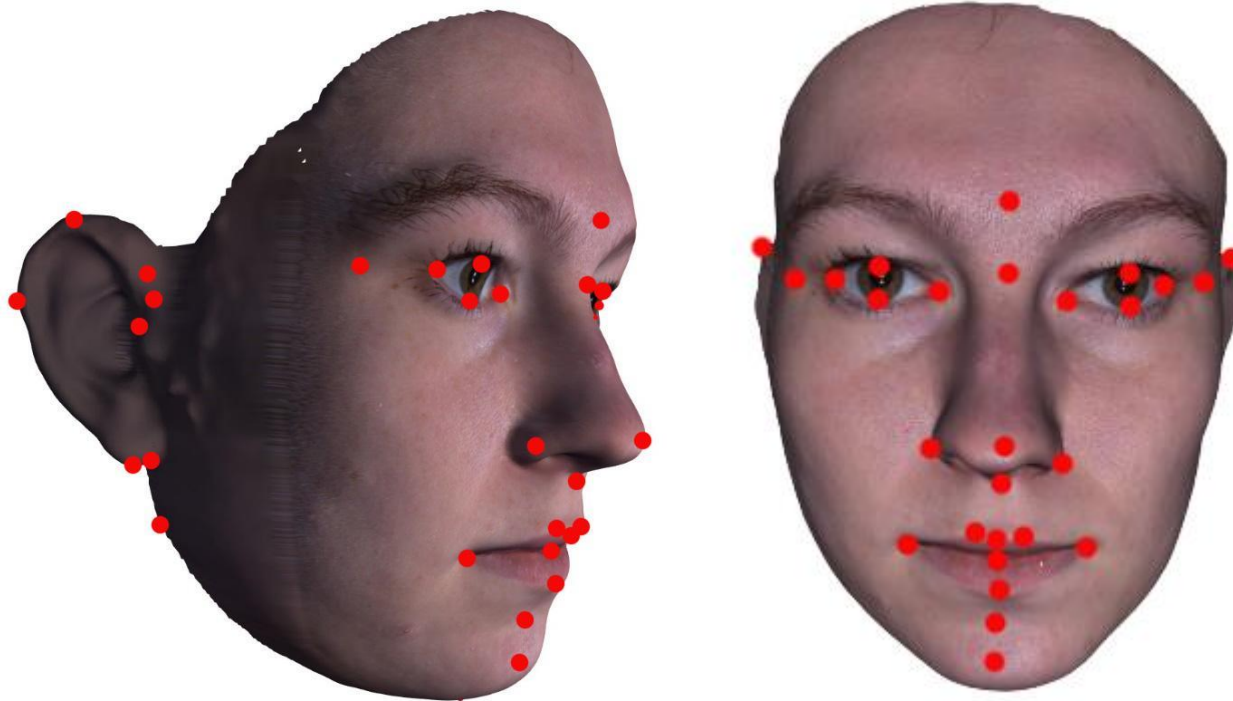
Add

Edit

Remove

Save

42 landmarků se standardizovanými definicemi
např. glabella, subnasale, gnathion, ...



Standardizovaná pozice, přesná a jasná definice bodu minimalizuje spolu s dalšími faktory chybu digitalizace.

Vždy kontrola chyby digitalizace!

Orientace v menu a konfigurace

<https://web.microsoftstream.com/video/44daf8b1-2b65-422e-a172-38003dd89cd3>

Procrustovská analýza a Cross section

Procrustovská analýza – body (např. když máte jen je nebo je nemožná analýza celé sítě)

Cross section – řezy, v mnoha případech nám mohou rychle a přehledně ukázat jak a kde se liší analyzované modely (i vůči průměru)

<https://web.microsoftstream.com/video/a03f2b18-47ab-450f-b1f8-1346234817e0>

Analýza lokálních oblastí

Důležitá chceme-li na základě námi zvolených parametrů analyzovat nějaké konkrétní oblasti – s nejmenšími/největšími rozdíly, s podobnou morfologií

<https://web.microsoftstream.com/video/3e48c35b-7459-4f24-9ed6-5b1390b64880>

Numerické výsledky

- Rozdíly mezi 3D objekty jsou vyjádřeny ve formě point to point vzdáleností (nebo jejich derivátů: průměr, minimum, maximum, root mean square atd.)

root mean square - **Kvadratický průměr** je statistická veličina představující druhou odmocninu aritmetického průměru druhých mocnin daných hodnot.

FIDENTiS Analyst

Numerical results



Root	Mea1_0	1004.obj	1007.obj	1007_2.obj	1014.obj	1019.obj	1026.obj	1042.obj	106.obj	1070.obj	1083.obj	1088.obj	1098.obj	1126.obj	1139.obj	1139_2.obj	Root	Mea1_0	1004.obj	1007.obj	1007_2.obj	1014.obj	1019.obj	1026.obj	1042.obj	106.obj	1070.obj	1083.obj	1088.obj	1098.obj	1126.obj	1139.obj	1139_2.obj	1148.obj	1148_2.obj	1153.obj	1153_2.obj	
10.obj	0	3.970935	4.300885	3.603487	3.834149	6.400332	3.472641	3.263339	5.147068	3.022655	3.8708	6.179782	4.734934	2.81375	4.179493	4.5454	10.obj	0	26.30792	15.5614	20.91379	18.5647	30.40961	17.62968	10.61935	19.64432	18.59176	26.7116	32.33367	15.98582	17.98607	20.4659	21.01512	22.06894	22.2696			
1004.obj	3.970935	0	4.007511	3.297186	4.090958	7.740867	5.833037	3.284746	5.667349	4.232915	2.85482	7.443302	3.665558	4.074658	4.474581	4.1713	1004.obj	25.77618	0	13.50116	12.41744	17.56243	31.78167	35.87817	24.58066	21.55919	36.48311	13.21974	30.22842	16.65528	14.79785	21.20591	19.88798	41.2627	42.12673	13.11068	12.3609	
1007.obj	4.300885	4.007511	0	2.313188	3.357876	8.525263	5.929697	2.821207	4.306136	4.606927	4.982227	7.67455	4.803376	4.346832	3.877368	3.29429	1007.obj	15.288	13.50116	0	9.798688	12.97542	31.66255	30.30248	18.1265	14.90121	31.57719	17.65652	28.37538	17.94475	14.96339	16.23525	16.40508	35.12363	36.11728	14.8183	12.9203	
1007_2.obj	3.603487	3.297186	2.313188	0	3.076036	7.306584	4.999992	2.430742	4.321236	3.985237	3.925505	6.79405	3.064769	3.546828	3.102679	2.0267	1007_2.obj	19.1283	9.798688	12.97542	0	11.27678	32.39628	30.47081	18.8053	15.54028	31.52488	15.05888	27.64083	15.19345	16.55277	15.30917	14.78144	35.78024	37.14289	14.8183	12.9203	
1014.obj	3.834149	4.090958	3.357876	3.076036	0	7.835895	4.931217	3.286861	4.116398	4.021804	4.152909	6.558509	3.520446	3.593723	3.598218	2.9038	1014.obj	16.45635	17.43731	11.76351	11.1756	0	27.27166	25.8645	16.40126	13.17321	27.94148	16.74851	24.14937	19.84804	14.08483	12.48608	11.64603	30.56258	32.53933	12.0901	11.8549	
1019.obj	6.400332	7.740867	8.525263	7.306584	7.835895	0	4.827086	5.65674	9.830985	5.191968	6.806294	4.141872	7.193588	6.300764	8.167468	8.1442	1019.obj	21.32959	32.14505	31.19895	30.39064	28.93689	0	22.25573	23.10099	33.862	21.40887	30.53753	15.87035	37.72018	23.44101	31.33986	28.60455	25.10803	24.83534	29.12672	31.3132	
1026.obj	3.263339	3.284746	2.821207	2.430742	2.886881	7.565674	0	5.05283	6.786778	3.183774	4.955678	4.735882	6.227396	3.747941	5.523124	5.9271	1026.obj	16.05456	36.72837	30.54857	31.10783	25.83691	25.00556	0	17.00997	29.00119	12.9995	34.0481	20.41184	10.11829	21.6862	26.50662	26.81447	17.52168	16.16379	31.71803	32.9332	
1042.obj	3.022655	4.232915	4.096927	3.582327	4.021804	5.191968	4.100802	0	4.100802	3.620975	3.66252	7.362902	3.253569	3.014356	2.998821	4.4644	1042.obj	12.7852	32.16858	21.94079	24.60944	24.61608	41.81938	33.80058	0	18.04776	17.51699	38.32991	37.6214	39.01629	37.84439	18.58361	19.49863	24.92442	23.80683	28.6972	29.0654	
106.obj	5.147068	5.667349	4.306821	4.116398	7.835895	8.930885	6.786778	4.100802	0	5.939287	5.959797	8.960996	4.944446	5.832384	3.495127	3.9871	106.obj	18.8914	24.66536	16.26359	17.99445	17.54147	38.56868	29.44865	16.68362	0	28.0748	27.86915	34.56479	27.27322	23.80736	14.3209	14.33472	29.94947	33.11597	29.66616	21.0817	
1070.obj	3.022655	4.232915	4.096927	3.582327	4.021804	5.191968	4.100802	4.100802	0	3.880889	5.320462	5.026689	2.778931	4.17108	4.3481	1070.obj	18.22009	38.6011	33.13555	33.23552	30.72994	33.7926	16.84149	18.4836	16.98336	0	39.27914	31.23967	45.28999	25.95229	27.87972	26.93299	20.07667	18.60893	34.29547	35.9836		
1083.obj	3.8708	2.85482	4.928227	3.950505	4.152909	6.806294	4.955678	3.66252	5.959797	3.880889	0	6.736457	4.11181	3.716051	4.512074	4.7381	1083.obj	24.592	12.19356	14.64796	12.82947	15.98614	28.51702	34.16129	22.85165	19.78738	34.44535	0	26.73622	16.98639	20.48119	18.7146	18.0583	38.68838	39.90812	13.68513	12.8985	
1088.obj	6.179782	7.443202	7.67455	6.759405	6.558509	4.141872	4.735882	7.362902	8.960296	6.736457	6.736457	0	7.626164	6.271547	7.852673	7.3421	1088.obj	30.79283	28.25172	15.49197	15.11189	19.96653	35.00164	41.9208	29.40865	19.75877	42.81311	16.36374	33.88333	0	27.5601	23.25504	22.40767	45.21466	47.79803	17.75754	16.0	
1098.obj	4.734934	3.665558	3.408376	3.064769	3.520446	8.935888	6.227396	3.253569	4.944446	5.092689	4.11181	7.622614	0	4.689426	3.963476	3.8057	1126.obj	13.93589	22.07645	16.30612	16.25849	14.92198	24.83172	20.76801	14.64741	22.44844	21.86192	21.80955	22.05147	25.70055	16.92205	16.50603	31.80899	28.46559	17.54483	17.54466		
1126.obj	2.81375	4.074658	4.368632	3.546528	3.93723	3.800764	3.747941	3.014356	5.832384	2.778931	3.716051	6.271547	4.689426	0	4.2804	4.116398	1126.obj	10.03466	23.4215	17.36489	16.95997	15.61186	33.1863	26.89869	16.72203	15.12821	26.46587	24.29868	30.82692	27.19031	13.05354	0	9.943249	30.20892	31.63893	18.6399	19.8272	
1139_2.obj	4.179493	4.474851	3.847368	3.112854	3.598218	8.167468	5.523124	2.998821	3.495127	4.41708	4.512074	7.852673	3.963476	4.2804	0	2.912	1139_2.obj	18.07911	22.35299	17.98348	15.02608	31.58492	27.17253	17.11928	15.43989	26.18211	23.85111	29.98912	26.958	19.14705	10.09863	0	30.05856	32.46305	16.49885	18.4930		
1148_2.obj	4.545402	4.171386	3.294548	3.026766	2.903817	8.144402	5.927368	3.649495	4.348469	4.738287	7.342557	8.055792	4.416398	2.91207	2.91207	0	1148_2.obj	20.74224	34.02841	35.75339	37.74799	33.583	37.01934	17.96238	21.93622	32.87814	17.18418	43.96866	31.10051	47.94589	29.69591	32.27987	32.53339	0	10.73519	38.78466	39.8300	
1148.obj	3.841999	5.476679	6.392023	5.314019	5.098545	6.523951	3.15444	4.964874	7.39306	4.142396	4.17957	5.489375	5.812294	3.816651	6.680011	6.2421	1148.obj	21.98526	44.34235	37.42301	39.5126	35.95993	37.01976	18.60268	33.75299	36.17696	18.36898	45.52568	30.06241	29.91658	33.94436	35.01587	10.77824	0	40.56249	40.8983		
1153_2.obj	4.031031	5.16689	6.319178	5.368498	5.528917	3.560269	3.571791	5.018172	7.642469	3.899751	4.319635	5.489159	6.622658	3.744673	5.886137	6.421	1153_2.obj	18.98168	16.26043	16.72024	12.97296	12.68835	27.26237	31.31269	26.71808	16.10048	32.01116	15.26719	27.2135	18.72903	19.56745	17.18943	14.44127	36.29986	37.46632	0	8.49224	
1153.obj	2.998139	3.881516	3.737655	3.22946	3.687221	6.984579	4.715902	3.919775	4.217038	3.463165	4.277763	6.79024	4.419913	3.785422	3.4959157	3.5671	1153.obj	20.72954	13.18619	12.30617	11.74877	12.06739	29.09642	31.67839	29.92362	16.99103	33.08334	14.01719	27.40558	17.11141	17.28999	17.24813	18.50398	16.88942	37.82391	18.54247	0	
1166.obj	5.191638	4.847387	3.97802	3.294548	3.026766	2.903817	8.144402	5.927368	3.649495	4.348469	4.738287	7.342557	8.055792	4.416398	2.91207	2.91207	1166.obj	24.70897	18.08612	17.57068	16.68511	19.43221	27.29458	33.83662	29.92362	18.21209	32.82533	15.06568	24.62747	19.3536	25.3216	22.74697	20.46228	37.41887	38.17839	17.55742	17.5622	
1207.obj	4.708985	4.922257	4.174113	4.550345	4.480191	7.679418	5.907006	7.349048	4.739408	4.716686	4.882558	5.240504	6.060994	4.739553	5.647676	5.642321	1207.obj	36.91002	26.63557	22.29337	20.81623	27.49011	39.5448	48.28571	34.82077	27.05628	47.33157	20.97493	40.278	14.96833	32.77512	28.48362	28.2288	52.10224	52.76886	22.75819	21.3885	
1219.obj	11.25678	25.67911	17.61217	18.26663	14.16814	23.47862	17.66874	18.75544	18.75138	24.74244	19.03635	28.71758	13.88693	13.20976	14.18411	11.25678	1219.obj	13.67726	28.86291	19.65403	20.43796	18.73842	31.7713	19.86146	11.90849	16.97968	17.32115	20.7664	29.46529	26.90793	31.40501	18.98168	14.97111	16.50829	25.27285	25.60779	23.73478	24.4625
1221.obj	3.824029	5.227666	5.106205	4.032049	4.021574	5.932633	3.480803	4.380642	6.782026	3.095888	4.701394	5.23759	5.425858	4.701394	5.23759	5.425858	1221.obj	17.04651	38.02482	29.47066	30.83888	28.05728	34.48689	15.23667	26.79994	28.09704	18.32114	38.69313	28.74739	42.27358	24.53142	26.8391	27.45129	20.01021	18.667	38.98138	39.9799	
1																																						

Využití

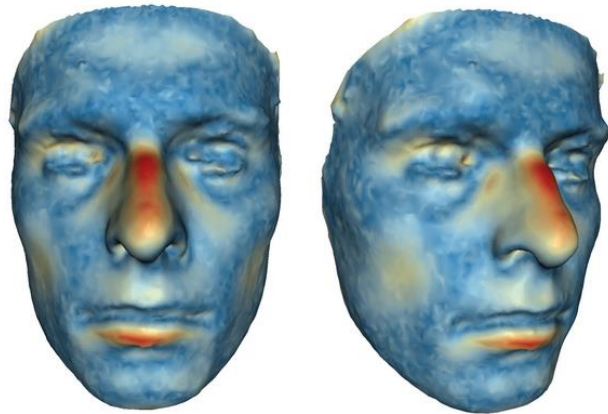
Popisná statistika

Porovnání výsledků pomocí statistických metod

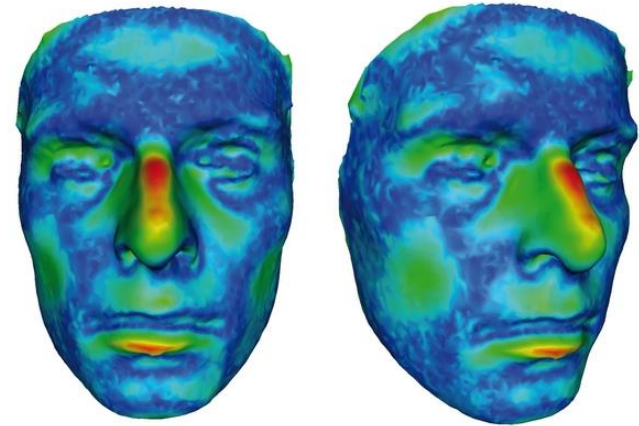
Analýzy landmarků (lineární regrese, PCA,..)

Vizuální vyjádření rozdílů

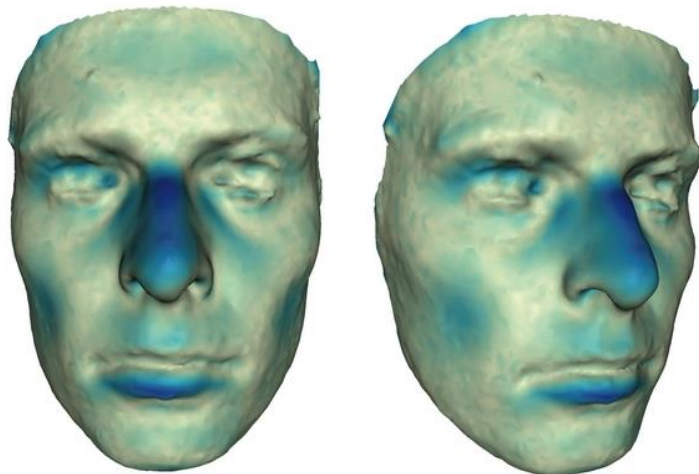
- Komparativní analýza modelů
- Superpozice
- Explicitní vyjádření rozdílů pomocí konverze numerické informace do vizuální mapy



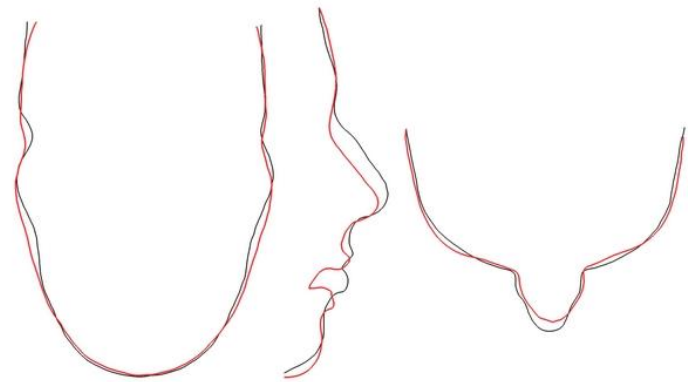
Color map - "Diverging" color spectrum



Color map - "Rainbow" color spectrum



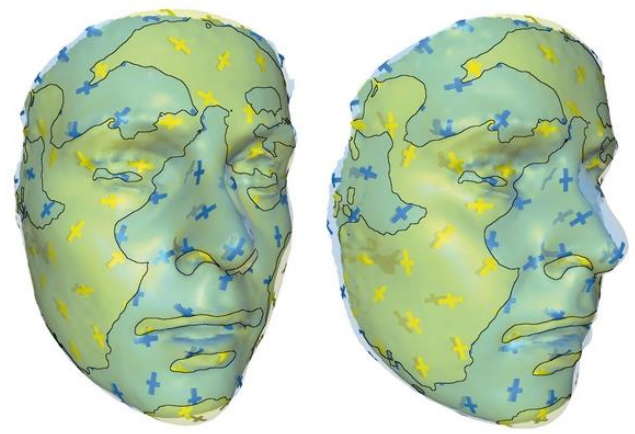
Color map - "Sequential" color spectrum



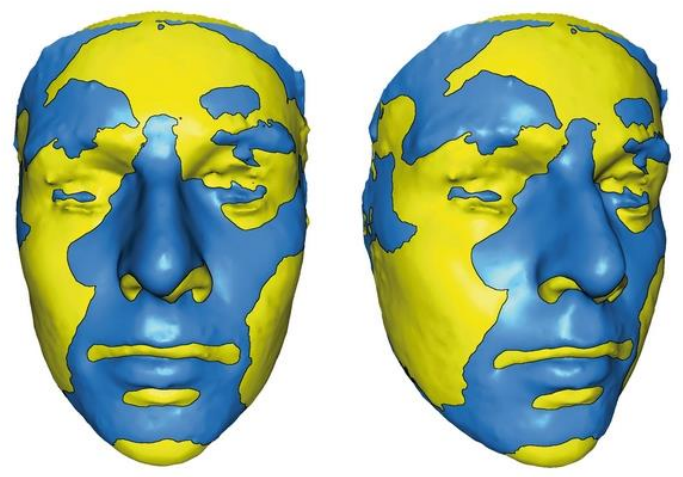
Cross-sections



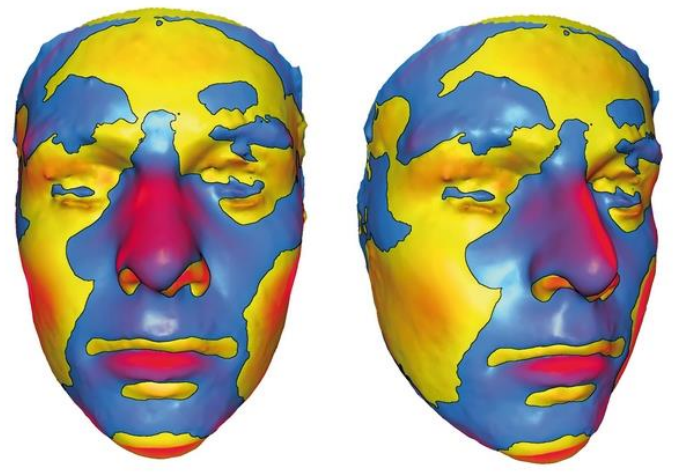
Contours + Fog simulation



Contours + Glyphs



Transparency



Transparency + Fog simulation

- 1) složka ukol_1 (Meshlab)
 - 3 Raw skeny zarovnat na sebe a spojit do 1
 - Provést Poissonovu rekonstrukci povrchu
 - Oříznout zadní část + vytvořit texturu
 - Vyexportovat obrázek modelu z Fidentisu z frontálního pohledu a pravého profilu

2) složka ukol_2

- Provést v programu Fidentis analýzu 1:1
- Vyexportovat vizuální výsledky a slovně popsat kde se modely nejvce liší

3) složka ukol_3

- Provést v programu Fidentis analýzu n:n
- Z numerických výsledků zjistit dvojici nejpodobnějších a nejodlišnějších modelů

(registrace modelů úkol 2 na povrch úkol 3 na body
- excel)

Výsledky zaslat na: **dominikcerny@sci.muni.cz**

V případě dotazů pište tamtéž

Nahromadí-li se více dotazů domluvíme Stream přes MS Teamsy

