

3D számítógépes geometria és alakzatrekonstrukció

14. Digitális Alakzatrekonstrukció - Bevezetés

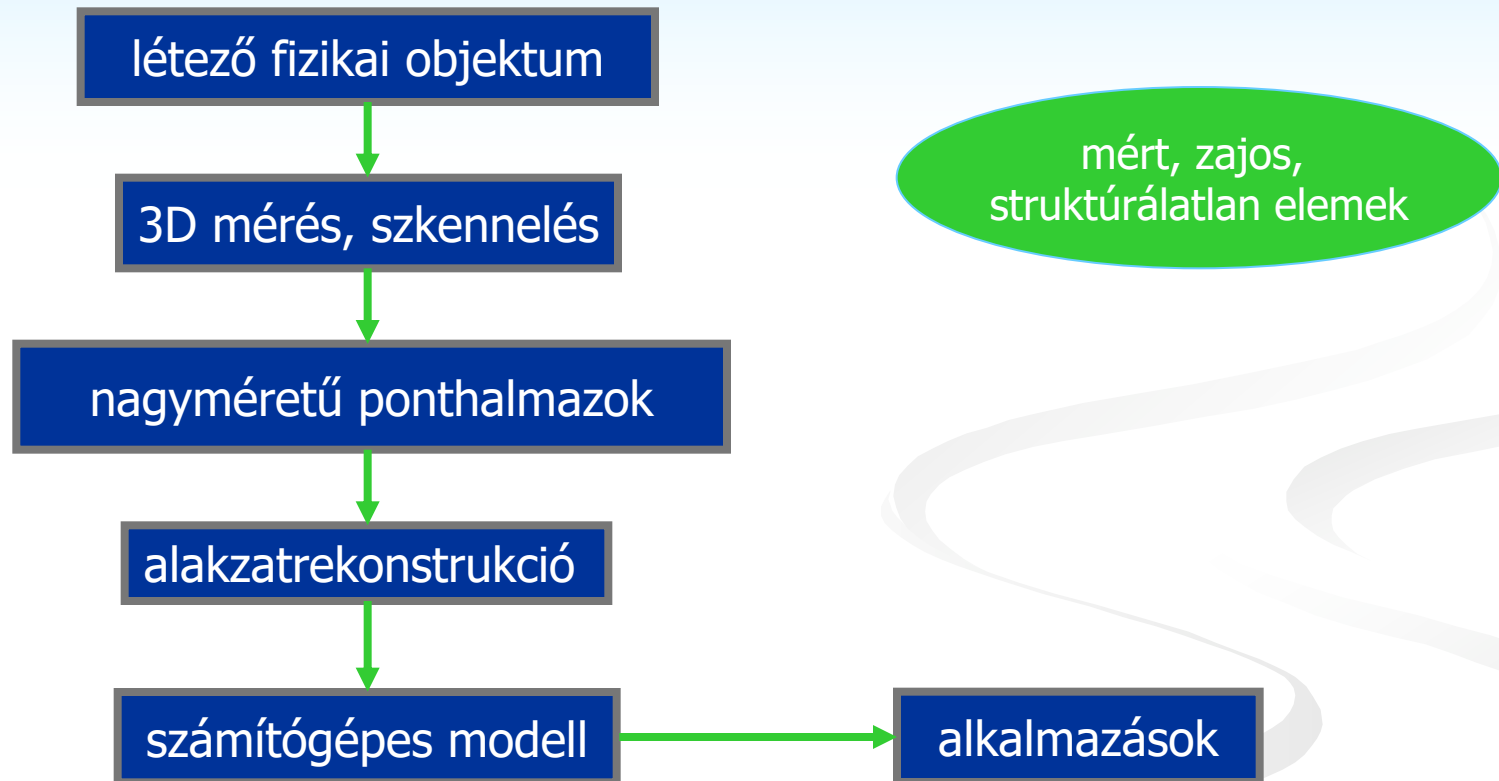
<http://cg.iit.bme.hu/portal/node/312>

<https://www.vik.bme.hu/kepzes/targyak/VIIIMA01>

Dr. Várady Tamás, Dr. Salvi Péter
BME, Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Irányítástechnika és Informatika Tanszék



Digitális alakzatrekonstrukció



Digitális informatika



Digital Signal
Processing
1970

Digital Image
Processing
1980-90

Digital Shape
Processing
2000

Fő technológiai komponensek:

- érintésmentes 3D-s szkennerek
- nagyteljesítményű grafikus számítógépek
- digitális alakrekonstrukciós szoftver rendszerek

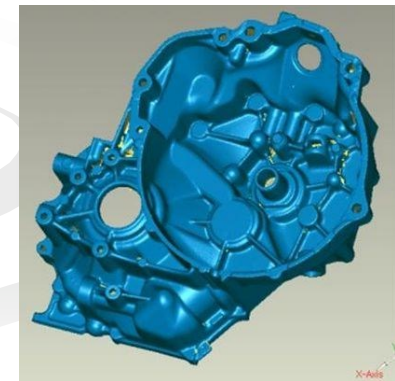
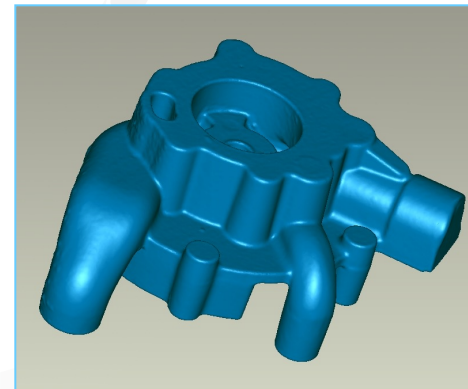
Rekonstrukció - alkalmazások₁

- nem létezik digitális modell, viszont rendelkezésre áll egy mért pontthalmaz
- mérnöki alkalmazások
 - nincs gyártási dokumentáció
 - az alkatrész nem CAD technológiával készült
- orvosi alkalmazások
 - egyéni organikus felületek
 - “testre kell szabni”
 - illeszkedő felületek: térdprotézis, fogsor, hallókészülék, bukósisak stb.
- a kulturális örökség megőrzése
- minőségellenőrzés
 - a digitális referencia modell és a legyártott alkatrész összehasonlítása



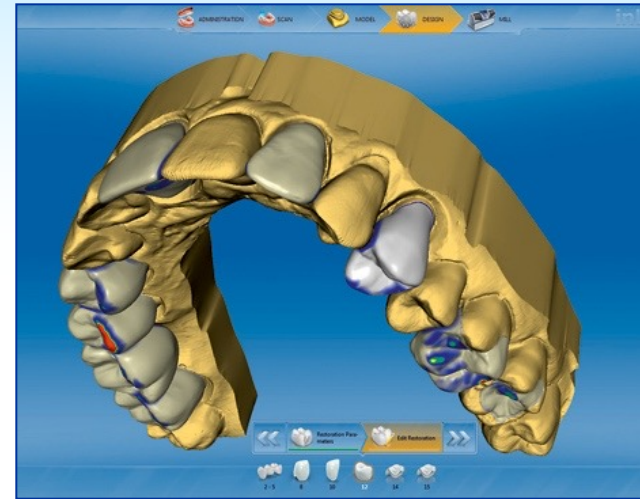
Rekonstrukció - alkalmazások₂

- nem létezik digitális modell, viszont rendelkezésre áll egy mért pontthalmaz
- **mérnöki alkalmazások**
 - nincs gyártási dokumentáció
 - az alkatrész nem CAD technológiával készült
- **orvosi alkalmazások**
 - egyéni organikus felületek
 - “testre kell szabni”
 - illeszkedő felületek: térdprotézis, fogsor, hallókészülék, bukósisak stb.
- a kulturális örökség megőrzése
- **minőségellenőrzés**
 - a digitális referencia modell és a legyártott alkatrész összehasonlítása



Rekonstrukció - alkalmazások₃

- nem létezik digitális modell, viszont rendelkezésre áll egy mért ponthalmaz
- mérnöki alkalmazások
 - nincs gyártási dokumentáció
 - az alkatrész nem CAD technológiával készült
- orvosi alkalmazások
 - egyéni organikus felületek
 - “testre kell szabni”
 - illeszkedő felületek: térdprotézis, fogsor, hallókészülék, bukósisak stb.
- a kulturális örökség megőrzése
- minőségellenőrzés
 - a digitális referencia modell és a legyártott alkatrész összehasonlítása



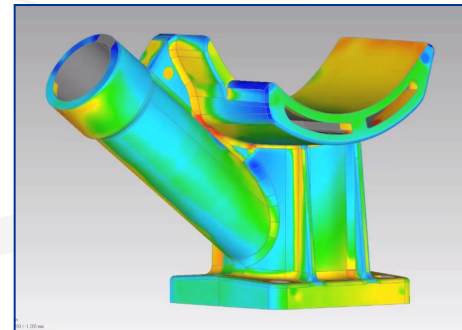
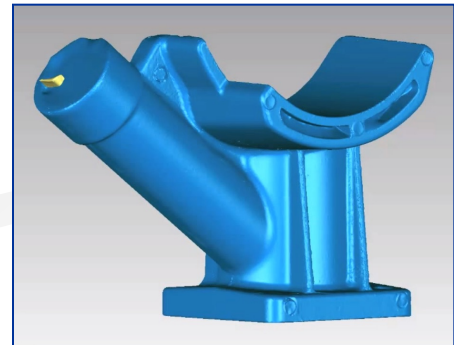
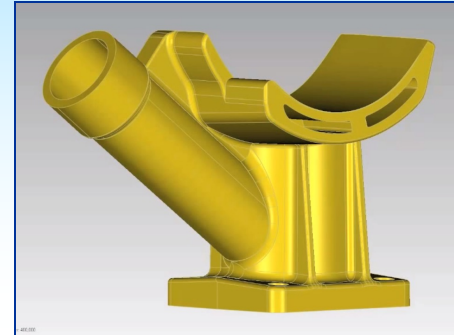
Rekonstrukció - alkalmazások₄

- nem létezik digitális modell, viszont rendelkezésre áll egy mért ponthalmaz
- mérnöki alkalmazások
 - nincs gyártási dokumentáció
 - az alkatrész nem CAD technológiával készült
- orvosi alkalmazások
 - egyéni organikus felületek
 - “testre kell szabni”
 - illeszkedő felületek: térdprotézis, fogsor, hallókészülék, bukósisak stb.
- a kulturális örökség megőrzése
- minőségellenőrzés
 - a digitális referencia modell és a legyártott alkatrész összehasonlítása

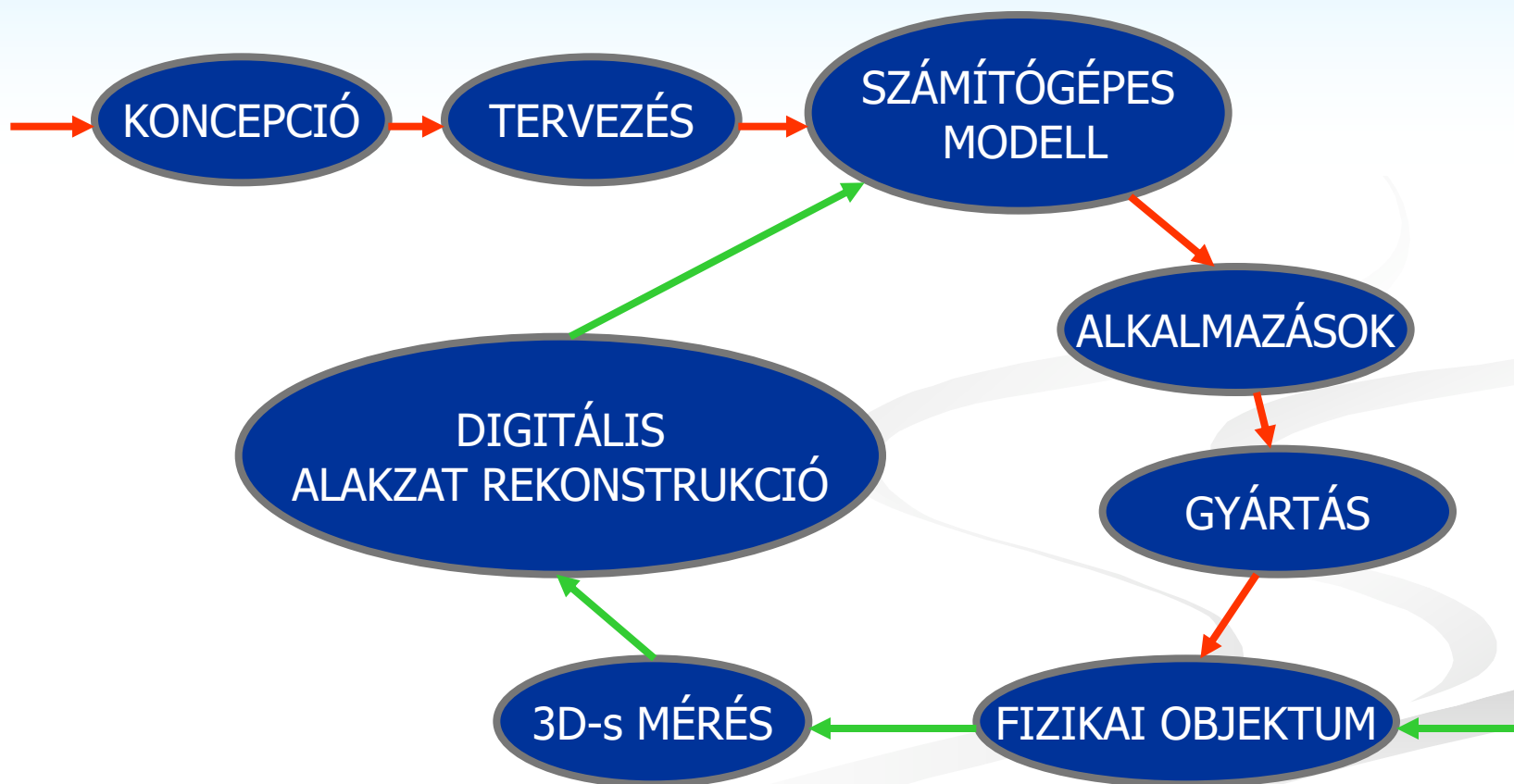


Rekonstrukció - alkalmazások₅

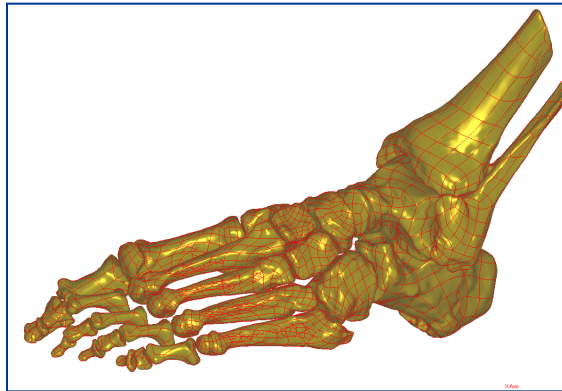
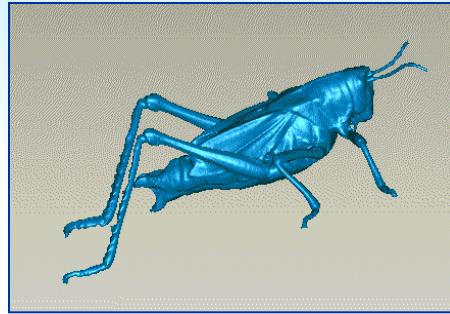
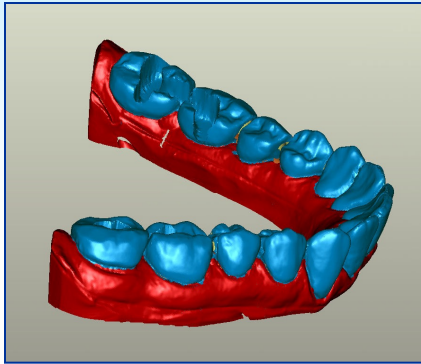
- nem létezik digitális modell, viszont rendelkezésre áll egy mért pontthalmaz
- mérnöki alkalmazások
 - nincs gyártási dokumentáció
 - az alkatrész nem CAD technológiával készült
- orvosi alkalmazások
 - egyéni organikus felületek
 - “testre kell szabni”
 - illeszkedő felületek: térdprotézis, fogsor, hallókészülék, bukósisak stb.
- a kulturális örökség megőrzése
- minőségellenőrzés
 - a digitális referencia modell és a legyártott alkatrész összehasonlítása



Tervezés és alakzat-rekonstrukció



Objektumok osztályozása₁

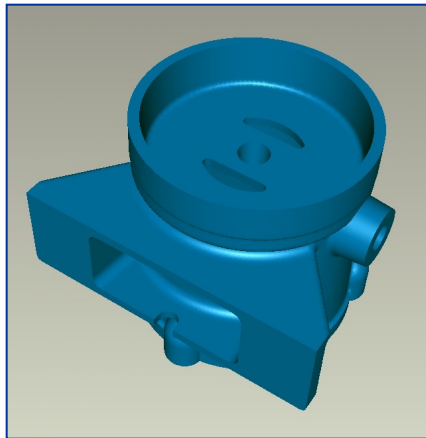


1. organikus, természetből
származó objektumok

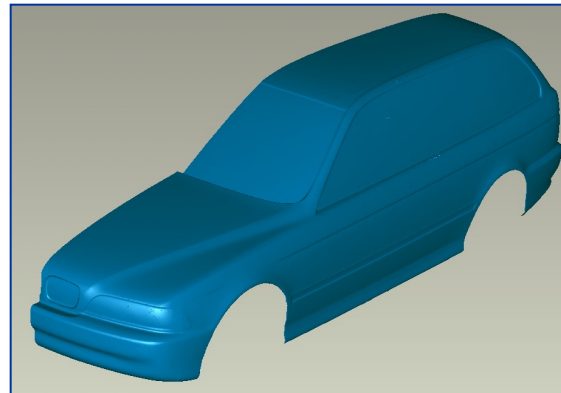
2. művészek által
létrehozott alkotások

Objektumok osztályozása₂

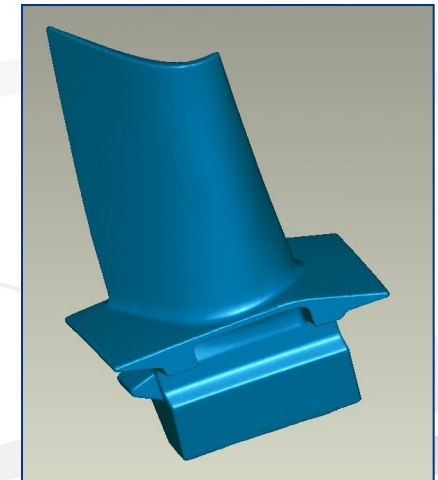
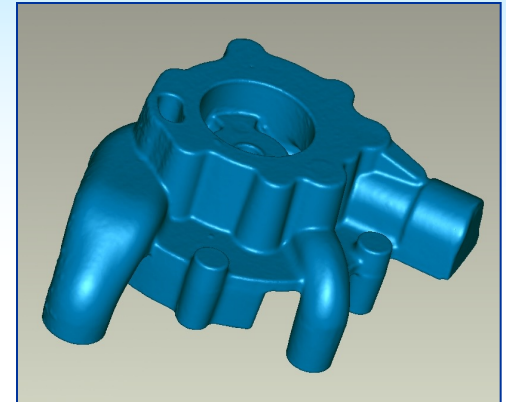
3. Mérnökök által tervezett tárgyak, alkatrészek:
- funkcionális és esztétikai követelmények kielégítése



szabályos felületek

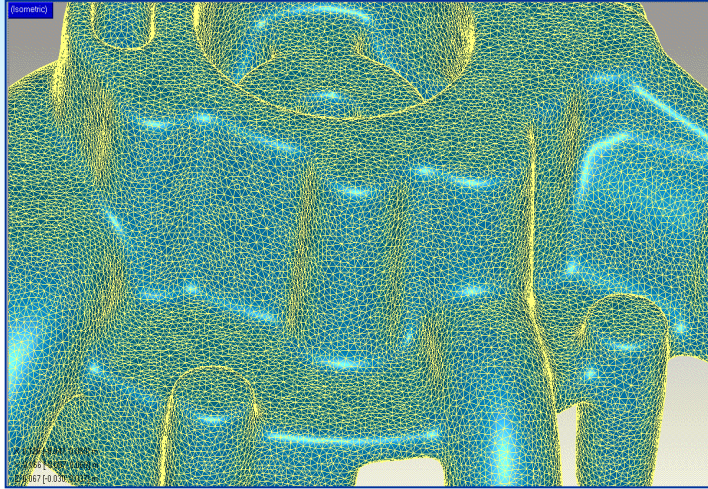


szabadformájú felületek

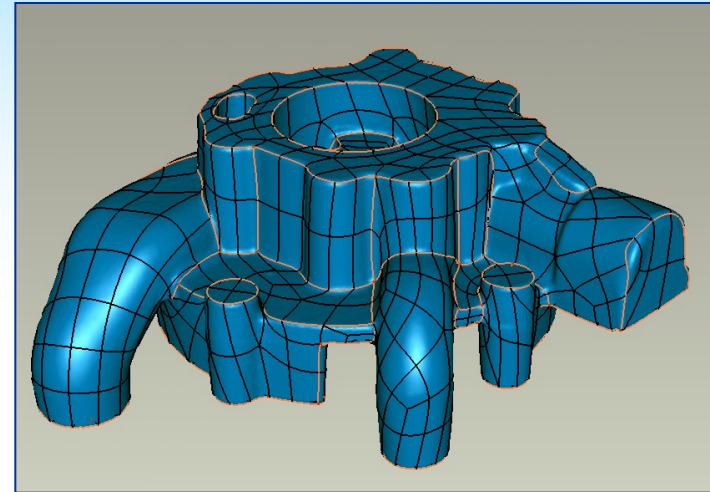


hibrid felületek

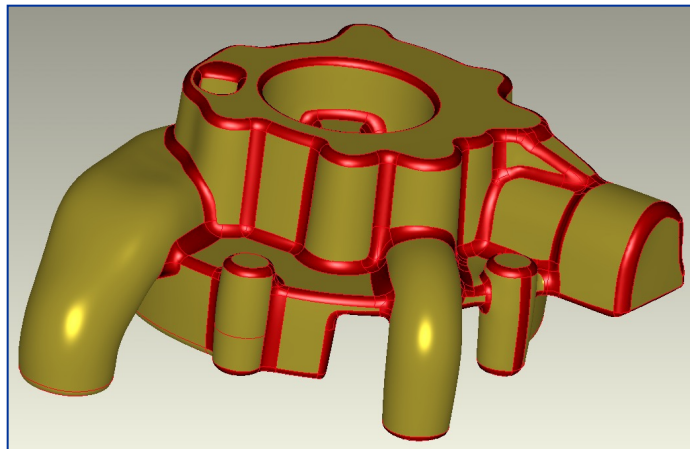
Rekonstrukciós technológiák



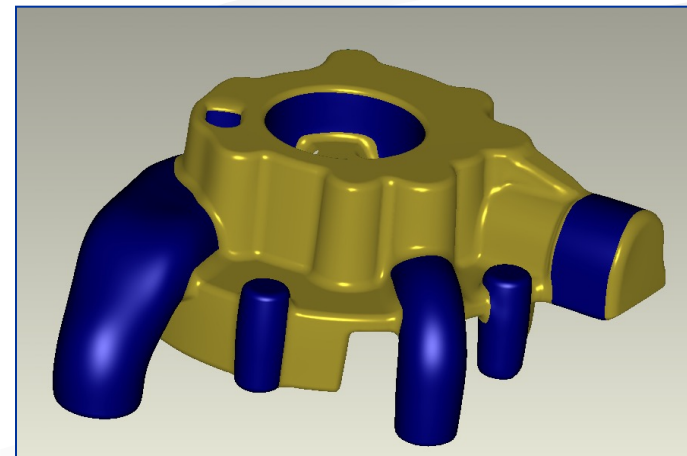
Háromszöghálók



Automatikus felületgenerálás



Struktúrált felületrekonstrukció



CAD operációk ponthalmazok alapján

Alakzatrekonstrukció - bevezetés

A digitális alakzatrekonstrukció folyamata

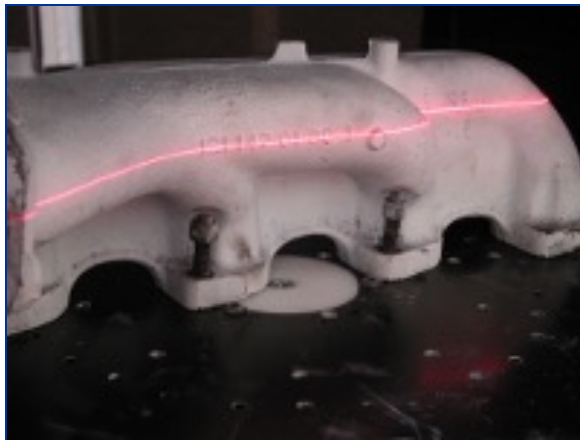
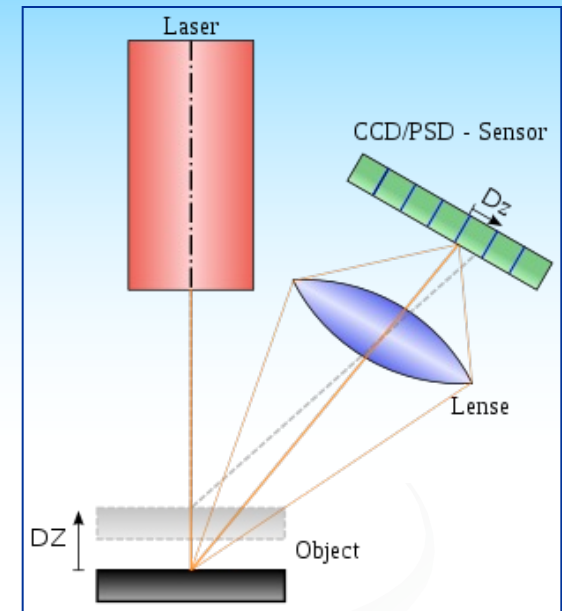
mért pontfelhők → számítógépes modell

fázisok:

1. 3D-s mérés..... → pontfelhő
2. ponthalmazok egyesítése és ritkítása pontfelhő → pontfelhő
3. háromszöghálók létrehozása..... pontfelhő → háromszögháló
és javítása..... háromszögháló → háromszögháló
4. szegmentálás..... háromszögháló → tartományok
5. felületek osztályozása..... tartományok → attribútumok
6. elsődleges felületek illesztése..... tartományok → felületek
7. összekötő felületek illesztése..... felületek → felületek
8. modellek tökéletesítése, “fairing” felületek → felületek
és kényszerek..... felületek → felületcsoportok
9. minőségellenőrzés felületcsoportok → CAD modell
10. export CAD alkalmazások érdekében CAD modell →

1. 3D-s mérés

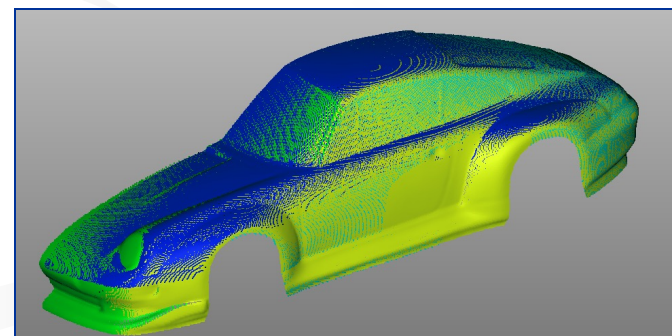
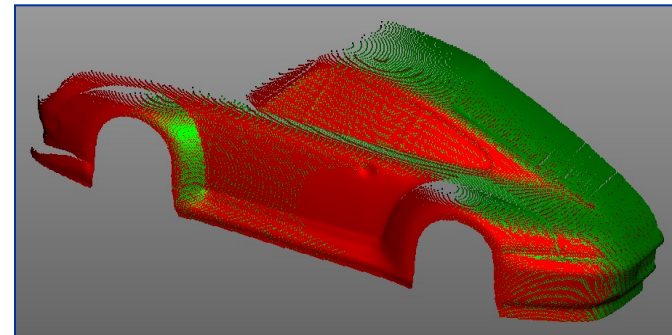
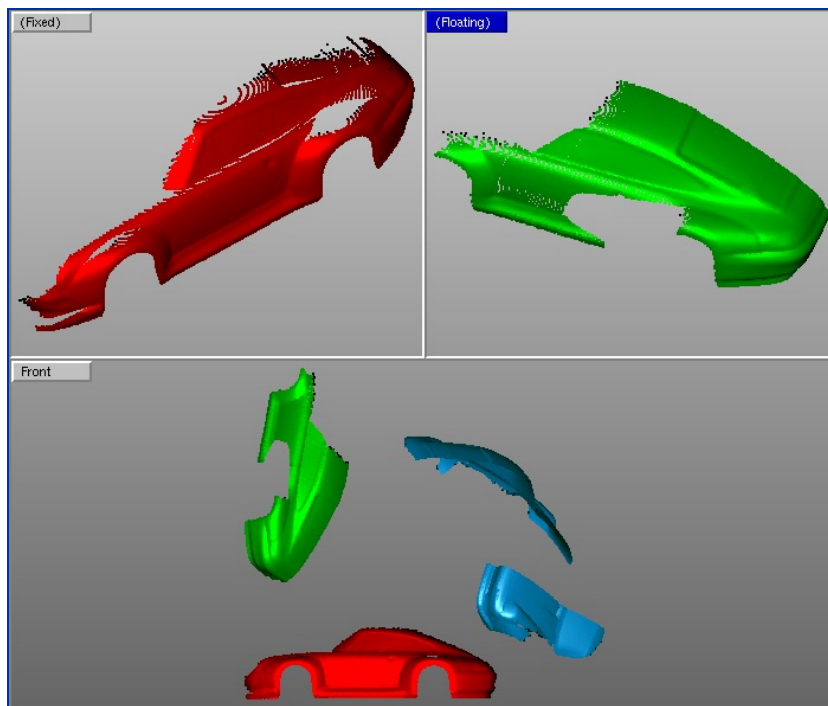
- 3D-s pontthalmazok mérése
- jelentős különbségek
 - fizikai elvek, méret, pontosság
 - hatékonyság, mechanika, árfekvés
- lézeres szkennelés
- struktúrált fényminták
- mélység számítás - trianguláció



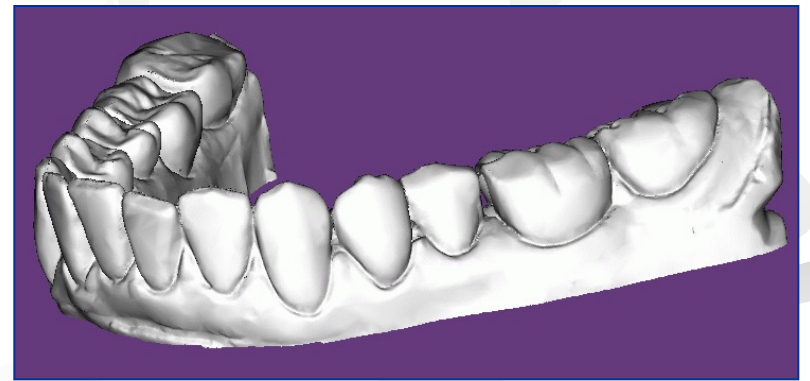
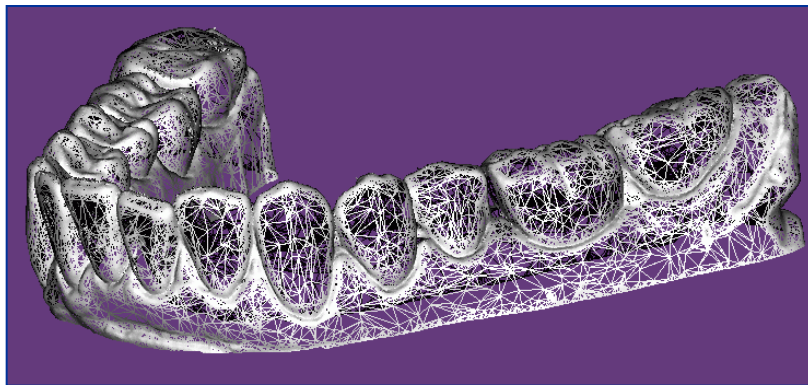
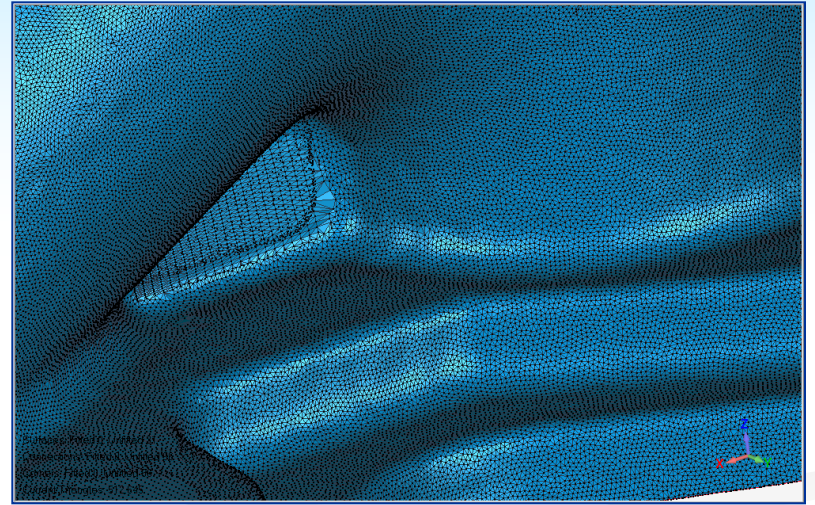
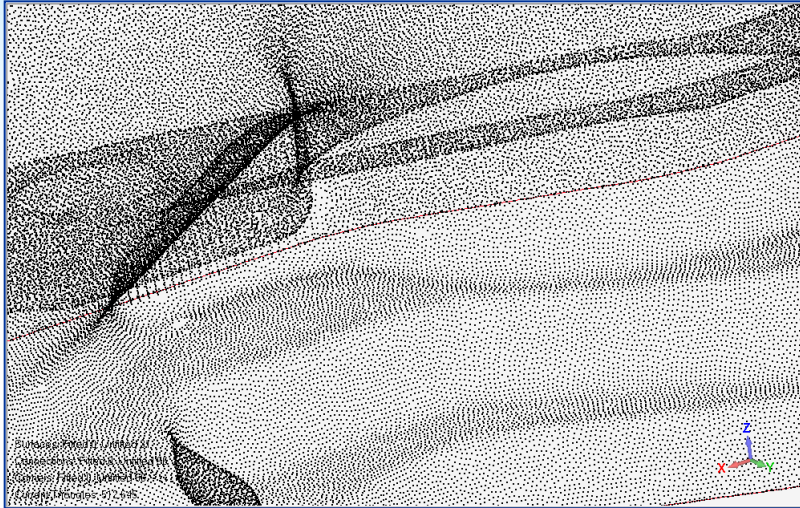
2. Ponthalmazok egyesítése

? Scan-demo
0:40-1:40

- ICP (Iterative Closest Point) algoritmus
- problémák: előzetes regisztráció, keskeny átfedés, számításigény

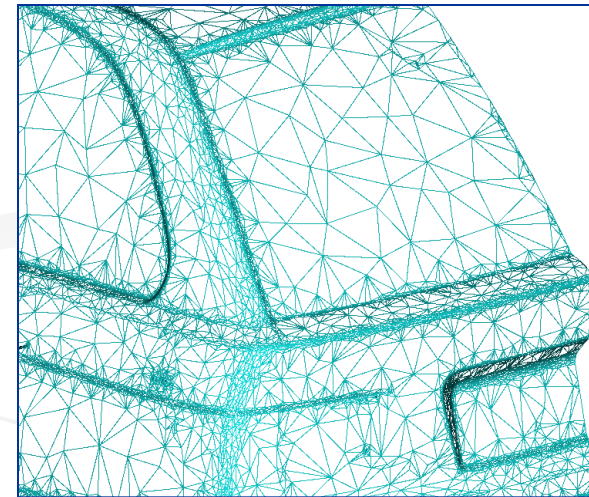
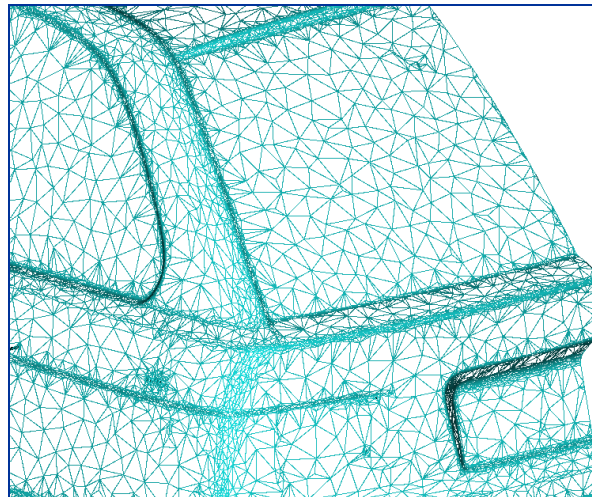
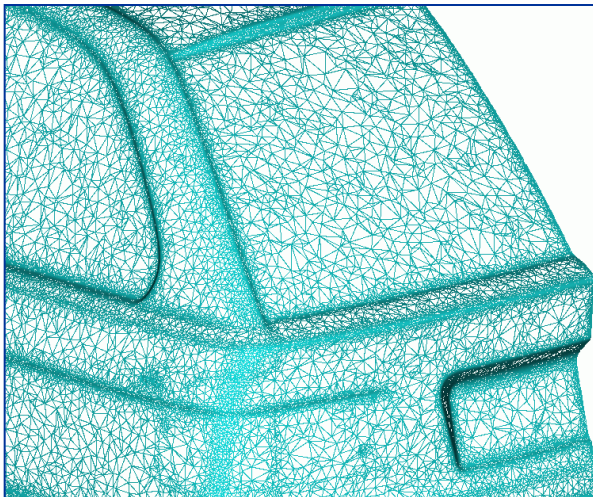


3.1. Háromszöghálók létrehozása

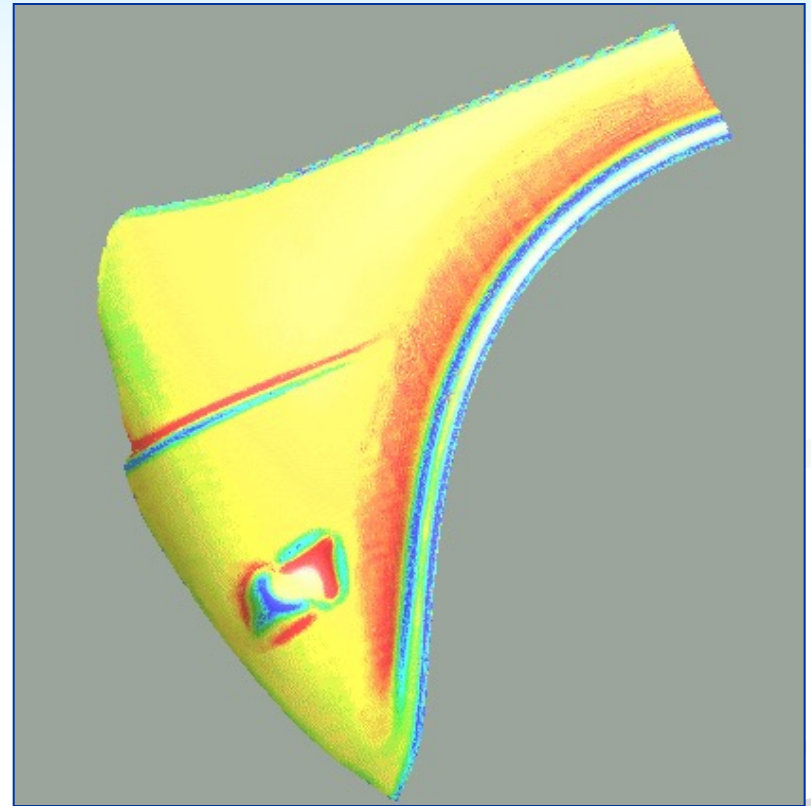
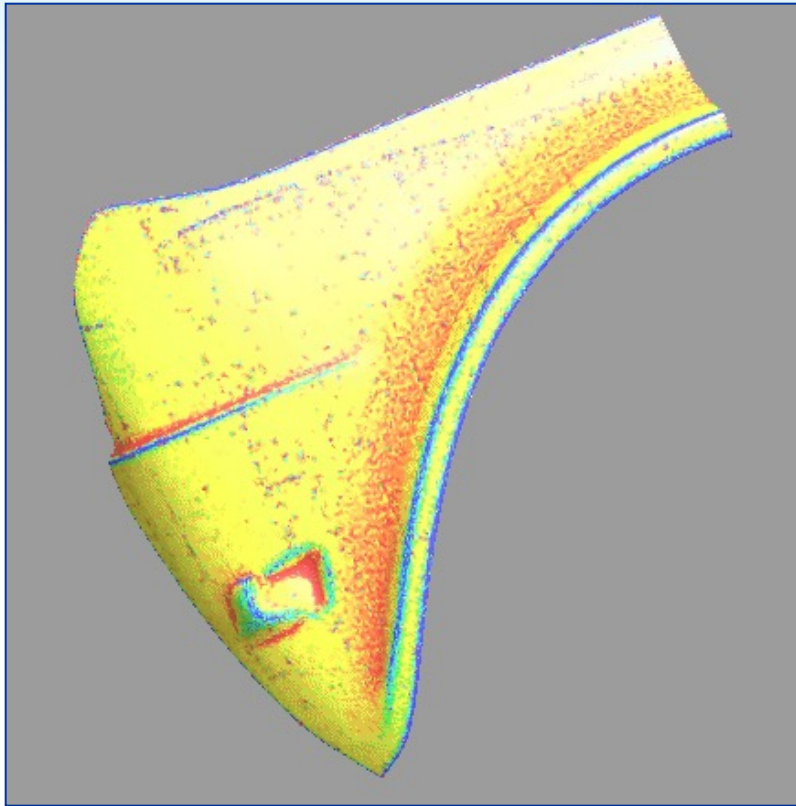


3.2.

Háromszöghálók egyszerűsítése



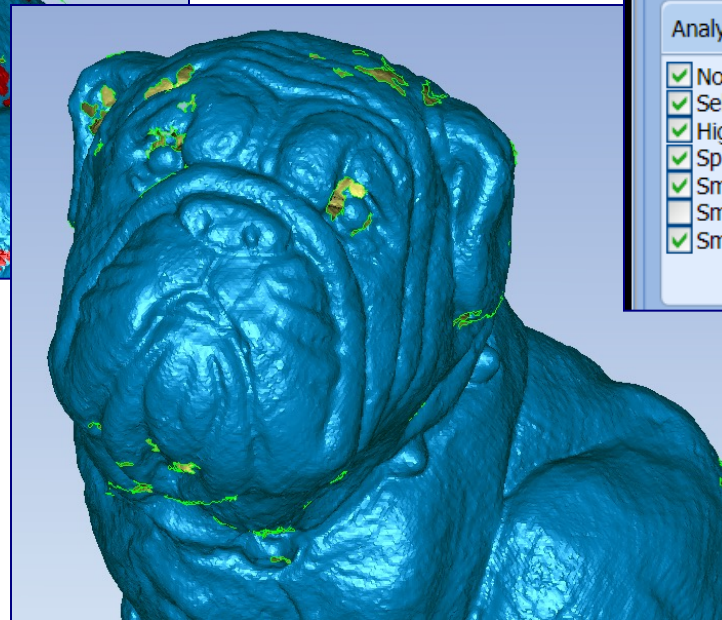
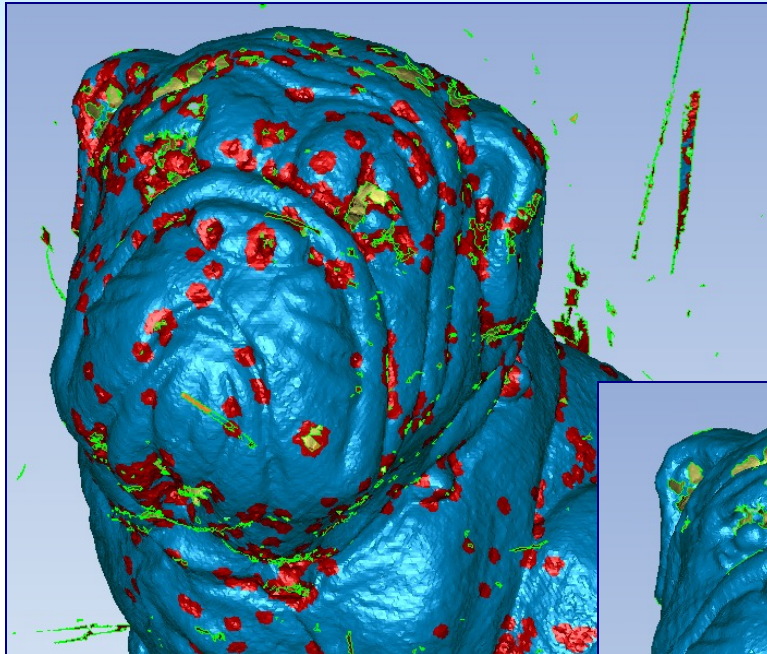
3.3. Háromszöghálók simítása



Smoothing-demo

0:10-1:00

3.4. Háromszöghálók megjavítása



Operation

Type

Action

Analysis

<input checked="" type="checkbox"/>	Non-Manifold Edges	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	Self-Intersections	6943	
<input checked="" type="checkbox"/>	Highly Creased Edges	4001	
<input checked="" type="checkbox"/>	Spikes	13299	
<input checked="" type="checkbox"/>	Small Components	1568	
<input type="checkbox"/>	Small Tunnels		
<input checked="" type="checkbox"/>	Small Holes	1916	

Update

? HoleFilling-demo
0:00-1:10

? MeshDoctor-demo
0:10-1:40

4.1. Szegmentálás

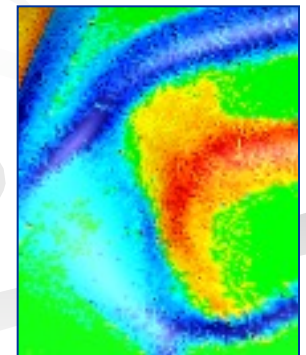
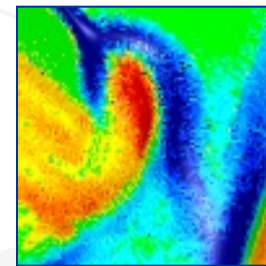
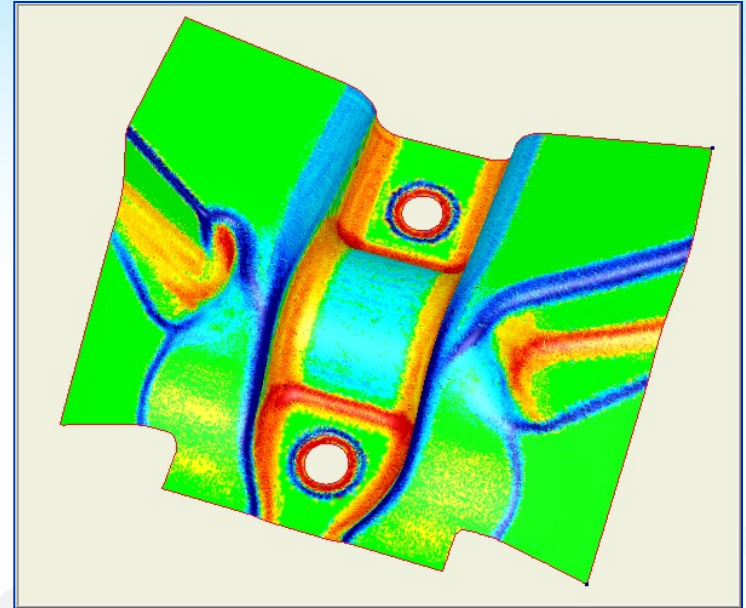
Input: nagyméretű háromszögháló

Cél: az objektum topológiai
struktúrájának létrehozása

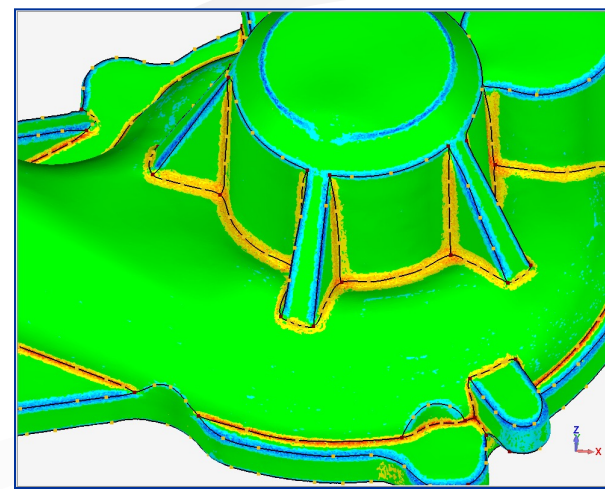
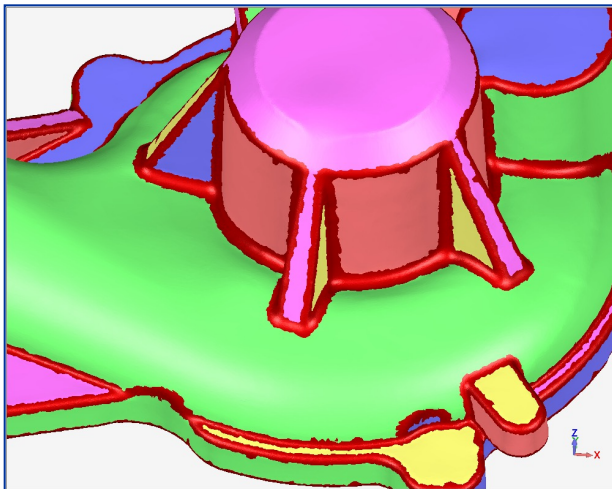
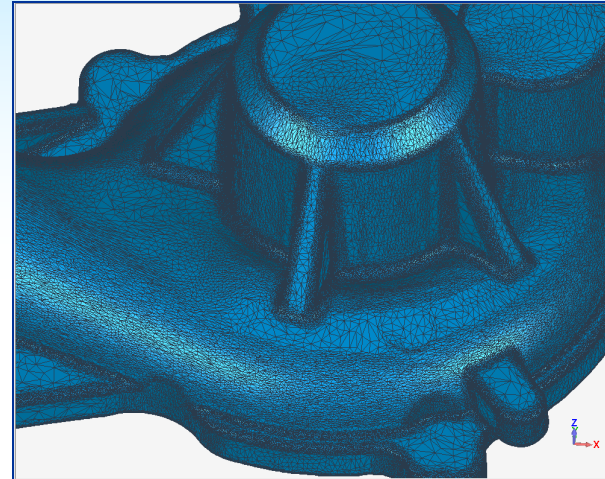
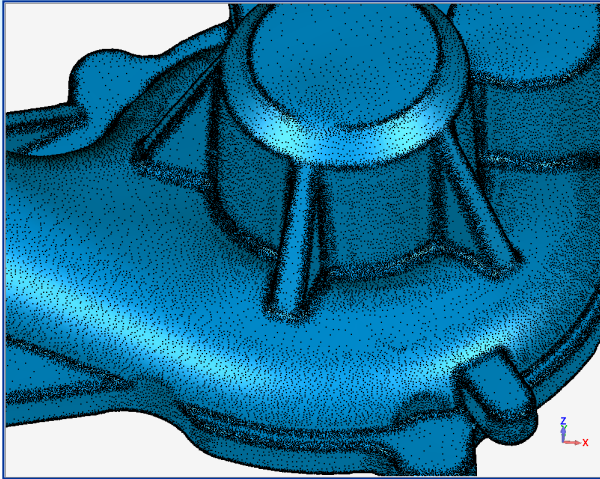
- különálló elsődleges tartományok
- elválasztó tartományok
- szegmentáló görbeháló

Bonyolult algoritmus:

- a tartomány struktúra ismeretlen
- az illesztendő felületek típusa és kiterjedése ismeretlen

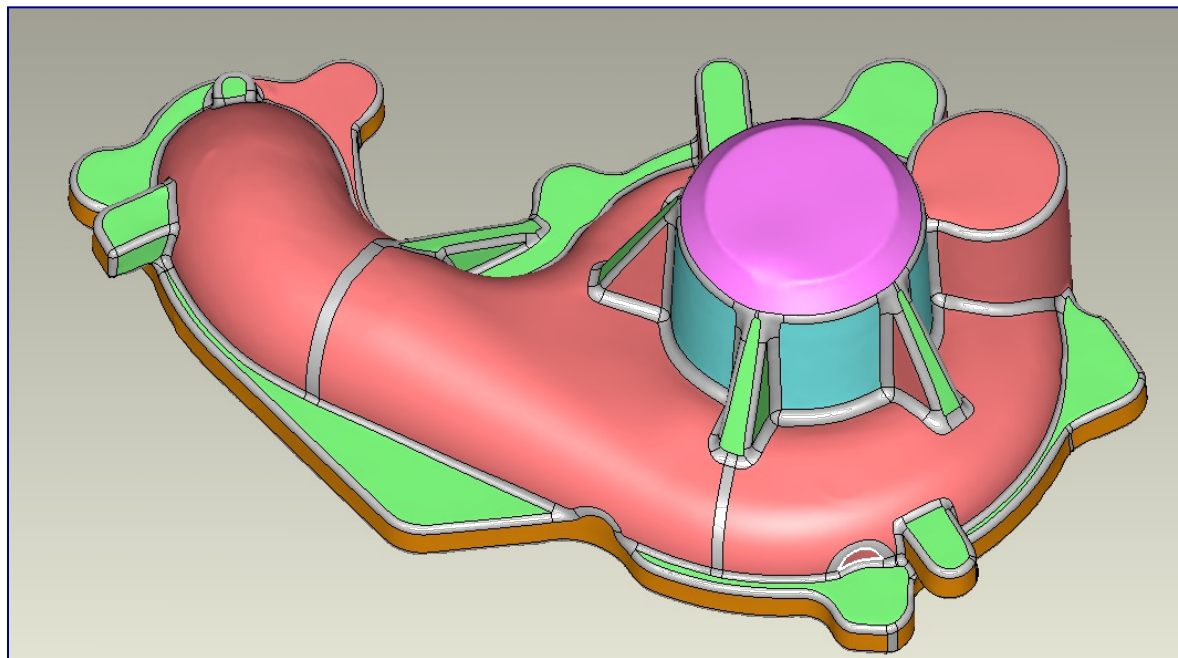


4.2. Szegmentálás - példa



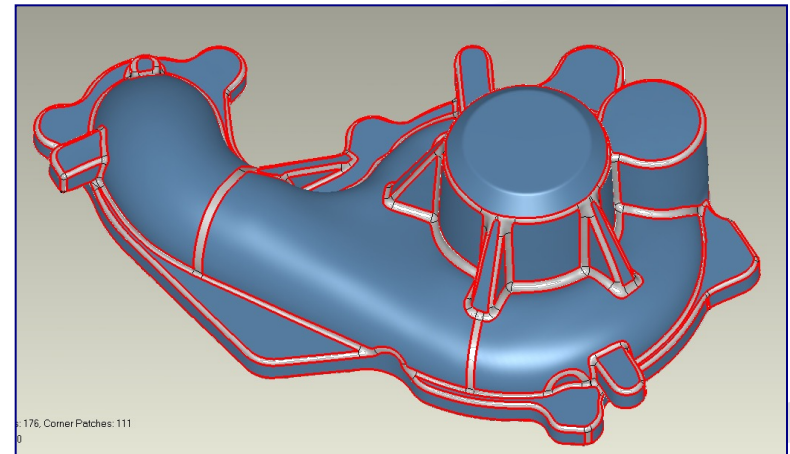
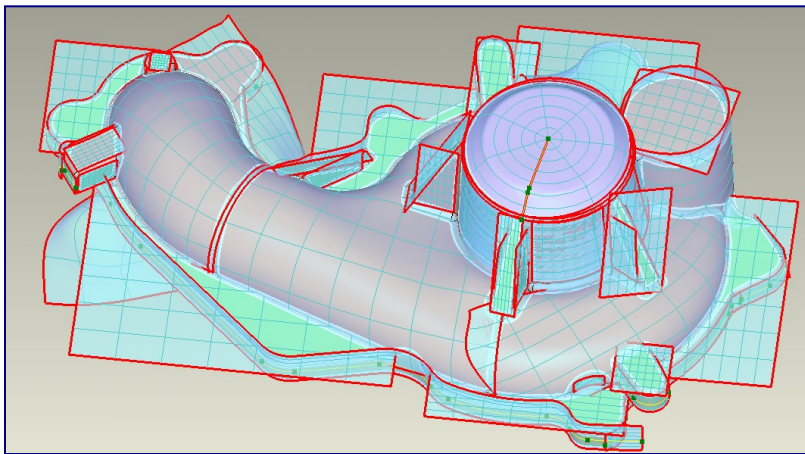
5. Felülettartományok osztályozása

- jól definiált felület hierarchia: sík → extrudált felületek → forgás felületek → profilgörbe alapú felületek → szabadformájú felületek



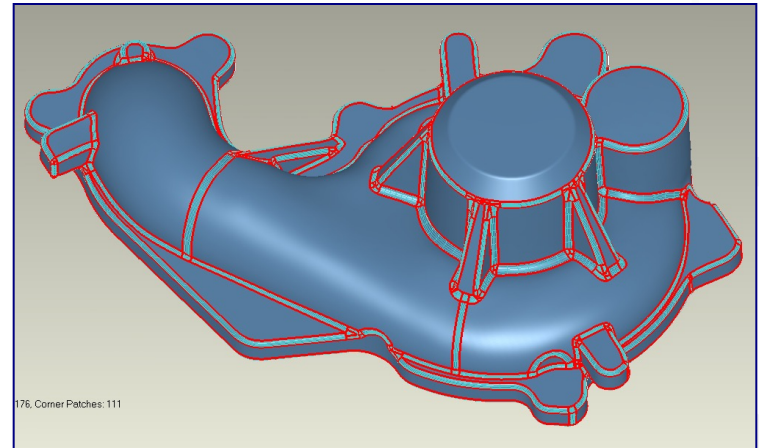
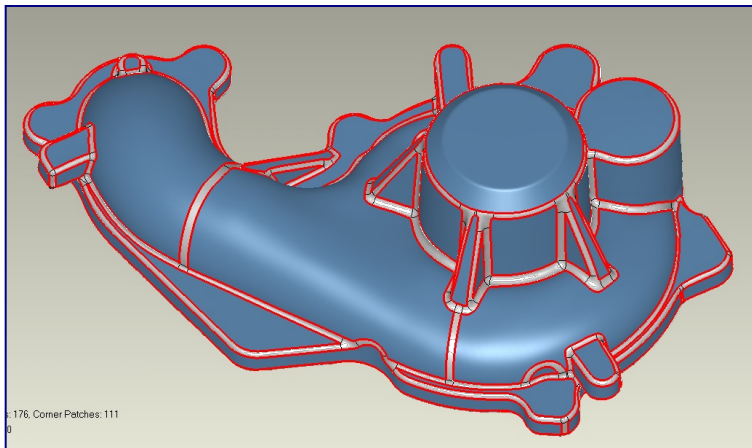
6. Elsődleges felületek illesztése

- legkisebb négyzetes minimalizálási feladat: $\min \sum (d_i)^2$
- minden felülettípusra speciális algoritmus
- szabadformájú felületek parametrizációja – a még nem létező felület pontjainak és a mért pontoknak az összerendelése!



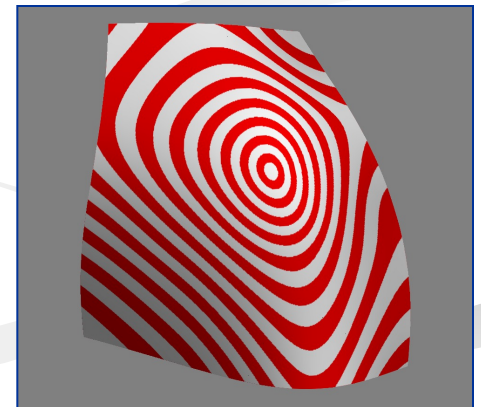
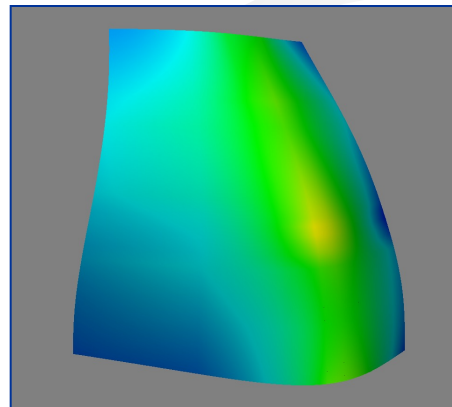
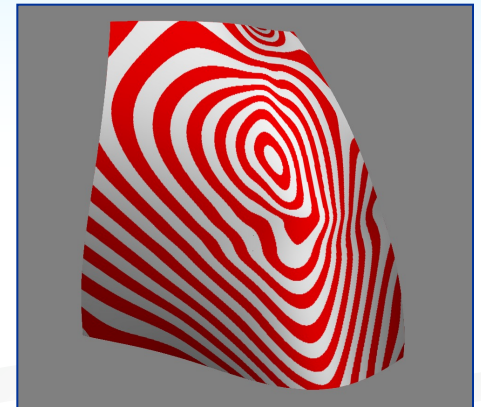
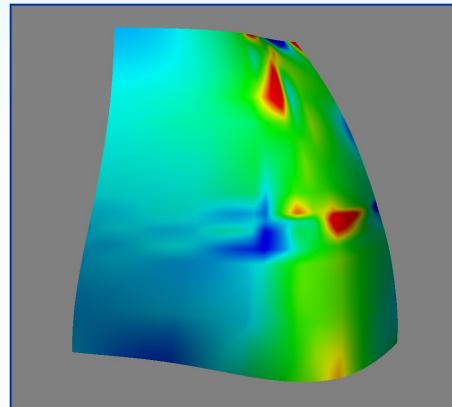
7. Összekötő felületek illesztése

- az összekötő felületek simán illeszkednek a szomszédos elsődleges felületekhez



8.1. Alkatrészek tökéletesítése - fairing

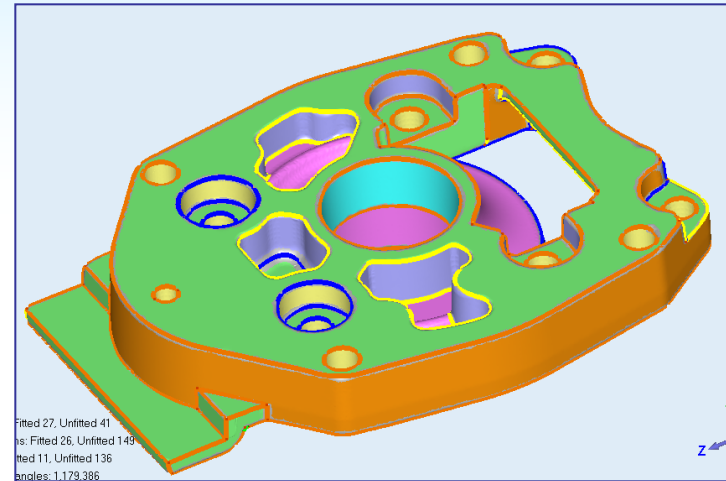
- “szép” szabadformájú felületek
- kritikus esztétikai és gyárthatósági szempontból
- fairing algoritmusok: a felületi görbület egyenletes eloszlásának biztosítása



8.2. Alkatrészek tökéletesítése – mérnöki kényszerek

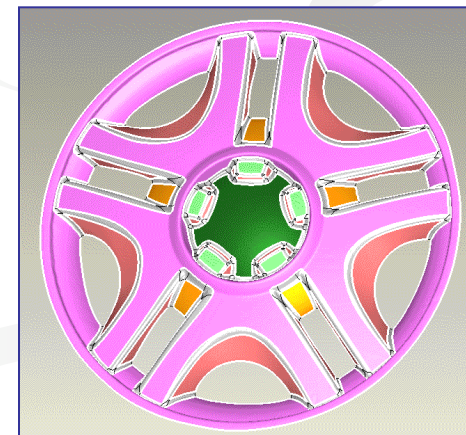
- kényszerek:

- merőleges
- párhuzamos
- koncentrikus
- érintőleges
- kerekített érték
- rácspontba rendezett



- felület csoportok:

- közös felület geometria
- közös eltolásos irány
- közös forgástengely



9. Minőségellenőrzés

