

UPORABA PROGRAMA GOM INSPECT PRI POOBDELAVI REZULTATOV RAČUNALNIŠKE TOMOGRAFIJE

Tomaž BRAJLIH, Špela EKSELENSKI VUZEM
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

IZVLEČEK

Prispevek predstavlja možnosti uporabe programskega paketa GOM Inspect pri poobdelavi medicinskih 3D CAD modelov. Trirazsežne rekonstrukcije medicinskih raziskav so postale sestavni del konstruiranja in izdelave pacientu prilagojenih medicinskih pripomočkov. V svetu in pri nas je že dokaj uveljavljen postopek načrtovanja in izdelave pacientu prilagojenih lobanjskih vsadkov v primerih večjih defektov po kraniektomijskih posegih. Načrtovanje takšnega vsadka poteka na podlagi trirazsežnega CAD modela kostnega tkiva pacienta, ki ga dobimo iz rezultata preiskave z računalniško tomografijo v DICOM obliki. Trirazsežna rekonstrukcija DICOM podatkov poteka v namenski programski opremi, ki iz prostorsko urejenih sivinskih slik prerezov ustvari trirazsežni poligonski CAD model dejanskega stanja pacienta. Ločen model kostnega tkiva dobimo s postopkom segmentacije DICOM slik, kjer ločimo slikovne točke ustreznega odtenka sivine od preostalega področja preiskave. Zaradi debeline sloja posameznih prerezov in velikosti slikovne točke na posameznih slikah, se na rekonstruiranem modelu pojavi stopničast efekt v vseh treh koordinatnih smereh preiskave. Naslednji korak je poobdelava modela, s katero ta model zgladimo in zmanjšamo njegovo število poligonov, da postane uporaben za postopek modeliranja vsadka v CAD programski opremi. Članek predstavlja uporabo funkcionalnosti programa GOM Inspect pri tem delu.

1 UVOD

Gom Inspect je program, ki je v osnovi namenjen po-obdelavi rezultatov trirazsežnega optičnega skeniranja [1]. Prvi korak obdelave podatkov, zajetih z optičnim skeniranjem, je poligonizacija oblaka točk v mrežni trirazsežni računalniški model. Za nadaljnje po-obdelave in analize rezultatov ima programski paket GOM Inspect širok nabor orodij, ki jih v grobem lahko razdelimo na orodja za popraviljanje mreže, urejanje mreže, generiranje geometrijskih primitivov na posameznih področjih mrežnega modela in orodja za primerjavo ter analize odstopanja med dvema ali več trirazsežnimi modeli. Namen tega prispevka je predstaviti, kako lahko del te funkcionalnosti uporabimo pri po-obdelavi trirazsežnih rekonstrukcij medicinskih preiskav.

2 TRIRAZSEŽNE REKONSTRUKCIJE MEDICINSKIH PREISKAV

V sodobni medicini na določenih področjih standardne medicinske pripomočke vse bolj zamenjujejo pacientu prilagojeni izdelki, ki so

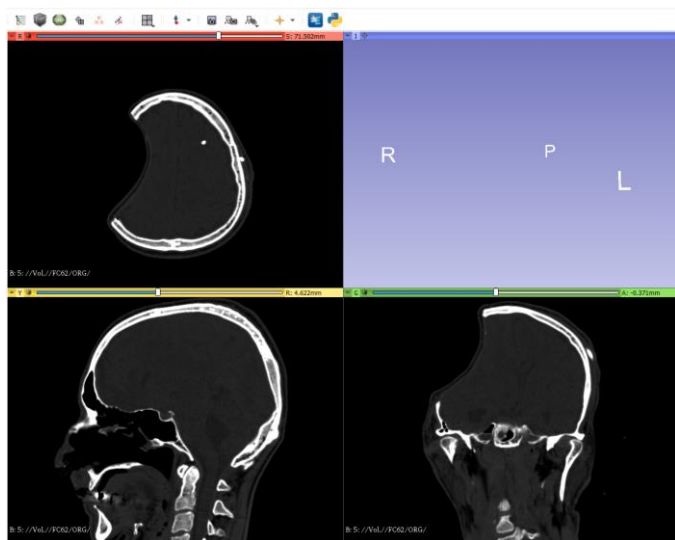
oblikovani tako, da so namenjeni za uporabo samo za točno določenega pacienta. Eden izmed pogostih primerov pacientu prilagojenih medicinskih vsadkov so po meri za točno določenega pacienta oblikovani in izdelani lobanjski vsadki, katerih namen je rekonstrukcija večjih defektov kosti po kranioektomijskih posegih. Takšen način rekonstrukcije defektov lobanjske kosti je v svetu in v Sloveniji že dokaj uveljavljen način zdravljenja [2].

Sam princip izdelave takšnih prilagojenih vsadkov temelji na tem, da dobimo točne podatke o obliki kostnega defekta s pomočjo trirazsežne medicinske preiskave (običajno računalniške tomografije -CT). S segmentacijo in trirazsežno rekonstrukcijo rezultatov računalniške tomografije dobimo trirazsežni računalniški model dejanskega stanja pacienta na osnovi katerega lahko nato v virtualnem računalniškem okolju oblikujemo prilagojeno obliko vsadka.

2.1 Segmentacija CT preiskave

Prvi korak pri trirazsežni rekonstrukciji CT preiskave je segmentacija slik posameznih

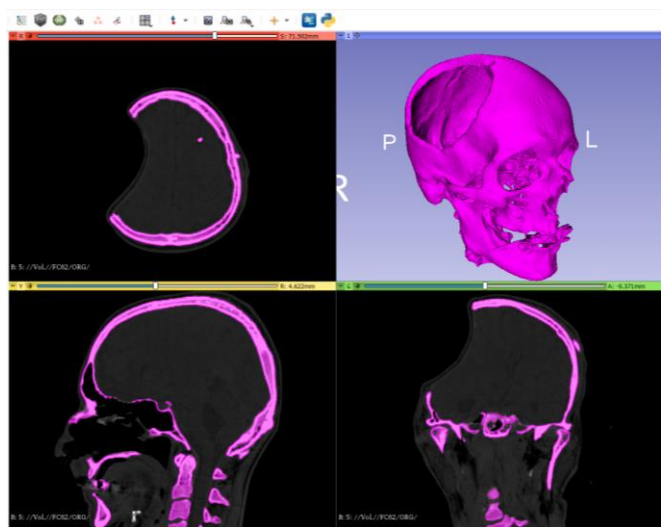
prerezov. V tem koraku določimo meje sivine tistih slikovnih točk (pixlov), ki predstavljajo tip tkiva, ki ga želimo ločiti od preostalega dela slik. V primeru lobanjskih vsadkov želimo ločiti (segmentirati) kostno tkivo (Slika 1),.



Slika 1: Rezultat CT preiskave

2.2 Trirazsežna rekonstrukcija

Po pravilnem izboru obsega segmentacije programski paket lahko loči vse slikovne točke, ki predstavljajo izbran tip tkiva (v našem primeru kosti) od preostalega rezultata CT preiskave na vseh slikah posameznih slojev.



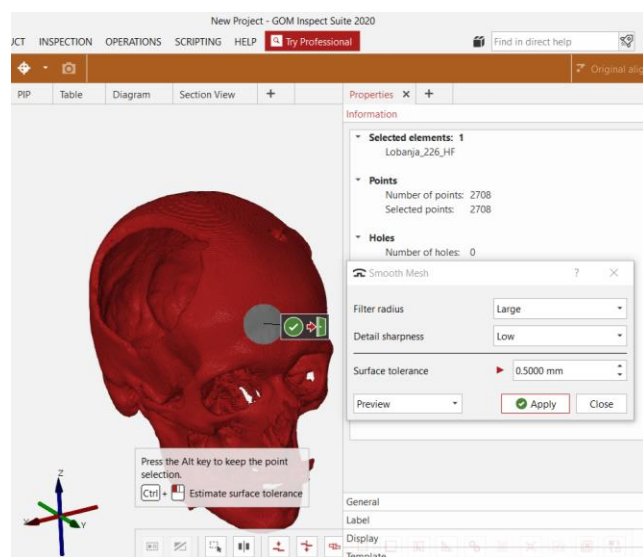
Slika 2: 3D rekostrukcija

S tem korakov dobimo oblak točk oziroma prostorskih elementov, ki jih lahko pretvorimo (poligoniziramo) v trirazsežni mrežni CAD model. Na takšnem modelu rekonstrukcije se vedno pojavi stopničast efekt v vseh treh koordinatnih smereh, katerega velikost je (običajno) v X in Y smeri odvisna od velikosti slikovnih točk na slikah prerezov, v Z smeri pa od debelina sloja CT preiskave (Slika 2). Takšen model seveda ni primeren za modeliranje oblike vsadka, saj zaradi stopničastega efekta ne predstavlja dejanske oblike defekta. Zaradi tega je potrebno takšen model še nadalje obdelati z namenom zmanjševanja (glajenja) stopničastega efekta, zmanjšanja velikosti mreže (števila trikotnikov) in urejanja mreže.

3 UPORABA GOM INSPECTA PRI OBDELAVI CT REKONSTRUKCIJ

3.1 Glajenje stopničastega efekta

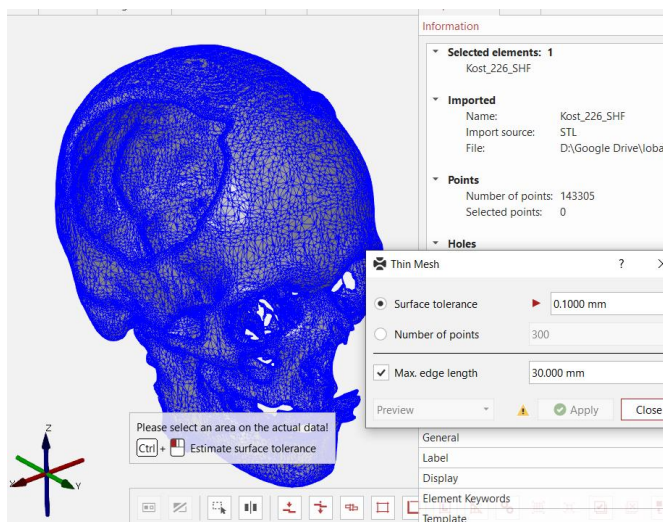
Za glajenje modela uporabimo operacijo »smooth mesh«. Z nastavitvijo parametrov kontroliramo obseg glajenja, ostrino detajlov in maksimalno dovoljeno odstopanje. Optimalne nastavitve so odvisne od debeline sloja preiskave. Velja, da če želimo relativno gladek model mora bit dovoljeno odstopanje vsaj enako debelini sloja preiskave (Slika 3).



Slika 3: Glajenje mreže

3.2 Zmanjševanje števila trikotnikov

Običajno neposredno izvoženi modeli 3D rekonstrukcij medicinskih preiskav vsebujejo zelo veliko število trikotnikov. Zaradi tega je velikost takšnih datotek precejšnja (100+ MB), kar otežuje njihovo uporabo pri nadaljnjem oblikovanju (modeliranju) pacientu prilagojenih pripomočkov. Zaradi tega in ker je veliko število trikotnikov tudi posledica začetnega stopničastega efekta lahko v naslednjem koraku po-obdelave modela zmanjšamo število trikotnikov z uporabo operacije »Thin mesh«. Tudi pri tej operaciji je najpomembnejši parameter največje dovoljeno odstopanje. Koliko izberemo je odvisno od tega, kolikšna so še sprejemljiva odstopanja modela glede na namen medicinskega pripomočka in pa kako velike datoteke še lahko (normalno) uporabljamo pri nadaljnjem modeliranju. V našem primeru smo z največjim dovoljenim odstopanjem 0.1mm število trikotnikov zmanjšali na 10% (iz 1.4 milijona na 143000). S tem se je na 10% zmanjšala tudi velikost datoteke (Slika 4).

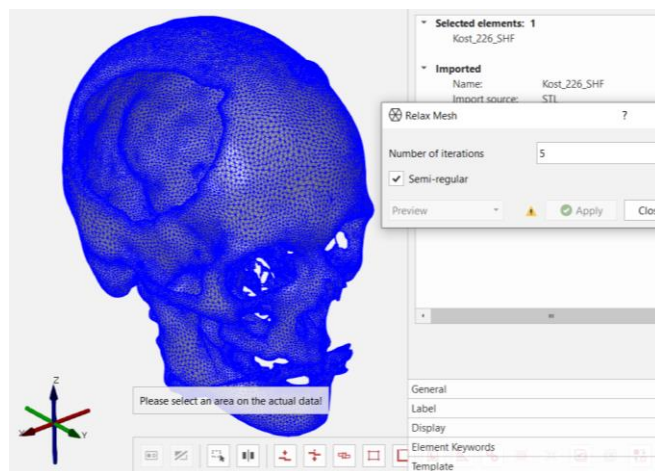


Slika 4: Zmanjševanje mreže

3.3 Urejanje mreže

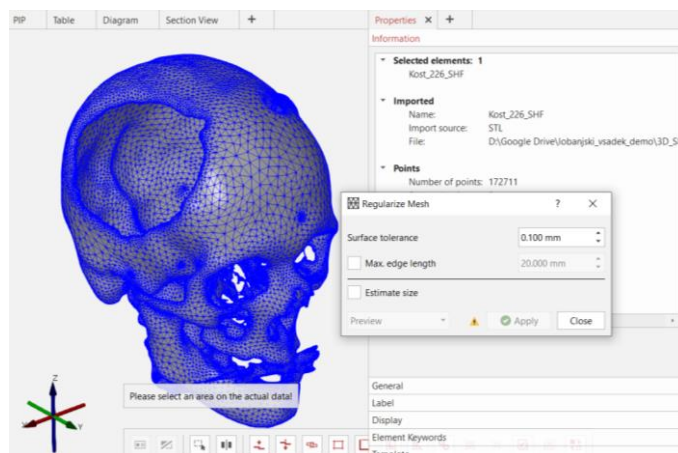
Iz prejšnje slike vidimo, da je mreža našega modela po uporabi operacij glajenja in zmanjševanja precej neurejena. To je neugodno predvsem takrat, kadar bomo model v nadaljevanju uporabili za oblikovanje pacientu prilagojenega vsadka tako, da bomo nalezno površino vsadka oblikovali z odštevanjem

dejanske oblike defekta. Zato je dobro, če mrežo modela dejanskega stanja predhodno uredimo. Za to imamo v GOM inspectu na voljo dve operaciji (»Relax« in »Regulize« Mesh).



Slika 5: Sproščanje mreže

Namen prve (Slika 5) je sproščanje mreže (z nastavljanjem parametra števila iteracij) z drugo (Slika 6) pa razporedimo gostoto trikotnikov na mreži v odvisnosti od ukrivljenosti površine (s parametroma največjega dovoljenega odstopanja in največje dovoljene stranice trikotnika).

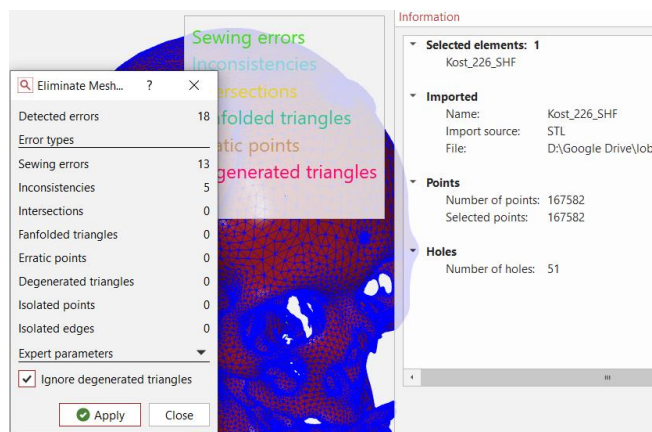


Slika 6: Razporeditev gostote mreže

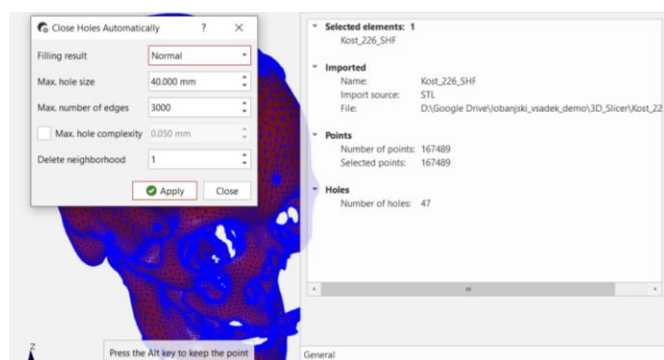
3.4 Popravljanje mreže

Že v začetnem uvoženem modelu in po vsaki operaciji lahko nastanejo nepravilnosti v mreži modela. Te nepravilnosti odpravljamo z orodjem za odpravljanje napak v mreži (»eliminate mesh errors«) (Slika 7) in orodjem za avtomatsko

zapiranje lukenj v mreži (Slika 8). Obe orodji uporabljamo izmenično, saj pri odpravljanju napak v mreži običajno nastanejo luknje, ki jih v naslednjem koraku z avtomatskim zapiranjem zapremo.



Slika 7: Odpravljanje nepravilnosti mreže



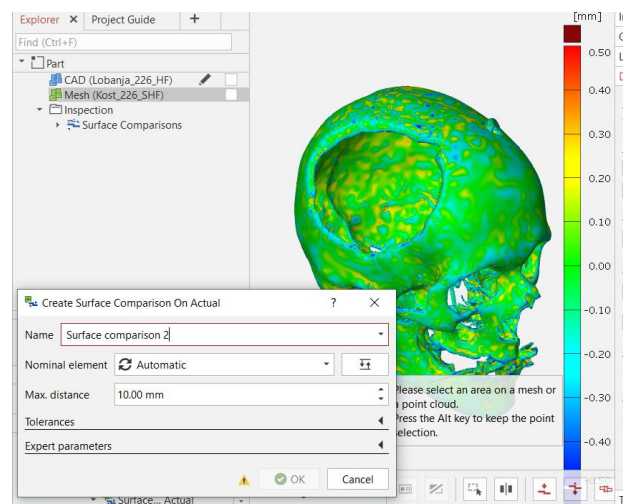
Slika 8: Odpravljanje nepravilnosti mreže

Obe orodji je priporočljivo uporabiti že pri začetnem uvoženem modelu in ponavljati po vsaki prej opisani operaciji, tako da naslednjo operacijo po-obdelave vedno naredimo na mreži brez napak in lukenj.

3.5 Odstopanje med začetnim in obdelanim modelom.

Seveda z vsako operacijo nastajajo vedno večja odstopanja med začetnim (stopničastim) modelom in obdelanim modelom. Ta odstopanja lahko ves čas med postopkom obdelave v GOM Inpectu kontroliramo z orodjem »Surface comparison« pri čemer vedno primerjamo trenutno (ali pa končno) obliko modela z začetno obliko rekonstrukcije. Dokler so odstopanja

znotraj pričakovanih mej, ki so posledica glajenja stopničastega efekta je obdelava dovolj natančna. Če odstopanja presežejo pričakovane vrednosti moramo celoten postopek obdelave prilagodit z zmanjšanjem parametrov dovoljenih odstopanj (Slika 9).



Slika 9: Barvna karta odstopanja

3 SKLEP

Pravilna po-obdelava trirazsežnih rekonstrukcij je eden ključnih korakov pri oblikovanju in izdelavi pacientu prilagojenih medicinskih pripomočkov. Za doseganje pravilnega naleganja vsadka na dejansko obliko defekta je nujno odstraniti stopničast efekt, ki je posledica rezultata preiskave z računalniško tomografijo. Posebej bi radi poudarili, da je celotna funkcionalnost programskega paketa GOM Inspect, predstavljena v tem prispevku, na voljo v »zastonjski« različici programske opreme. Zato upamo, da bo ta prispevek pripomogel k temu, da se bo uporaba tega programskega paketa razširila iz sedanjega CAQ področja tudi na področje medicine.

Viri:

- [1] Domača stran podjetja GOM (<https://www.gom.com>).
- [2] Drstvenšek, I, Kostevšek Šegula, U, Brajliah, T, Ihan Hren, N, Merc, M, Tomažič, T, Stevič, S, Vogrin, M, Moličnik, . Use of additively manufactured patient-specific instruments in clinical praxis = Uporaba pacientu prilagojenih instrumentov, izdelanih z dodatno izdelavo, v klinični praksi. *Materiali in tehnologije*, str. 155-163.