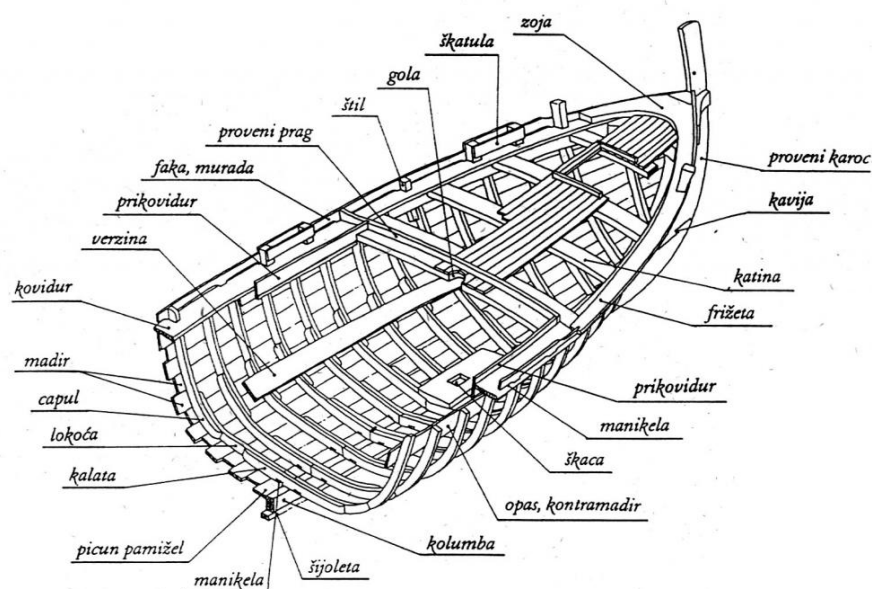


Trodimenzionalno fotogrametrijsko snimanje gajete



Izrada drvenog broda zahtjevan je posao, a uspjeh uvelike ovisi o majstorovoj umješnosti. U tradicionalnoj brodogradnji uobičajena je metoda bila kopiranje gotovog "dobro pogođenog" broda pomoću šablona. Modernim metodama trodimenzionalnog snimanja oblika i modeliranja pomoću računala, izrada novog drvenog broda osjetno se olakšava i ubrzava...

Gajeta je tradicionalni drveni brodić dužine 7 do 12 metara koji se koristio za ribarenje i prijevoz duž jadranske obale i otoka. Karakterističan je zaobljeni pramac i krma, velika nosivost i dobra plovna svojstva, pogotovo kod težeg uzburkanog mora. Pojavom jeftinijih plastičnih plovila većinom inozemnih proizvođača, broj pravih drvenih gajeta drastično se smanjuje, prijeteći da ovaj tradicionalni proizvod hrvatske brodogradnje izumre.



Slika 1. Dijelovi trupa gajete (crtež: V. Salamon).

U Nerezinama na otoku Lošinju djeluje jedno od rijetkih preostalih hrvatskih brodogradilišta specijaliziranih za izradu i popravak drvenih brodova. Oduševljeni ljepotom i dobrim plovnim svojstvima svoje osam metarske gajete, obitelj Lekić, voditelji brodogradilišta, zaključili su da bi mogli ponovo graditi ovakve gajete. Potrebnog znanja i iskustva u izradi drvenih brodova imaju, a i reprezentativni predložak bio je tu.

Izrada drvenog broda zahtjevan je posao. Pogotovo je bitna izrada noseće konstrukcije broda, sastavljena od rebara, sponja i kobilice (slika 1). Ta konstrukcija, na koju se postavlja oplata, određuje kasniji oblik dovršenog broda, njegovu čvrstoću i plovne osobine. Stari su majstori na temelju svojeg dugogodišnjeg iskustva metodom pokušaja i promašaja izrađivali ove drvene kosture brodova, a konačni rezultat zavisio je o majstorovoj umješnosti, ali i sreći koliko je brod bio "dobro pogođen". Jedna od pouzdanih metoda "projektiranja" novog broda bila je i kopiranje jednog od prethodno izrađenih "dobro pogođenih" brodova. Rebra broda uzorka kopirala su se pomoću šablona i njihov se oblik prenosio na drvo iz kojega su se izrađivala rebra za novi brod, a to je bio vrlo težak i dugotrajan posao.

Moderne računalne tehnike trodimenzionalnog snimanja oblika i modeliranja pomoću CAD programa olakšavaju i ubrzavaju izradu i ovakvih tradicionalnih proizvoda kakvi su drveni brodovi. Kako bi se omogućila izrada vjerne kopije gajete u Brodogradilištu u Nerezinama, *Topomatika d.o.o.* provela je trodimenzionalno određivanje njenog oblika fotogrametrijskim sustavom *TRITOP* njemačkog proizvođača mjerne opreme *GOM mbH*. Korištena oprema prikazana je na slici 2: profesionalni digitalni fotoaparat Kodak, računalo za obradu rezultata, referentne motke i dodatna oprema.

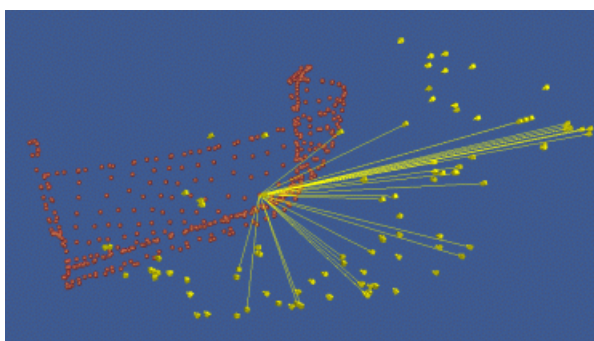


Slika 2. Fotogrametrijski sustav TRITOP firme GOM mbH.

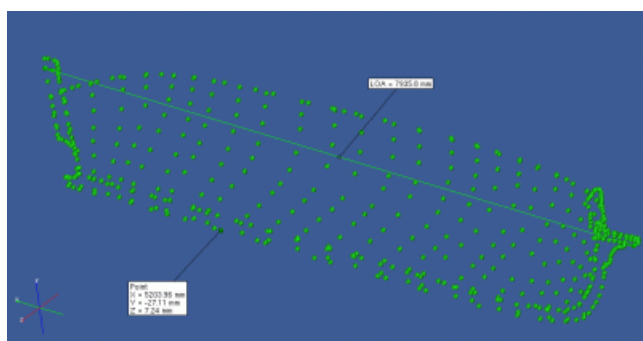


Slika 3. Pramac gajete pripremljene za fotogrametrijsko snimanje.

Na gajetu je postavljeno tristotinjak mjernih točaka tako da dovoljno precizno opisuju oblik njenog trupa (slika 3). Digitalnim fotoaparatom snimljeno je 104 fotografija iz različitih položaja, koje su nakon toga obrađene računalom. Program *TRITOP* najprije u digitalnim fotografijama s visokom točnošću automatski pronalazi sve mjerne točke (referentne markacije), vidljive kao svijetli kružići na tamnoj podlozi. Pošto je svakoj točki ustanovio položaj u svim snimkama u kojima se ona pojavljuje, program provodi predkalibraciju na principu triangulacije i optimizaciju rezultata "metodom izjednačenja zrakovnog snopa". Mjerilo snimanja određuje se na temelju referentnih motki, čije su dužine baždarene na sobnoj temperaturi s točnošću $\pm 0,01\text{mm}$, a korigiraju se u ovisnosti o temperaturi prostora u kojem se mjerenje provodi. Konačan rezultat ove automatizirane analize precizne su trodimenzionalne koordinate mjernih točaka u zajedničkom koordinatnom sustavu.



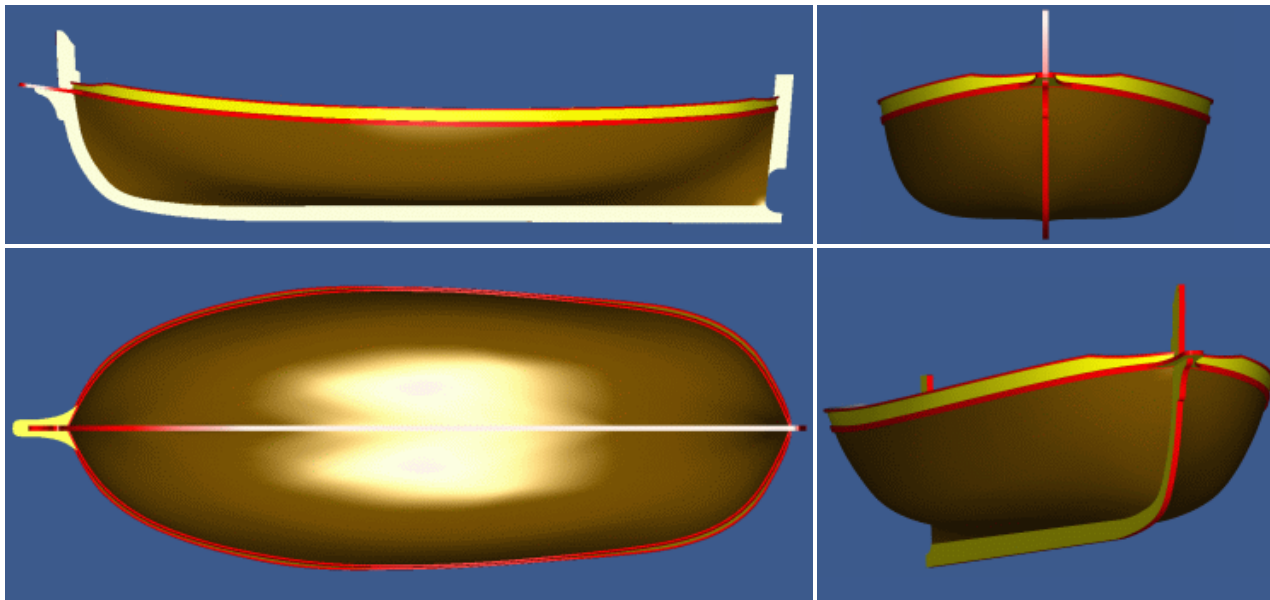
Slika 4. Prikaz prostornog položaja kamere i mjernih točaka u programu TRITOP.



Slika 5. Rezultat fotogrametrijskog snimanja - mjerne točke određuju oblik trupa gajete.

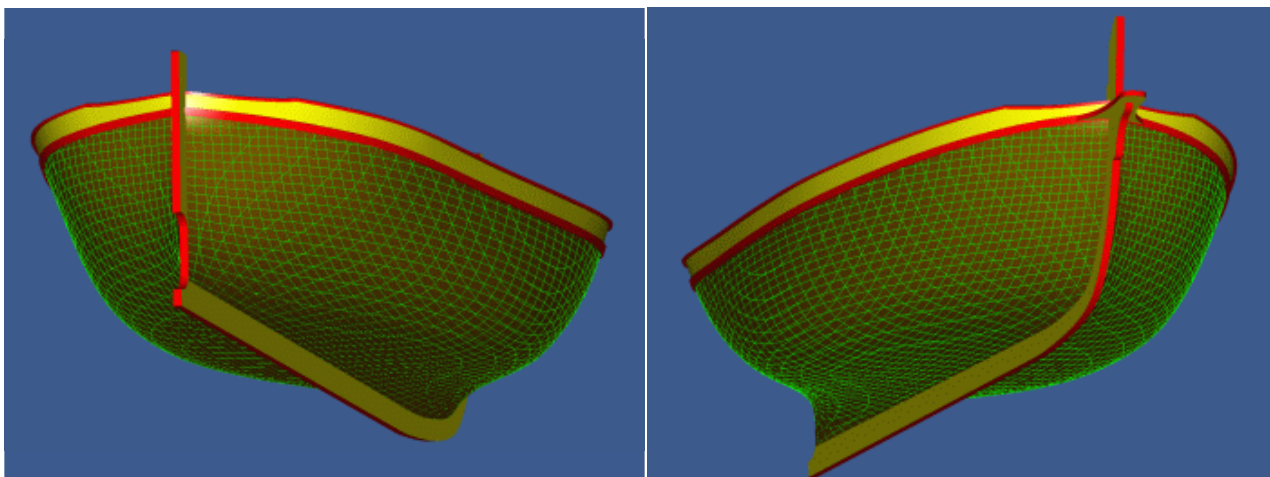
Na slici 4. vidi se položaj mjernih točaka s trupa gajete (crveni kružići) i pozicije kamere odakle su fotografije snimane (žuta boja). Linije predstavljaju optičke pravce projekcije jedne mjerne točke kroz objektiv kamere u

svim položajima snimanja u kojima je ta točka bila vidljiva. Sjecište ovih pravaca definira položaj te mjerne točke u prostoru. Takvi pravci poznati su za sve mjerne točke, no nisu prikazani zbog preglednosti. Nakon što je izračunat položaj mjernih točaka u prostoru (koordinate X,Y,Z), trodimenzionalni oblik gajete postao je poznat. Time je omogućeno određivanje njenih dimenzija (npr. dužine - slika 5), ali i kompletna kompjutorska rekonstrukcija trupa.



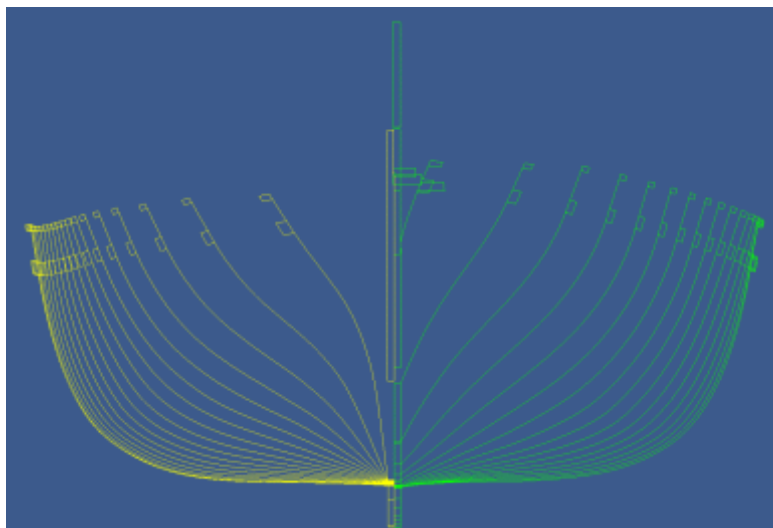
Slika 6. Trodimenzionalni kompjutorski model gajete izrađen na temelju fotogrametrijskog snimanja.

Trodimenzionalni kompjutorski model gajete izrađen na temelju mjernih točaka izmjerenih fotogrametrijom prikazan je na slici 6, dok su karakteristične linije trupa, odnosno paralelni presjeci u horizontalnoj, uzdužnoj i poprečnoj ravnini prikazani na slici 7.



Slika 7. Karakteristične linije (paralelni presjeci) trupa gajete

Na ovaj je način oblik trupa nove gajete u potpunosti definiran, a po želji može se provesti i njegove preinake. Konstruktor sada pomoću računala lako definira rebra i ostale noseće elemente trupa - njihov će se oblik automatski skladno uklopiti u cjelinu konstrukcije. Na slici 8 prikazan je oblik rebara i položaj razme gajete. Zelenom bojom (desna strana) prikazana su rebra u pramčanoj polovici gajete, dok žuta boja predstavlja rebra u njenom krlenom dijelu.



Slika 8. Oblik rebara određen na temelju računalnog modela gajete.

Opisani proces računalnog konstruiranja trupa na temelju fotogrametrijskog mjerenja je brži, fleksibilniji i precizniji od klasične metode kopiranja pomoću šablona. Računalni model novoga broda vjerno predstavlja svoj original, a lako je provesti i željene modifikacije, bez opasnosti da se naruši sklad forme broda. Potrebna mjerenja postojeće forme broda lako se provode pomoću fotogrametrijskog sustava *TRITOP* zbog njegove visoke mjerne točnosti, prenosivosti i lakoće korištenja.

Zahvaljujemo Brodogradilištu u Nerezinama na ukazanom povjerenju i na dopuštenju da se ovaj izvještaj objavi.