

Gordan Šikić, MSc, USCS d.o.o., Flaciusova 1, Pula
Marin Bistričić, mag. ing., USCS d.o.o., Flaciusova 1, Pula
Sanja Butković, dipl. ing., Uljanik Brodogradilište d.d., Flaciusova 1, Pula

VIZUALNI SUSTAV ZA PROCJENU KOLIČINE BOJE STRUKTURE TRUPA BRODA

Odjelu Bojenja broda od iznimne su važnosti površine brodskih prostora jer je to osnova za specificiranje materijala za rad (količina boje i sačme), vremena trajanja AKZ radova te cijene samog rada. Zato je, u suradnji s Odjelom Bojenja broda Brodogradilišta Uljanik, osmišljena i izrađena aplikacija koja omogućava brzu i točnu procjenu površina bojenja i količine boje potrebne za bojenje broda. Jedan od ciljeva je bio da se primjenom jednostavnih vizualnih operacija omogući definiranje kompleksnih prostora, a time i izračun njihovih površina.

Članak prikazuje dizajn, način rada, kao i iskustva stečena pri definiranju zahtjeva, izradi i korištenju aplikacije.

Ključne riječi: vizualizacija, definiranje prostora, površina bojenja

VISUAL SYSTEM FOR HULL STRUCTURE PAINT QUANTITY ESTIMATION

The correct estimation of painting area is very important for Shipyard Paint Department, since it is a basis for material specification, working time and price estimation. Therefore, a new application has been designed, that allows quick and reliable estimation of painting areas, as well as paint quantity. One of the application's main goals was to allow easy creation of complex spaces, along with paint area calculation.

This article gives the application design overview, together with the paint area estimation workflow. The experiences gained during the initial design and application development are also presented.

Keywords: visualization, space definition, paint area

1 Uvod

U Odjelu Bojenja broda Brodogradilišta Uljanik izrađuje se kompletna dokumentacija za bojenje broda, specificira i naručuje materijal potreban za izvođenje radova bojenja broda. Za izradu dokumentacije, planiranje radova i specifikaciju materijala neophodan je podatak o površini broda po pozicijama. Po današnjoj organizaciji, izračunavanje površina radi Odjel Konstrukcije, kojem je osnovni posao izrada radioničke dokumentacije trupa, a izračun površina dodatni. Zbog toga se često događa da podaci o površinama ne odgovaraju potrebama Odjela Bojenja broda. Iz toga je razloga pokrenut projekt za izradu aplikacije koja bi Odjelu Bojenja broda omogućila samostalno računanje površina i količine potrebne boje na osnovu interaktivno definiranih prostora.

2 Analiza problema

Nakon upoznavanja s procesom izračuna količine potrebne boje, odlučeno je da se neće raditi dodatno proširenje CADD/STRIDENT sustava za modeliranje, već da će se stvoriti kompletno nova aplikacija, koja će podatke za svoj rad dobivati iz CADD/STRIDENT sustava. Ova je odluka s jedne strane otvorila niz dodatnih mogućnosti, ali su se isto tako pojavili i dodatni problemi kojih ne bi bilo da se aplikacija razvijala unutar CADD/STRIDENT sustava. Jedna od važnijih prednosti je aplikacija koja će raditi na više operativnih sustava (Solaris SPARC i x86, Linux, Windows XP i Windows 7), što omogućava korištenje na svim tipovima računala koja su trenutno u upotrebi u Brodogradilištu Uljanik.

S druge strane, pojavio se problem prenošenja podataka iz sustava za modeliranje pa je trebalo naći način da se izmodelirani elementi prebace u sustav za bojenje. Ovaj je problem riješen izvozom podataka u XML format uz korištenje posebne XML sheme, razvijene unutar USCS-a, koja sadrži kompletan opis modela (grafički i negrafički podaci o elementima i veze među njima).

Izvršavanje aplikacije na različitim tipovima računala uvjetovalo je definiranje učitavanja i spremanja podataka neovisno o tipu računala i operativnom sustavu. Jedan od zahtjeva je bio da se projekt koji je kreiran na x86 platformi, bez problema učitava na SPARC-u. Ovaj je problem također riješen korištenjem XML tehnologija, tako da se svi rezultati spremaju u XML formatu.

Kako je izračun količine potrebne boje direktno vezan za površine, cijeli problem se može definirati kao problem izračunavanja površina. Ovo znači da je težište cijele aplikacije na što ugodnijem i bržem definiranju prostora, čije se površine traže. Odlučeno je da će se za definiranje prostora iskoristiti HLR (hidden line removal) sustav, razvijen ranije od strane USCS-a. Ovaj je sustav napravljen kao zamjena originalne CADD naredbe za generiranje prikaza sa izbrisanim skrivenim linijama. Kroz njega su generiranje i manipulacija modelom već bili implementirani. Jedna od vrlo važnih mogućnosti ovog sustava je i rezanje geometrije ravninama, što je iskorišteno kao osnova za definiranje prostora u novoj aplikaciji. Budući da manipulacija modela u HLR sustavu nije bila predviđena za interaktivnu upotrebu, trebalo ga je preraditi i učiniti kompatibilnim s interaktivnim radom, tj. trebalo je napraviti analizu izvršavanja i ubrzati operacije prikazivanja i rezanja geometrije, uzimajući u obzir nove zahtjeve.

3 Tehnologije korištene za razvoj aplikacije

Zahtjevi postavljeni tokom dizajniranja aplikacije su uvjetovali široku upotrebu XML formata. Kako ovaj format nije zamišljen za ručni pristup, bilo je potrebno osmisliti postupak automatskog generiranja funkcija vezanih za čitanje i pisanje XML-a. Radi toga je cjelokupan pristup XML datotekama definiran korištenjem *xsd* programskog alata za automatsko generiranje izvornog koda. Upotreba ovog alata je jako pojednostavila rad s podacima u XML-u i u potpunosti eliminirala greške vezane za njegovu definiciju. Kompletan rad s XML-om se svodi na definiranje XSD sheme, na osnovu koje se automatski generira izvorni kod.

Za grafičko prikazivanje geometrije je korišten *OpenGL*, koji (uz uvjet pravilnog korištenja) omogućava vrlo brz prikaz velikih količina podataka.

Odabir GUI biblioteka je bio vrlo važan; trebalo je odabrati neko višeplatformno rješenje, koje obavezno uključuje i Solaris/SPARC platformu. Nakon dublje analize i testiranja, odabrana je biblioteka *wxWidgets*, koja je aktivno podržana na svim ciljanim platformama.

Aplikacija je najvećim dijelom napravljena korištenjem C++ programskog jezika. Iako je ovo vrlo kompleksan programski jezik, odabran je obzirom na iskustvo u njegovoj upotrebi unutar USCS-a.

4 Sučelje aplikacije

Aplikacija je dizajnirana na način da rad sa njom bude što je moguće intuitivniji i lakši. U tu svrhu sučelje aplikacije podijeljeno je na pet logičkih cjelina (slika 1): traku izbornika (1), alatnu traku (2), područje za rad sa hijerarhijskom strukturom tehnoloških cjelina i definiranih prostora (3), modelski prozor (4) i statusnu traku (5).

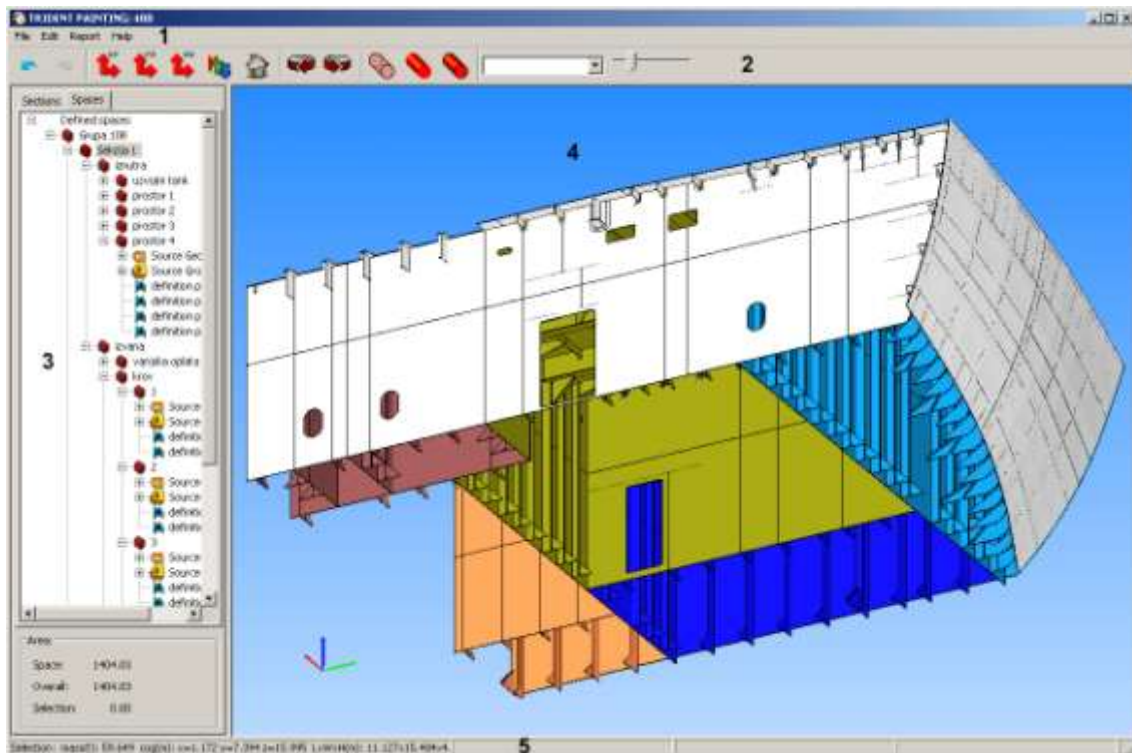


Fig. 1 Application interface
Slika 1. Sučelje aplikacije

Traka izbornika sastoji se iz uobičajenih padajućih izbornika koji se mogu vidjeti u većini aplikacija (*File, Edit, Help*) i jednog specijaliziranog izbornika (*Report*) vezanog uz kreiranje izvještaja potrebne količine boja.

Alatna traka sadrži alate za manipulaciju modelom prikazanim unutar modelskog prozora. To su uglavnom alati za zakretanje modela i promjenu načina prikaza modela.

Područje za rad sa hijerarhijskom strukturom sadrži dvije strukture: tehnološku strukturu (*Sections*) i strukturu prostora za bojenje (*Spaces*). Tehnološka struktura (slika 2) može se koristiti kao preglednik modela brodske strukture, ali primarna zadaća joj je brz odabir geometrije tehnoloških cjelina potrebnih za definiranje prostora za bojenje.

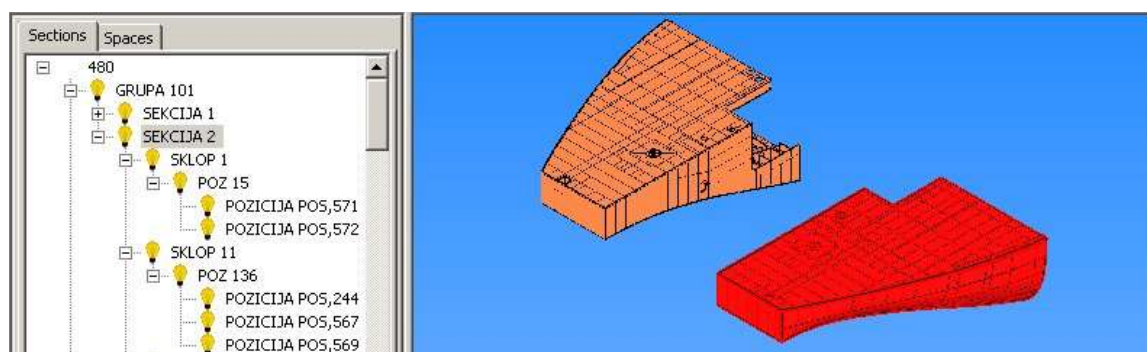


Fig. 2 Selected geometry discrimination

Slika 2. Diskriminacija odabrane geometrije unutar tehnološke strukture

Struktura prostora za bojenje (slika 3) sadrži hijerarhiju definiranih prostora za bojenje i omogućava manipulaciju prostorima (stvaranje novih prostora, brisanje nepotrebnih prostora, kopiranje ili pomicanje čvorova hijerarhije prostora u neki drugi prostor i sl.). Stvaranje prostora zamišljeno je na način da se kompleksni prostor rekurzivno razbija na jednostavnije cjeline. Tako se kreira i stablo prostora, pri čemu je definirani kompleksni prostor glavni čvor, a manje kompleksni podprostori su njegova djeca. Zadnjim razinama prostora definira se geometrija pa na taj način prostor iznad ove razine ima zbrojenu geometriju svih podprostora.

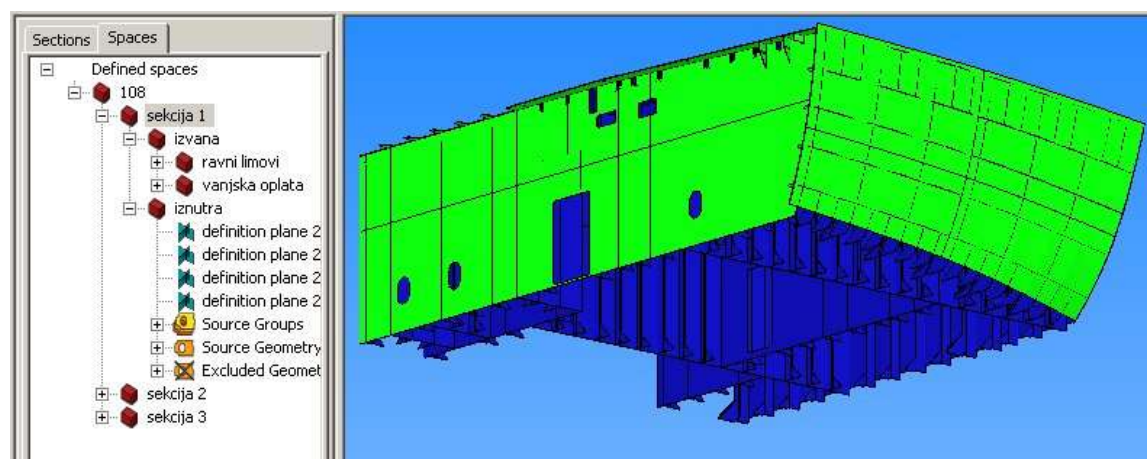


Fig. 3 Spaces tree with selected space geometry preview

Slika 3. Struktura prostora sa prikazom geometrije odabranog prostora

Primarna funkcija modelskog prozora je brz i jednostavan odabir i prikaz geometrije. Ukoliko je unutar područja za rad sa hijerarhijskom strukturom odabrana kartica *Sections*, modelski prozor će prikazati geometriju koja je unutar tehnološke strukture označena kao učitana (tekst čvora prikazan crnom bojom) i neskrivena (s lijeve strane čvora prikazana upaljena lampica). Ukoliko je unutar područja za rad sa strukturom odabrana kartica *Spaces*, modelski prozor će prikazati geometriju odabranog prostora.

Unutar modelskog prozora mogu se vršiti operacije zakretanja modela, povećavanja ili umanjivanja prikaza modela, pomicanja modela, odabira geometrije, sakrivanja odabrane geometrije, prikazivanja odabrane geometrije (ukoliko je prethodno bila sakrivena), prikazivanja samo odabrane geometrije, pohranjivanja trenutnog stanja modelskog prozora i naknadnog pozivanja pohranjenog stanja modelskog prozora, pohranjivanja trenutnog prikaza modelskog prozora u obliku slike te operacije promjene boja prikaza odabrane geometrije. Zakretanje, povećavanje / umanjivanje i pomicanje modela vrši se oko dinamički određene točke. To je točka dodira kursora miša i geometrije u trenutku pokretanja jednog od ovih triju procesa (slika 4). Na ovaj način postiže se znatno prirodni osjećaj kontrole nad modelom. Koordinate točke dodira kursora i geometrije možemo vidjeti i unutar statusne trake ukoliko pomicemo kursor iznad geometrije.

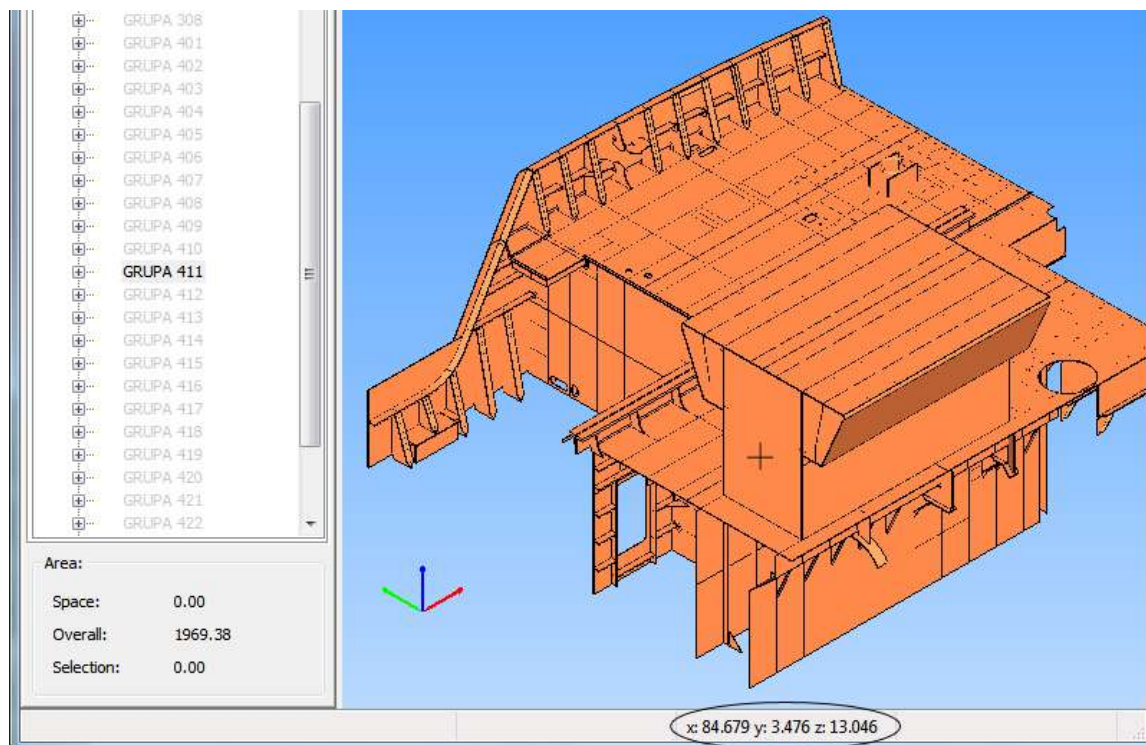


Fig. 4 Coordinates of the cursor projection to the model
Slika 4. Prikaz koordinata točke dodira kursora i geometrije

5 Način rada aplikacije

Rad sa aplikacijom svodi se na slijedeće operacije:

- Stvaranje hijerarhije prostora i podprostora
- Dodjela geometrije pojedinom prostoru
- Dodjela boja prostorima
- Generiranje izvještaja

5.1 Stvaranje hijerarhije prostora i podprostora

Stvaranje hijerarhije prostora i podprostora vrši se na stablu strukture prostora unutar kartice Spaces preko kontekstnog izbornika, dodavanjem prostora i pripadajućih podprostora. Moguće je definirati proizvoljan broj prostora i podprostora, tj. moguće je stvaranje hijerarhije prostora proizvoljnih razina (slika 3).

5.2 Dodjela geometrije pojedinom prostoru

Dodjela geometrije pojedinom prostoru može se vršiti odabirom geometrije koju želimo unutar prostora (slika 5), definicijskim ravninama pri čemu u prostor ulazi sva učitana geometrija odrezana definicijskim ravninama (slika 6), ili kombiniranjem odabrane geometrije i definicijskih ravnina pri čemu u prostor ulazi samo odabrana geometrija odrezana definicijskim ravninama (slika 7). Uočeni višak geometrije može se odabrati i ukloniti iz prostora.

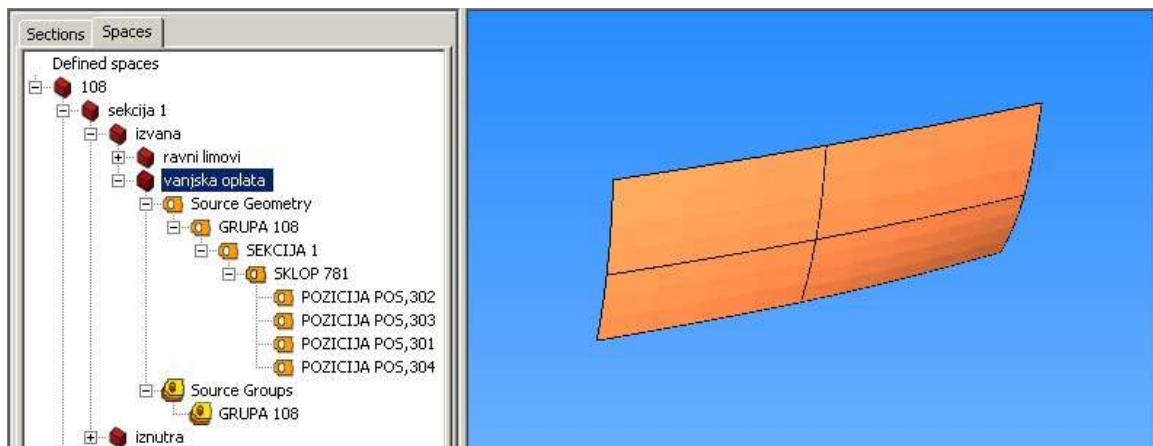


Fig. 5 Space defined by geometry selection

Slika 5. Prostor vanjske oplata sekcije definiran odabirom geometrije

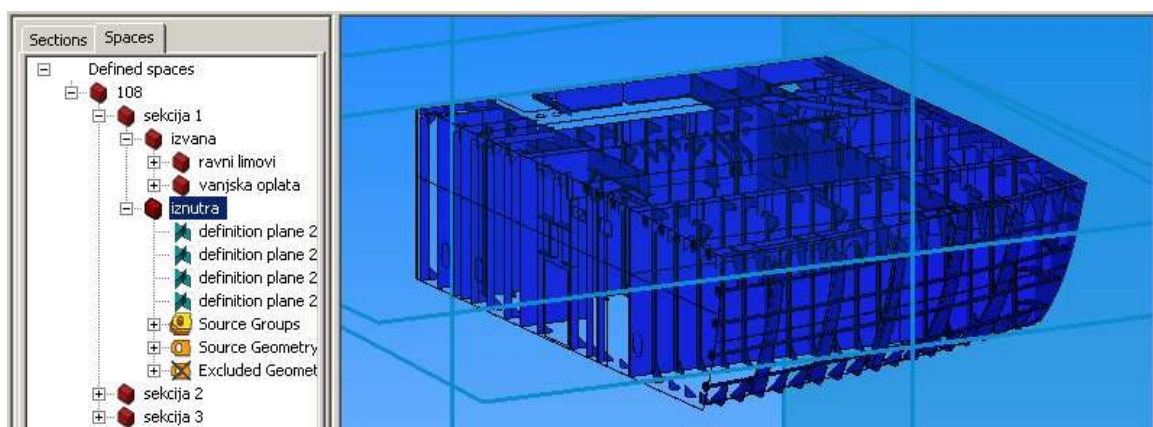


Fig. 6 Space defined entirely with definition planes

Slika 6. Prostor sekcije iznutra dobiven definicijskim ravninama

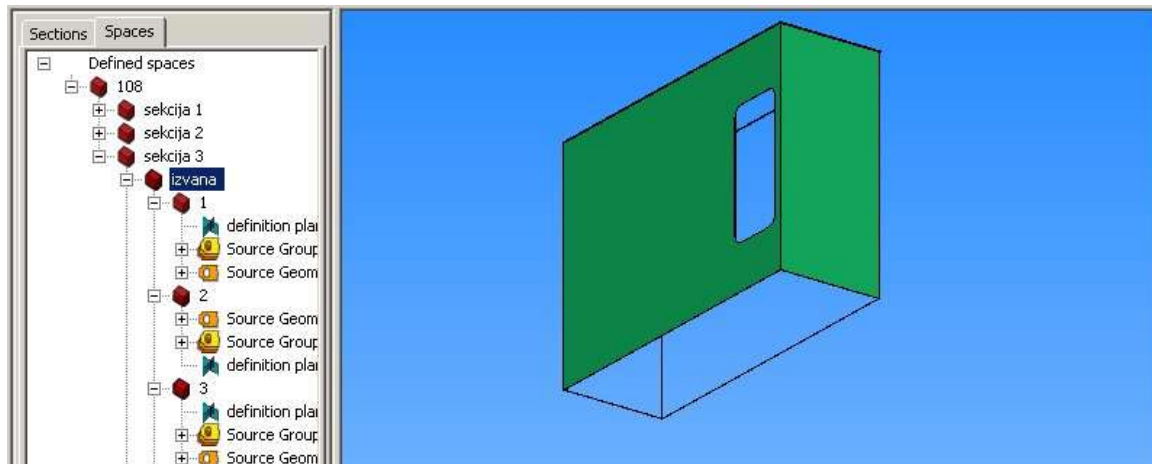


Fig. 7 Space defined by combining geometry selection and definition planes

Slika 7. Prostor sekcije, definiran kombiniranjem odabrane geometrije i definicijskih ravnina

5.3 Dodjela boja prostorima

Svakom čvoru prostora unutar stabla strukture prostora moguće je dodijeliti proizvoljan broj slojeva boja, pri čemu podprostori zadržavaju slojeve boja pripadajućeg nadprostora.

Princip dodjela boja slijedeći:

- glavnom prostoru dodijele se slojevi boja koje će sadržavati svi njegovi podprostori (npr. temeljna boja)
- podprostorima se dodijele slojevi boja koje su specifične za dotični podprostor

Dijalog za manipulaciju slojevima boja prostora (slika 8) pokreće se iz kontekstnog izbornika čvora prostora.

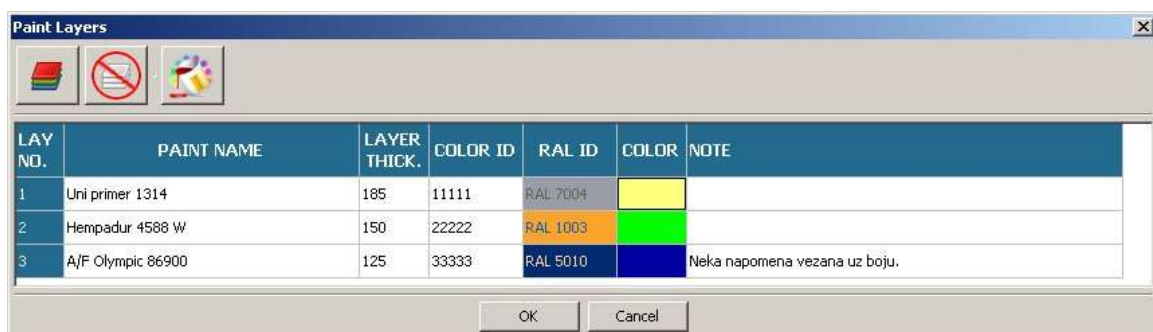


Fig. 8 Paint layers dialog

Slika 8. Dijalog za manipulaciju slojevima boja prostora

5.4 Generiranje izvještaja

Nakon stvaranja prostora i dodjele boja, može se pristupiti generiranju izvještaja. Moguće je dobiti izvještaj po specifičnim prostorima ili po tehnološkim cjelinama za bojenje.

Izvještaj po specifičnim prostorima prikazuje površinu i potrebnu količinu pojedine boje za prostore definirane unutar stabla strukture prostora.

Izveštaj po tehnološkim cjelinama za bojenje raspoređuje definirane prostore na tehnološke cjeline i zbraja površine i potrebne količine boja za pojedinu tehnološku cjelinu.

Unutar preglednika izvještaja (slika 9) moguće je pregledati stranice izvještaja, pokrenuti ispis izvještaja i pohraniti izvještaj u pdf obliku.

BOJENJE SEKCIJA			Gr. br.	Nacr. br.	Str.
17.6.2010.			example		3
red br.	sekcija / prostor	povrsina m ²	planirana boja - l	potrosena boja - l	napomena
108 1					
	iznutra	927.56			
1	A/F Olympic 86900 ID_33333 (125 mikrona)		240.05		
	Hempadur 4588 W ID_22222 (150 mikrona)		369.68		
	Uni primer 1314 ID_11111 (185 mikrona)		455.94		
	izvana	323.59			
2	Hempadur 17633 ID_22222 (150 mikrona)		128.97		
	Uni primer 1314 ID_11111 (185 mikrona)		159.06		
108 2					
	iznutra	969.75			
1	A/F Olympic 86900 ID_33333 (125 mikrona)		250.97		
	Hempadur 4588 W ID_22222 (150 mikrona)		386.49		
	Uni primer 1314 ID_11111 (185 mikrona)		476.67		
	izvana	365.62			

Fig. 9 Report preview
Slika 9. Preglednik izvještaja

6 Baza podataka boja

Za potrebe izračuna količine potrebne boje razvijena je baza podataka boja i aplikacija za upravljanje bazom boja (slika 10). U bazu podataka boja unose se svi potrebni podaci, dobiveni od strane proizvođača dotične boje, koji su neophodni za izračun količine potrebne boje i generiranje izvještaja.

PAINT NAME			Hempodor 17633	Hempodor 4588 W	Hempodor 45182	A/F Olympic 86500	Hempodor 85671
TYPICAL CHARACTERISTICS							
percentage of dry matter %			69	69	69	69	69
loss factor			40%+10	40%+10	40%+10	30%	40%+10
interval btw coating	5 °C	min	26h	23h			
		max					
	10 °C	min	16h				90h
		max					47d
20 °C	min	8h		6h	8h	36h	
	max			5d		21d	
max. rel. humidity %			85	85	85	85	60
mixture ratio			4.000000:1.000000	3.000000:1.000000	4.000000:1.000000		8.600000:1.200000
mixed color durability /hours/ at temp.	10 °C						
	20 °C		2h	1h	3h		3h
	30 °C		1h				
solvent			09450	09450	09450	09000	09450
max. solvent percent. %			5	5	5	5	5
nozzle opening (")			0.021000-0.025000	0.017000-0.023000	0.023000	0.027000-0.031000	0.018000-0.021000
outlet pressure (bar)			250.000000	250.000000	200.000000	270.000000	200.000000
curing time (+20 °C)			20d(+5.000000C)	20d(+5.000000C)	7d		10d
min. vent. for 10% LEL			m ³ /lit				8l
Paint film thickness	min		150	200	100	100	100
	max						300
flaming point °C			32	40	23	25	24

Fig. 10 Paint database application
Slika 10. Aplikacija za upravljanje bazom boja

7 Iskustva stečena u izradi aplikacije

Nakon početne analize problema izračuna bojanja, uvidjelo se da je moguće iskoristiti HLR sustav. Njegove je funkcionalnosti trebalo proširiti i prilagoditi interaktivnom radu. Radi toga se u početnoj fazi projekta pristupilo dodatnom profiliranju već postojećeg koda u svrhu inicijalnog optimiziranja već postojećih biblioteka, a profiliranje koda je ostalo kao vrlo važan pristup generiranju kvalitetne i odzivne aplikacije.

Korištenjem modernih tehnika iscertavanja, uz upotrebu *OpenGL-a*, brzina prikazivanja geometrije je dovedena na vrlo visoku razinu, čak i na računalima slabijim od ciljane konfiguracije. Manipulacija geometrijom, poput rezanja ravninama, je također optimizirana, što omogućava vrlo ugodan rad.

Jedan od dodatnih dizajnerskih ciljeva je bio da aplikacija radi na raznim platformama, bez ikakvih izmjena. Trenutno, sustav za bojanje je moguće izvršavati na Solaris-u (SPARC i x86), Linux-u, kao i na Windowsima (XP i 7). Aplikacija je paralelno razvijana na svim ciljanim platformama, kako bi se eventualni problemi otkrili i riješili što je moguće ranije. Ovakav pristup je rezultirao kodom koji je neovisan o operativnom sustavu, što maksimalno olakšava eventualno implementiranje aplikacije na nove računalne platforme.

8 Iskustva u radu s aplikacijom

Aplikacija za računanje površina prilično je jednostavna za rad. Naravno, što su prostori, odnosno sekcije, jednostavnije po strukturi, to je lakše i brže doći do željene površine. S obzirom da je riječ o vizualizaciji, tj. 3D prikazu, uz korištenje nacrtne strukture trupa lako je

odrediti koji prostor pripada kojoj sekciji. To je ujedno i prvi korak u računanju površina. Nakon definiranja prostora po sekcijama njegove se granice zasebno izračunavaju postavljanjem ravnina rezanja.

Prvi koraci rada u aplikaciji obuhvaćali su provjeru postojećih površina za novogradnje koje se trenutno izrađuju u brodogradilištu. Površine dobivene od Odjela Konstrukcije uspoređivane su sa izračunatim površinama uporabom ove aplikacije. Na taj su način, uz upoznavanje s novom aplikacijom, provjerene površine za cijelu jednu seriju brodova. Zaključeno je da su izračunate površine točne i da će Odjel Bojenja broda od prvog novog projekta u brodogradilištu površine izračunavati samostalno koristeći ovu aplikaciju.

Aplikacija se operativno koristi za računanje stvarnih površina aktualnih novogradnji u brodogradilištu. Svakodnevna upotreba dovela je do novih zahtjeva za poboljšanjima funkcionalnosti, koje se ugrađuju u aplikaciju.

Zaključak

Temeljem zahtjeva Odjela Bojenja broda Brodogradilišta Uljanik napravljena je aplikacija koja je omogućila vizualno definiranje brodskih prostora te izračun njihovih površina. Ovakav pristup je poboljšao točnost izračuna količine materijala potrebnog za bojanje. U razvoju aplikacije su svojim primjedbama i komentarima aktivno učestvovali djelatnici Odjela Bojenja broda, što je rezultiralo rješenjem prilagođenom korisničkim potrebama, objedinjeno pod imenom TRIDENT Painting.

Za izradu aplikacije su korištene moderne tehnike programiranja u C++, uz upotrebu provjerenih biblioteka, uključujući i biblioteke razvijene unutar USCS-a. Velika pažnja je posvećena povećanju brzine rada, kao i podršci za raznorodne, međusobno vrlo različite operativne sustave.

Tokom izrade aplikacije TRIDENT Painting iskazalo se da je potencijal cijelog sustava vrlo veliki te da omogućava rješavanje čitavog niza drugih problema, koji su vezani za prikaz i manipulaciju trodimenzionalnih modela. To je i iskorišteno, tako da sada postoji čitava serija aplikacija, koje su bazirane na iskustvima vezanim za projekt, poput:

- TRIDENT Ship Explorer,
- TRIDENT Drafting,
- TRIDENT Measure,
- TRIDENT Pipe Production,
- CADD Procedure Editor.

Literatura

- [1] *TRIDENT Hiding documentation*
- [2] *TRIDENT Painting documentation*
- [3] <http://www.boost.org>
- [4] <http://www.OpenGL.org>
- [5] <http://docs.freebsd.org/44doc/psd/18.gprof/paper.pdf>
- [6] <http://www.w3.org/standards/xml/>
- [7] <http://www.codesynthesis.com/products/xsd/>
- [8] <http://www.wxwidgets.org>