

JEDINSTVENI INFORMACIJSKI MODELI U BRODOGRADNJI

Kalman Žiha, Neven Pavković, Nenad Bojčetić, Mario Štorga
 Fakultet strojarstva i brodogradnje, I. Lučića 5, Zagreb
 Darko Bandula
 Brodarski Institut, Av. V. Holjevca 20, Zagreb
 Karolj Skala
 Institut «Ruđer Bošković» Bijenička c. 54., Zagreb
 Božidar Medić
 «Brodosplit», Put Supavla 19, Split

SAŽETAK: U članku se najprije opisuju integralne koncepcije modela, razine informacijskog modeliranja te razvojni poticaji u CAD/CAM modeliranju u tehnici i inženjerstvu. Uz prirodu inženjerskih podataka naglašavaju se i problemi upravljanja i upotrebe znanjem i procesima u tehničkim problemima, te potreba za normizacijom i značenje STEP normi u brodogradnji. Dan je osvrt na prednosti objektnog programiranja, na primjenu EXPRESS, UML i XML jezika, te na primjenu objektnih baza podataka. U nastavku se interes rada usredotočuje na proizvodne modele brodova, osobito na modele konstrukcije trupa, koji koriste zajedničke modele u okviru modeliranja u područjima promatranja za razne namjenske protokole na osnovi zajedničkih pomagala. Spominje se i važnost modularizacije za složene objekte kao što su brodovi. U okvirima ključnih koncepata konstrukcije broda prikazani su postojeći i razvojni aplikativni protokoli u brodogradnji, te su ilustrirani na primjeru konstrukcije palube broda za prijevoz kemikalija građenog u brodogradilištu u Splitu. Na koncu se daje osvrt na predvidivi razvoj računarskih i mrežnih infrastruktura potrebnih za 3C (Computing Communication Collaboration) integracije s uplivom na brodogradnju te zaključak koji upućuje na veliku potrebu praćenja razvoja informacijskih tehnologija.

Ključne riječi: brod, brodogradnja, informacijske tehnologije, objektno orijentirano programiranje, proizvodni model, tanker, norme, CAD/CAM, grid računala, ISO 10303, STEP, EXPRESS, UML, XML

ABSTRACT: The article considers first the integral conception of a model, the levels of informational modeling and the developing impacts in CAD/CAM modeling in techniques and engineering. Besides the nature of data in engineering, the problems of knowledge management and process control are reviewed, as well as the need for standardization and the importance of the STEP standards in shipbuilding. The advantages of object oriented programming, the applications of EXPRESS, UML, and XML languages, as well as the role of the object data bases are revealed. The article concentrates further on ship product models; particularly those related to hull structures, using Ship Common Models within a Modeling Framework related to Domain Models for different application protocols, using Common Utilities. The importance of modularization for complex object like ships is mentioned. The existing Application Protocols relevant to shipbuilding are presented and illustrated by an example of a chemical tanker deck structure built in Split. Finally, the development of computational and networking infrastructure for 3C (Computing Communication Collaboration) integration is considered with its possible impact on shipbuilding.

Key words: ship, shipbuilding, information technologies, object oriented programming, product model, tanker, standards, CAD/CAM, computational grid, ISO 10303, STEP, EXPRESS, UML, XML

1. UVOD

Složenost broda kao proizvoda, posljedica je nemogućnosti da se sve informacije o postupcima projektiranja, gradnje, korištenja i održavanja obrađuju jedinstvenim sredstvima od strane brodogradilišta i svih drugih različitih sudionika vezanih za brod od projektnih zahtjeva do rezališta. Istovjetne poteškoće postoje i u samom brodogradilištu sa raznim odjelima i službama, gdje se stvaraju, obrađuju, održavaju i razmjenjuju podaci različitog porijekla, sadržaja, namjene i oblika zapisa. Dodatno su i porast tržišne ponude i složenost današnjih brodova, kao kritičan problem njihove izgradnje, nametnule potrebe za učinkovitim razmjenama projektnih podataka. Neovisno o tome radi li se o odjelu prodaje, razvoja, proizvodnji ili praćenja broda u eksploataciji, pravovremeno posjedovanje ažurnih podataka o brodu predstavlja nuždan preduvjet za kvalitetno obavljanje predviđenih aktivnosti. Primjena elektroničkih računala i informatičkih tehnologija (IT), pridruženih uređaja za iscrtavanje i umnožavanje te CAD/CAM programske podrške za tehničke prikaze, početkom sedamdesetih godina prošlog stoljeća otvorila je nove mogućnosti tehničkog izražavanja, daleko veće od samo puke primjene do tada razvijenih tradicionalnih oblika prikaza i tome prilagođenih tehničkih normi sa novim sredstvima i sa novim alatima.

Pod informacijama se u sklopu ovog prikaza, za razliku od istog pojma u teoriji informacija ili u javnosti, podrazumijevaju nedvosmisleno strukturirani podaci na unaprijed dogovoreni način koji su istoznačni za sve sudionike, a mogu se koristiti i razmjenjivati i bez znanja o izvoru, za kreiranje informacijskog modela.

Informacijski model općenito nastaje preslikavanjem prostora promatranja u prostor prikaza i predstavlja u tome slučaju formalni opis objekata, zamisli, činjenica i procesa koji zajedno čine prikaz dijela stvarnog svijeta preko posebno izraženog skupa pravila prikazivanja, po mogućnosti na potpuni, točni i jednoznačni način. Pri tome se pod podatkom podrazumijeva simbolički prikaz dijela stvarnog svijeta, općenito obilježje nekog objekta ili događaja, simbola ili funkcija za primjene prema implicitnim ili eksplicitnim pravilima, od interesa za informacijski model. Struktura podataka u brodogradnji je nejednolika i nepredvidiva sa mnogobrojnim vezama, ovisi o postojanju drugih podataka, vezana je za cijeli životni vijek, točnosti se prilagođavaju značaju i namjeni a prikazi su mogući na više načina. Velike, a za sada proizvoljno korištene mogućnosti tehničkih prikaza na računalima leže u jednostavnom korištenju boja u dvo i trodimenzionalnim prikazima na praktično neograničenom broju razina prikazivanja, sa skrivenim linijama, plastičnim prikazima i sjenčenjem. Parametarsko definiranje složenih dijelova sa najmanjim brojem osnovnih podataka omogućava iscertavanje familija istih proizvoda s različitim svojstvima, uključujući i boje. Primjena boja u tehničkim prikazima nije do kraja razriješena na jednoznačan i zadovoljavajući način [1]. S druge je strane, razvojem interneta i pripadne informatičke i mrežne infrastrukture do stupnja pouzdanosti koja omogućuje njihovu industrijsku primjenu, pred brodogradnjom se otvaraju nove mogućnosti, pače i nužda, za brže definiranje značajki projekta u njegovim najranijim fazama. Nove su mogućnosti primjene virtualnih prototipova brodova i brodogradilišta nameću kao nezaobilazni smjer budućeg razvoja ne samo geometrijskog modeliranja. Premda se danas virtualni modeli u brodogradnji još uvijek ne primjenjuju [2] u dovoljnoj mjeri, korist koja bi se od njih mogla ostvariti bitno bi utjecala na mogućnosti smanjenja vremena i troškova izgradnje brodova putem boljeg sagledavanja mogućnosti i rješenja problema fizičke izgradnje broda simulacijama u digitalnom mediju. Razvoj jedinstvenog informacijskog modela broda je zahtjevna aplikacija koja se mora oslanjati na snažnu računarsku podršku, kakvu na primjer nudi razvoj povezivanja računala preko CRO GRID sustava [3].

Baze podataka općenito ostvaruju pristupe i upravljanje podacima na logičkoj a ne fizičkoj razini, optimiraju korištenje memorije a struktura podataka osigurava konzistentnost u cilju pospješivanja međudjelovanja među brojnim sudionicima u projektiranju, gradnji, korištenju i održavanju brodova u umreženom okruženju [4]. Proizvodni modeli kao i razmjena tehničkih podataka u raznim vidovima postoje od davnina. Nove su mogućnosti započele s mogućnostima pripreme tehničkih prikaza primjenom računala, pogotovu sa razvojem trodimenzionalnih mogućnosti, dopunjenih s tekstualnim opisima, kao što nalažu uobičajena pravila tehničkog prikazivanja, a i sa spoznajama o mogućim opisima znanja i procesa u inženjerstvu. Proširenje informacijskog modela u brodogradnji se sastoji od osnovnog geometrijskog modela kakav se danas koristi, ali nužno nadopunjenog sa konstrukcijskim znanjima spregnutih sa pravilima zaključivanja, te sa opisima procesa vezanih za konstruiranje i proizvodnju, što još nije raširena praksa u brodogradnji. Priroda procesa konstruiranja broda te složenost i raznolikost znanja potrebnog prilikom konstruiranja zahtijeva sustave prikazivanja i obrade znanja i procesa koji trebaju biti što je moguće fleksibilniji i robusniji. Prikupljanje i obrada znanja potrebnog u procesu konstruiranja broda jedan je od važnijih čimbenika procesa konstruiranja. Ovakvi se složeni problemi ne mogu, niti ih ima smisla rješavati bez oslanjanja na široko prihvaćene norme. Na toj je liniji razvoja najveći, i vjerojatno najznačajniji projekt koji se odnosi na dio normi za geometrijsko modeliranje ISO 10303 (STEP), dok su komponente normi za conceptualno modeliranje projektnih procesa i korištenje znanja tek u razvoju [5],[6]. Valja imati na umu i da je dobar dio normi za tradicionalne tehničke prikaze međunarodno prihvaćen već ranije u okvirima ISO normi, a i nacionalna normizacija se vrlo detaljno bavi tehničkim prikazima, na primjer ANSI norme sadržane u American National Standard Drafting Manual Y14 [7] ili DIN norme [8]. Posebne prilagodbe tehničkih prikaza se primjenjuju u mnogim velikim ustanovama i sredinama koje se bave inženjerskim djelatnostima zbog vlastitih potreba vezanih za pojedine proizvode. Brodogradilišta ili udruge brodogradnje na nacionalnoj razini, u iščekivanju međunarodno prihvaćenih normi, mogu koristiti dodatne oznake i konvencije prilagođene raznim aspektima projektiranja, proizvodnje i održavanja brodova.

Osim što moraju biti ažurni, te svima lako razumljivi, projektni podaci moraju biti i globalno dostupni. Ovo posljednje je posebno važno jer sve veći dio troškova kod suvremenih komercijalnih brodova otpada na opremu koja se proizvodi izvan brodogradilišta. Raspolaganje sa kvalitetnim i lako razmjenjivim podacima o opremi u ranim fazama projekta omogućava da se ista pod najpovoljnijim uvjetima nabavlja kod globalno specijaliziranih proizvođača. Osim tih razloga posjedovanje projektnih podataka u ranim fazama projekta povećava i mogućnosti za predviđanje ponašanja broda u eksploataciji te procesu njegove izgradnje i održavanja koji imaju presudan utjecaj na povećanje njegove tržišne atraktivnosti. Za njihovo utvrđivanje razvijen je veliki broj specijaliziranih informatičkih alata. Integrirani informatički alati u brodogradnji se prilagođavaju neprestanom smanjenju vremena i troškova, oslanjajući se normizaciju i na neprekinuti tok točnih i jednoznačnih podataka na osnovu deklaracije «stvari jedanput – koristi više puta». Upravljanje procesima projektiranja i izrade: Product Data Management (PDM) ili Product Information Model (PIM), predstavlja skup funkcija za praćenje razvoja, odobravanja i lansiranja projektnih podataka, kako unutar odjela, brodogradilišta i vanjskog okruženja [54]. Njihovim uključivanjem u proces projektiranja broda u ranim fazama projekta omogućeno je smanjenje nepoznanica projekta vezanih uz kvalitetu, rokove i troškove izgradnje broda, glavnih čimbenika poslovanja brodogradilišta. Preduvjet za izvođenje navedenih aktivnosti predstavlja postojanje proizvodnog modela broda koji u sebi sadržava sve potrebne podatke i odlikuje se lakom dostupnošću. Najvažniji zahtjevi na koje taj model mora pružiti kvalitetne odgovore na pitanja, Sl. 1. su slijedeća: kako razmjenjivati podatke? koji su podaci potrebni? kako opisati proizvod? kako prikazati podatke? i kako upravljati podacima?

SLIKA 1

U članku će se pomnije razmotriti zahtjev za učinkovitom razmjenom, što predmjeva postojanje sustava za razmjenu podataka (Product Data Management System), u kojem su svi podaci organizirani i strukturirani na način koji omogućava njihovu dostupnost na čim jednostavniji način. Najveći je dio današnjih zahtjeva industrije prema razvoju računalne podrške procesu razvoja proizvoda usmjeren na podršku istodobnom inženjerstvu, imajuću na umu raspodjelu razvoja proizvoda između brojnih sudionika, što nalaže posebni odnos prema distribuiranim procesima i podacima. Informacijski modeli konstrukcijskog znanja i podataka o proizvodu se trebaju smatrati osnovom integrirane inženjerske okoline (IEE) [55]. Razvoj računala na području procesorske i memorijske snage ostvaren tijekom posljednjih nekoliko godina omogućava nam da razvoj tog modela ostvarimo u u objektno orijentiranom obliku koji se kod izgradnje proizvoda koji se poput brodova sastoje od više stotina tisuća dijelova pokazuje najprikladnijim.

Europska udruga istraživačkih i tehnoloških organizacija (EARTO) naglašava važnost stvaranja kooperativnog istraživačkog okruženja, suradnju sa znanstvenim organizacijama, stalno obrazovanje, partnerstva u inovacijama, zadovoljavanje potreba korisnika i unapređenje sustava upravljanja.

2. INFORMACIJSKO MODELIRANJE U TEHNICI

Neizbježiva pitanja vezana za modeliranje se odnose na kreiranje modela, tehnike za prikaz modela i principe modeliranja. Prijedlozi za integralnu koncepciju modela općenito polaze od saznanja da se izjave o *nečemu* (o "stvarnome") uvijek odnose na *određenu svrhu*, prikazuju stvrnost sa *različitih aspekata*, potječu *od nekoga*, usmjerene su *nekome*, i dio su *specifičnog konteksta*. [9],[10]. Takva opća koncepcija omogućuje sistematizaciju i razmatranje bilo koje vrste ljudskog izraza. Modeli se koriste za spremanje, procesiranje i razmjenu znanja, a optimalno upravljanje modelima odlučujuće je za uspješnost intelektualnog inženjerskog rada. Problematika modeliranja informacijskih sustava u domeni projektiranja se već duže vremena razmatra na pr. u građevinarstvu [6], a objavljeni su i pregledi i komparativne analize konceptualnih modela ("core models") procesiranja informacija konstruiranja u području arhitekture i građevinarstva, dok je u brodogradnji ovo područje tek predmet pojačanog interesa. Informacijski model je formalni opis ideja, činjenica i procesa koji zajedno čine model dijela stvarnog svijeta, i osiguravaju eksplicitni skup interpretacijskih pravila. U idealnom slučaju informacijski model bi trebao osigurati potpunu, točnu i jednoznačnu sliku pojave koja se modelira [11],[12]. Općenito se struktura informacijskih modela oslanja na ANSI/SPARC arhitekturu i može se razmatrati na tri razine, Sl. 2:

- Konceptualna ili logička razina (model) je prikaz svih informacija baze podataka, koja omogućava upravljanje modelom podataka i u slučaju promjena u namjenama, neovisnost modela o fizičkoj organizaciji, stabilnost modela, točnost i podršku za različite primjene.
- Vanjska razina ili korisnički pogled je korisniku prilagođen prikaz modela određenoj namjeni, koji rezultira logičkim ili implementacijskim modelom koji se sastoji od struktura i operacija a prikazuju se relacijskim, mrežnim i objektno orijentiranim sustavima.
- Unutarnja ili fizička razina je fizički zapis baze podataka, koja uključuje organizaciju podataka na odgovarajućem mediju i upravljanje memorijom.

SLIKA 2

Informacijsko modeliranje je zahtjevna zadaća za opis područja promatranja (domene) od same zamisli, projekta, konstrukcije, izrade, održavanja, sve do kraja vijeka korištenja, pri čemu se u opisu koriste elementi i veze među njima, da bi se korisniku pružila jednoznačna predodžba promatranog zadatka, preslikavanjem problema u prikaz pogodan za osnivanje baza podataka i razne korisnicima prilagođene namijene. Informacijski modeli se razvijaju ili za neku specifične svrhu ili za općenite namijene, pri čemu se radi i o uspješnim pokušajima ali i o pogreškama u neprestanom zadovoljavanju narinutih ograničenja, po mogućnosti se pri tome dinamički prilagođavati promjenama i proširenjima zahtjeva. Objektno orijentirani informacijski modeli se zasnivaju na podacima apstraktnog tipa, kojima se određuju njihova svojstva i ponašanja.

Izvan uobičajenih postupaka u geometrijskom modeliranju sa CAD/CAM sustavima, mogu se uočiti dalekosežni razvojni poticaji:

- Modeliranja složenijih sklopova proizvoda sa modelima jednostavnijih dijelova, omogućavaju podjelu posla po sadržaju i po mjestima i strukturiranje rada na sklopovima.
- Parametarsko modeliranje omogućuje ostvarenje sličnih proizvoda ponovnim korištenjem postojećih modela.
- Sposobnost razvijanja istovremeno više varijanti i oblika istog proizvoda u serijama ili pojedinačne prilagodbe za posebne naručitelje.
- Sposobnost modeliranja preko svojstava (features) sa značenjima prilagođenim korisnicima, umjesto u primitivnim geometrijskim kategorijama.
- Sposobnost prenošenja složenih izvornih podataka u formate prikladne strojevima za izradu fizičkih modela prototipova.
- Integriranje više različitih CAx (Computer Aided) namjenskih alata kao prilagodljivih dijelova u zajedničku jezgru CAD sustava za modeliranje sa zajedničkim izbornicima i operacijama, gdje 'x' označava određenu namjenu, na pr x=D za Design, x=M za manufacturing, x=E za Engineering, x=PP za Process Planing, x=I za Instruction, itd.

Entity-Relationship informacijski pristup modeliranju omogućuje višestruke apstrakcije spajajući svojstva mrežnih i relacijskih modela, pri čemu je entitet jednostavno "nešto" čemu pripadaju određena svojstva i što se može smatrati nositeljem informacija, a relacija je veza između više objekata bez vlastitog postojanja. Atributima se potom posebno određuju svojstva entiteta, preslikavajući sam entitet u skup vrijednosti. Osim toga, razvijeni su i neki drugi modeli [11]: IDEF1X na osnovi relacijske teorije, entity-relationship model sa proširenjima u području grafike i semantike, NIAM na osnovi binarnih relacija korištenjem konceptualne gramatike i EDM na osnovi skupova i predikatske logike korištenjem grafičkih i tekstualnih prikaza. Informacijski alat za modeliranje i specificiranje informacijskih zahtjeva koji se prvotno nametnuo kao osnova za međunarodne norme je jezik za informacijsko modeliranje EXPRESS, pogodan i za opis struktura podataka i za opis ograničenja. Međutim, na osnovi novih iskustava i razvoja u zadnje vrijeme se vrlo ozbiljno razmatraju i UML i XML jezici kao takmaci EXPRESS-u. Primjena baza podataka kao sustava za praćenje proizvodnje (financijsko, organizacijsko i logističko) svakako ima veliki upliv i na modeliranje računalne podrške konstruiranju. Kao informacijske sustave možemo promatrati i tzv. "EDM" sustave (Engineering Data Management). EDM sustavi zapravo su jedna komponenta računalne podrške procesu konstruiranja, koju treba sučeljima povezati sa modelom procesa konstruiranja [13].

Odluke koje konstruktor donosi tijekom procesa konstruiranja i uporabljena konstrukcijska rješenja ovise o kvaliteti znanja dostupnog konstruktoru. Prilikom donošenja odluka od vitalne je važnosti da su konstruktoru informacije (znanje) dostupne: u pravo vrijeme, u potrebnoj količini i u ispravnom obliku. Zbog toga je u konstruiranju oslonjenom na informacijskom modeliranju neophodno uvesti formalno prikazivanje i integraciju znanja uporabljenog i generiranog tijekom procesa [14].

Model virtualne integrirane inženjerske okoline IEE predmijeva dva podsustava: upravljanje znanjima i upravljanje podacima; arhitektura IEE sustava je oslonjen na STEP modele i XML paradigmu koji zajedno mogu ostvariti uvjete za istodobno inženjerstvo koje osigurava razmjenu znanja i tehničke dokumentacije u mrežnom okruženju [55]. Razvoj informacijskih sustava s pripadajućim aplikacijama prvenstveno je vezan uz netehničku problematiku, dok primjena ovakvih tehnologija u inženjerstvu zahtijeva, zbog drugačije prirode informacija s kojima se operira, u mnogočemu drugačiji pristup. Stoga će se razmotriti značajke inženjerskih podataka, da bi se naznačili mogući problemi informacijskog modeliranja procesa konstruiranja.

2.1. PRIRODA INŽENERSKIH PODATAKA

Uz potencijalno veliku količinu, podatke u inženjerskim aplikacijama karakterizira raznorodnost i vrlo složena povezanost između struktura.

Podaci u inženjerstvu mogu se opisati na slijedeći način [15]:

- **Struktura inženjerskih podataka je neuniformna i nepredvidiva.** Instance jedne konceptualne strukture mogu varirati u veličini, a skup podataka koji prikazuje cijeli proizvod može sadržavati veliki broj različitih struktura podataka, s relativno malim brojem instanci svake strukture.
- **Mnogi od koncepata zahtijevaju prikaz koji je mreža struktura i odnosa.** Npr. za prikaz žičanog modela potrebne su geometrijske informacije koje određuju točke/vrhove modela. Topološke informacije određuju bridove koje povezuju točke. Za vizualizaciju žičanog modela potrebne su i geometrijske i topološke informacije.
- **Veze među strukturama su mnogobrojne, a iste strukture mogu imati različite uloge.** Npr. strojni dio je u jednom slučaju proizvod, a u drugom komponenta u sklopu složenijeg proizvoda.
- **Značajan udio podataka ovisi o postojanju drugih podataka.**
- **Cjelovitost skupa podataka relativna je u odnosu na stadij životnog vijeka proizvoda.**
- **Razina točnosti numeričkih podataka varira ovisno o značenju podataka i aplikaciji koja ih koristi.** Npr., aplikacija koja provjera mogu li se komponente složiti u sklop zahtjeva bitno veću točnost od aplikacije koja se koristi pri pakiranju.
- **Postoje složena pravila za instanciranje podataka.** Npr., ako je proizvod definiran kao sklop, mora imati više od jedne komponente, a svaka od komponenti mora imati barem jedan uvjet spajanja koji odgovara uvjetu spajanja druge komponente.
- **Nužno je osigurati cjelovitost podataka odgovarajućim algoritmima.** Npr., ako se obriše jedna od komponenti sklopa, struktura sklopa se mora prilagoditi.

Jedna koncepcija prikaza može se na detaljiziranoj razini prikazati na više načina. U području strojarstva i brodogradnje geometrijski se model općenito sastoji od crta, površina i tijela, na primjer kao žičani model, rasterska slika ili solid model. Iskustva o korištenju boja su napose dobrodošla pri optimizaciji sintaktičke, pragmatičke i semantičke dimenzije industrijskog proizvoda [1], odnosno pri rješavanju njegove komunikacijske i simboličke funkcije, ali su nadasve korisna i za podizanje razine kvalitete komunikacije preko geometrijskog modela. Tehnička dokumentacija, koja je, još uvijek, najrašireniji oblik geometrijskog prikaza proizvoda, nije pogodna kao osnova za razmjenu informacija i znanja o proizvodu između CAD programskih aplikacija. Razlog je i što većina CAD programskih aplikacija ne posjeduje mogućnosti vezivanja kompleksnijih oblika znanja za prikaz proizvoda niti mogućnost praćenja nastanka proizvoda (praćenje konstrukcijskih odluka, razlozi, objašnjenja, itd.).

2.2. UPRAVLJANJE I UPORABA ZNANJA TIJEKOM KONSTRUIRANJA BRODA

Jedan od ciljeva sustava za pomoć konstruktoru u procesu konstruiranja je i formalno prikazivanje i integracija znanja uporabljenog i generiranog tijekom procesa konstruiranja [14]. Glavna razlika između sustava za pomoć u procesu konstruiranja temeljenih na geometrijskom prikazu i sustava temeljenih na uporabi znanja je u načinu realizacije pomoći. Sustavi za pomoć procesu konstruiranja temeljeni na geometrijskom prikazu omogućuju samo pasivnu potporu konstrukcijskom procesu, dok sustavi temeljeni na znanju, uz uporabu metoda umjetne inteligencije, aktivno podupiru proces konstruiranja. Aktivna potpora se očituje u činjenici da se metode umjetne inteligencije mogu ugraditi u sve faze procesa konstruiranja čime se omogućuju nadzor i pružanje pomoći (uporaba znanja) u većini konstruktorovih akcija.

Proširenje mogućnosti trenutno dostupnih CAD sustava u svrhu pomoći inženjeru konstruktoru u procesu konstruiranja proizvoda je značajan odmak u smjeru kreiranja kvalitetnijih i razumijevanja nastanka postojećih konstrukcijskih rješenja te unapređenja komunikacije između konstruktora. Navedene potrebe su posebno izražene u procesu konstruiranja broda gdje veliki broj inženjera iz različitih područja međusobno razmjenjuju informaciji o konstrukciji uz uporabu mnoštva različitih programskih alata i aplikacija [16],[17],[18]. Zbog bjelodane složenosti integracije znanja u brodogradnji se na ovom području ne očekuje prebrzi napredak u bliskoj budućnosti.

Tijekom procesa konstruiranja konstruktor koristi znanja iz različitih područja vezanih za životni ciklus proizvoda. Utjecaj znanja iz drugih područja vezanih za životni ciklus proizvoda, kao na primjer vizualni identitet, može biti zanemariv, ali isto tako može utjecati na ključne odluke u procesu konstruiranja i na smjer konstruiranja proizvoda (npr. utjecaj na okolinu). Konstrukcijsko znanje se može promatrati iz različitih područja ili faza vezanih za životni vijek proizvoda. Ovisno o fazi izrade proizvoda znanje o proizvodu pa tako i konstrukcijsko znanje može se strukturirati na različite načine.

Jedan pristup rješenju problema upravljanja i uporabe znanja tijekom procesa konstruiranja broda je proširenje CAD modela dodatnim informacijama relevantnim za konstrukciju i proces konstruiranja. Prošireni CAD model sastoji se od geometrijskog Feature Based Design (FBD) modela i konstrukcijskog znanja spregnutog pravilima zaključivanja. Geometrijski FBD model se kreira uporabom neovisnih ali povezanih geometrijskih objekata. Znanje se kreira pomoću entiteta znanja. Entiteti znanja su osnovni gradbeni elementi znanja, a opisani su atributima.

2.3. POTREBE ZA NORMIZACIJOM

Prvi prijedlozi za normizaciju u području razmjene jednostavnih geometrijskih podataka potječu iz 1970. godine. Kompleksniji tipovi geometrijskih podataka su postavili i pitanje integracije različitih sustava. Važan je napredak ostvaren početkom 80-tih pojavom IGES-a (*eng. Initial Graphics Exchange Specification*) kao univerzalnog translatora za prijenos geometrijskih informacija između različitih CAD paketa pomoću datoteke [19]. Slijede pokušaji normizacije kao SET (*franc. Standard D'Exchange et de Transfer*) 1983. u Francuskoj, te VDA_FS (*njem. Verband der Automobilindustrie-Flachen-Schnittstelle*) u Njemačkoj. Neki su standardi koji se primjenjuju u hrvatskoj brodogradnji dostupni su i preko Interneta, na primjer [56].

Dijeljenja i razdiobe istih podataka o nekom brodu za razne svrhe od strane većeg broja korisnika, pače i za nekoliko verzija istog broda istovremeno u razvoju, korištenjem različitih alata na više vrsta računala, zahtijevaju dugotrajne prilagodbe i predstavljaju stalne moguće izvore grešaka kod neizbježnih međudjelovanja više sudionika u projektiranju, gradnji, korištenju i održavanju. Poteškoće kojima su izloženi brojni sudionici različitih zahtjeva, potreba i iskustava u projektiranju, gradnji, održavanju i korištenju brodova, mogu se svladati samo vrlo učinkovitim postupcima objedinjavanja, dijeljenja i razmjene informacija, koje s jedne strane trebaju pogodovati raznim računarskim sustavima, a s druge strane, trebaju biti podobni i za sudionike koji se koriste tim informacijama.

Različitost i složenost potreba i djelovanja raznih sustava u odnosu na brodove, redovito premašuje mogućnosti bilo kojeg pojedinačnog računarskog sustava ili pomagala na računalima, označenih općenito kao CAx, koji se obično odnose samo na neke posebne aktivnosti, koristeći vlastito znakovlje, nazivlje i prikaze. Ne može se smetnuti sa uma ni neprestana potreba za trajnim, dugotrajnim i sigurnim pohranjivanjem informacija i podataka i nakon što je brod ušao u službu, čak i na rokove duže od samog ukupnog životnog vijeka broda, koji put i do 30, 40, pa i više godina. Navedeni problemi oko proizvodnih modela brodova iziskuju primjenu nepristranih i jednoznačnih postupaka za opis broda kroz cijeli životni vijek, neovisno o nekim posebnim sustavima na brodu i oko njega.

Primijenjeni postupci moraju pogodovati ne samo za svestranu razmjenu podataka već i za korištenje baza podataka proizvoda i njihovu trajnu raspoloživost. Sve su te teškoće u rukovanju podacima i informacijama prepoznate već i ranije, te postavljene u središte interesa međunarodnih normi ISO 10303: "Industrial Automation Systems – Product data representation and exchange", predviđenih za prikaze, interpretacije i razmjene proizvodnih podataka primjenom računala, i to kroz cijeli vijek proizvoda. Drugo ime za ove norme je Standard for Exchange of Product model data (STEP). Područja normi se razvijaju i objavljuju posebno, a opisani su u ISO 10303-1 [20],[21],[22].

Sama STEP norma se bavi slijedećim područjima:

- Postupci opisivanja (description method)
- Zajednička sredstva (integrated resources)
- Namjenski prepoznatljivi konstrukti (application interpreted constructs)
- Namjenski protokoli (applicaton protocols)

- Sredstva provjeravanja (abstract test suits)
- Postupci uvođenja (implementation methods)
- Provjere podobnosti (conformance testing)

STEP je po općem cilju međunarodna norma iz više dijelova za prikaze i razmjene proizvodnih podataka, koji se razvija prema potrebama korisnika i prema tome je usmjeren na rezultate u upotrebi, a ne prema tehnologijama, što bi bio slučaj da njegov razvoj promiču razvojne ustanove. Mogućnost proširenja na različita područja primjene u industriji na cijeli vijek proizvoda od projekta, preko proizvodnje do korištenja, te otvorenost za daljnji razvoj su najvažnija svojstva STEP-a ostvarena na osnovi primjene jezika za informacijsko modeliranje i podjele na razne namjenske protokole. Premda budući razvoj može donijeti i neke druge postupke opisivanja, za sada je glavni oslonac za informacijsko modeliranje i namjenske protokole EXPRESS jezik za modeliranje.

Svaki se sustav opisuje sa jednim ili sa više namjenskih protokola (Application Protocol - AP). Aplikacijski protokoli se odnose na cijeli životni vijek broda i dijelove broda koji zajedno određuju proizvodni model broda (Ship Product Model). Namjenski protokoli se općenito sastoje od tri glavna dijela:

- namjenski model aktivnosti (Application Activity Model - AAM) za opis i podjelu aktivnosti, ulaznih i izlaznih objekata, za provjere i promjene
- namjenski model podataka (Application Reference Model - ARM) za opis podataka o objektima, njihovoj strukturi i atributima
- namjenski model prikaza (Application Interpreted Model - AIM) za preslikavanje zahtjeva na tipove objekata razumljivih raznim CAD sustavima

Relacije među podacima koji opisuju dijelove brodske konstrukcije su u većini slučajeva kompleksne tako da nedostatak razinskog pristupa postavlja dodatne probleme pri interpretaciji zapisa u bazi. Rješenje opisanih problema može se naći u uporabi STEP modela kao osnove za kreiranje strukture zapisa podataka o procesima i konstrukcijskom znanju o proizvodu [23],[24], no na tom je putu velika prepreka složenost brodogradnje.

Valja imati na umu i da stroge norme u informatičkim tehnologijama i zaštiti kvalitete, dodatno selekcioniraju i štite središta razvoja u tržišnom nadmetanju od takmaca koji se nižom cijenom i kakvoćom žele uključiti u podjelu rada.

2.4. OBJEKTNO ORIJENTIRANI PRISTUP MODELIRANJU I PROGRAMIRANJU

Temeljna je ideja objektno orijentiranog programiranja modelirati aplikaciju kao skup objekata koji komuniciraju da bi postigli zajednički cilj. Pri tome se objektno orijentirano programiranje ne bavi programiranjem u smislu razvoja algoritama i struktura podataka, nego skupom sredstava za organiziranje programa, odnosno općenitije kao tehnike za koncipiranje programa [13]. Osnovna sredstva strukturiranja programa su objekti. Objekti modeliraju entitete iz stvarnog svijeta, mogu obuhvaćati apstrakcije kompleksnih fenomena ili mogu reprezentirati elemente programskog sustava (npr. stogove ili upravljanje grafičkim prikazom). Operacijski gledano, objekti kontroliraju računalni proces. Iz perspektive razvoja programa, najvažnija karakteristika objekata nije njihovo ponašanje kao takvo, nego činjenica da se ponašanje objekta može opisati apstraktnom karakterizacijom njegova sučelja. Takva apstraktna karakterizacija dovoljna je za početno koncipiranje sustava. Stvarno ponašanje objekta može se implementirati i doraditi kasnije, prema potrebama. Važan doprinos objektno orijentacije programerskoj praksi je upotreba nasljeđivanja pri određivanju relacija između objekata, odnosno klasa objekata. Nasljeđivanje omogućuje inkrementalno dodavanje funkcionalnosti (specifikaciji). Na taj način osigurano je bolje konceptualno modeliranje - mogu se izvući zajednički dijelovi specifikacije i omogućena je ponovna upotrebljivost specifikacije. Ako se (disciplinirano) primjenjuje na odgovarajući način, nasljeđivanje omogućuje postupan razvoj specifikacije tipa klase objekata. Različiti objekti različitih tipova mogu se promatrati kao elementi zajedničkog "super" tipa.

Objektna orijentacija promatra računalni program kao skup objekata, gdje svaki objekt modelira entitet ili događaj iz aplikacijskog problema (domene). Svi objekti djeluju zajedno da bi postigli cilj zadatka postavljenog cjelokupnom sustavu. Središnji programski (softverski) koncept je "objekt". Objekt obuhvaća identitet, strukturu i ponašanje aplikacijskih entiteta koje reprezentira (modelira, prikazuje). Objektno orijentirani program opisuje objekte koji se pojavljuju u aplikaciji - to čini sa *klasama* čije instance su objekti. Dakle "objekt" je programski (softverski) koncept koji modelira aplikacijski entitet. "Klasa" je programski (softverski) koncept koji opisuje skup objekata. Objekti se mogu usporediti sa varijablama u tradicionalnim programskim jezicima. Postoji značajna razlika između objekta i varijable. Varijabla obuhvaća samo "podatkovni" (informacijski) aspekt objekta (vrijednost), ali ne i ponašanje.

U objektno orijentiranom pristupu naglasak je na modeliranju stvarnosti u domeni problema umjesto stvaranja arhitekture modela sustava koja vodi k implementaciji.

Objektna tehnologija razvoja sustava koristi isti model kroz cijeli proces razvoja sustava:

- započeti sa objektno orijentiranom analizom
- konvertirati rezultate analize u objektno koncepte
- napisati objektno orijentirane programe

Najveća je prednost objektno tehnologije je u konzistentnosti modela tijekom cijelog procesa razvoja programskog sustava. Što je sustav kompleksniji i veći, ta prednost više dolazi do izražaja.

Budući da korisnik, konstruktor u posjedu konstrukcijskog znanja, na proizvod ili komponente proizvoda gleda kao na cjeline koje posjeduju identitet, ponašanje i stanje, sa strane koncipiranja sustava, nameće se objektni pristup.

Uporaba objekata ne podrazumijeva direktno potpunu implementaciju paradigme objektnog pristupa. Objektno orijentirani pristup modeliranju konstrukcijskog znanja omogućuje prirodnu dekompoziciju i kreiranje hijerarhijske strukture znanja. Izgraditi sustav sa objektno orijentiranim pristupom, znači analizirati problem i pronaći objekte uključene u sustav. Opće značajke i ponašanje tih objekata modeliraju se i implementiraju kao klase u objektno orijentiranom programskom jeziku. Koncipiranje objektnog modela procesa konstruiranja može se promatrati kao preslikavanje pojava i pojmova iz domene stvarnog svijeta u entitete u domeni konceptualnog i logičkog svijeta, Sl. 3. Entiteti konceptualnog i logičkog svijeta preslikavaju se u klase u domeni objektnog modela. Jedna od glavnih prednosti objektnog modeliranja je mogućnost poklapanja entiteta i objekata. Cilj objektnog modeliranja je "jedan prema jedan" podudaranje između entiteta u konceptualnom i logičkom svijetu i objekata u računalnom programu.

SLIKA 3

2.5. EXPRESS - jezik

U postupku informacijskog modeliranja EXPRESS jezik iz 1982. godine se oslanja i postavlja zahtjeve na informacijske baze koje odgovaraju informacijskom modelu [22]. Oblikom predstavlja konceptualni, formalni strukturalni jezik za određivanje objekata iz prostora promatranja, informacijskih jedinica i pravila koja se odnose na te objekte, a ne implementacijski jezik kao na primjer C. EXPRESS je orijentiran na entitete određene podacima i ponašanjem, te attribute važne za razumijevanje i korištenje entiteta, ali sadrži i elemente objektnog pristupa, istovremeno razumljiv i korisnicima i računalima. Osnovna pravila jezika onemogućuju konfliktne interpretacije sadržaja. Osnovni elementi jezika su entiteti koji se definiraju putem atributa (obilježja ili značajki). Osnovne logičke cjeline jezika, odnosno glavni objekti koje se mogu deklarirati su SCHEME, koje definiraju skupinu objekata sa zajedničkim značenjem i namjenom, a mogu sadržavati deklaracije konstanti, entiteta, funkcija, procedura, pravila i tipova. Za bolju vizualizaciju je razvijen grafički oblik primjene EXPRESS jezika pod nazivom EXPRESS-G, koji grafičkim simbolima zamjenjuje leksičke izraze u cilju da dijagrami prikaza budu intuitivno razumljivi, sa elementima koji ne postavljaju prevelike zahtjeve na grafičke mogućnosti računala, da prikazi podržavaju sve razine apstrakcije modela i da se automatski mogu generirati izlazi u običnom EXPRESS jeziku. Koriste se definicijski simboli pravokutnog oblika unutar kojih se upisuje ime, relacijski simboli u obliku linija koje povezuju simbole i kompozicijski simboli za referenciranje i povezivanje različitih shema ili objekata unutar shema. EXPRESS, kao dio STEP normi danas je jedan od prevladavajućih jezika modeliranja u području informacijskih sustava za podršku proizvodnji. EXPRESS je dio kompleksnog sustava razvijenog za modeliranje i razmjenu podataka među različitim sustavima. Kako je STEP razvijan prvenstveno kao norma za **razmjenu** podataka o proizvodu, ne sadrži nikakve oblike modela procesa konstruiranja.

2.6. UML - jezik

Model procesa konstruiranja trebao bi moći implementirati razvijene informacijske strukture opisa proizvoda iz STEP normi. Samo je po sebi jasno da informacijske strukture opisa proizvoda trebaju biti jedan od gradbenih elemenata modela procesa konstruiranja, jer su informacije o proizvodu zapravo produkt procesa konstruiranja. Vjerojatno najjednostavniji i najprirodniji način rješavanja tog problema je da se informacijske strukture iz STEP normi tretiraju u modelu procesa konstruiranja kao objekti, odnosno komponente. Uz EXPRESS-jezik se razvija i **UNIFIED MODELING LANGUAGE – UML – jezik** [13], koji je, prema definiciji njegovih autora, jezik za vizualiziranje, specificiranje, konstruiranje i dokumentiranje rezultata procesa razvoja softvera kao i za modeliranje poslovnog sustava. UML također omogućuje pohranu, razmjenu i primjenu znanja u procesima rješavanja problema. UML ne propisuje nikakav određeni pristup rješavanju problema, nego se može prilagoditi svakom pristupu. Autori UML-a jasno razdvajaju jezik za modeliranje od razvojnog procesa. Iako će se UML koristiti u sklopu definiranih procesa, pokazuje se da različite organizacije, različiti tipovi projekata i različite problemske domene, traže i različite odgovarajuće razvojne procese. Primjerice, razvojni proces prikladan za tvrtku koja proizvodi programe za obradu teksta za široko tržište ne može biti istovjetan razvojnom procesu za poznatog naručitelja, recimo, u zrakoplovnoj industriji. Međutim, jezik za objektno modeliranje može biti jedinstven.

Treba naglasiti i da UML nije samo notacija (način crtanja pojedinih dijagrama). To je skup koncepata u objektnom modeliranju. Kao i svaki jezik, UML ima definiranu sintaksu (ovdje je to grafička notacija i niz pravila vezanih uz dijagrame) i semantiku. Razvoj semantike jezika iziskivao je najviše napora, posebno u usklađivanju postojećih i uvođenju novih koncepata. Trebalo je definirati jezik koji je dovoljno bogat, a istodobno potpuno precizan.

Semantika UML-a opisana je i metamodelom u samome UML-u. UML je pogodan za modeliranje širokog spektra programskih sustava, npr. velikih poslovnih informacijskih sustava, distribuiranih Web aplikacija, pa i vrlo kompleksnih sustava realnog vremena. EXPRESS je shema konceptualnog jezika, razvijen kao dio PDES/STEP projekta. Njime se specificiraju informacijski zahtjevi gotovo svih dijelova normi. Služi određivanju objekata koji pripadaju prostoru promatranja, informacijskih jedinica i pravila koja se odnose na te objekte.

EXPRESS je u osnovi "Entity-Relationship" orijentiran, no uključuje i neke elemente objektnih modela. Model entiteti-veze i relacijski model podataka uspješno se primjenjuju u poslovnim informacijskim sustavima u kojima su podaci razmjerno jednostavnijih tipova. U aplikacijama kao što je konstruiranje podržano računalom javlja se

potreba za (semantički) "bogatijim" tipovima podataka kojih u spomenutim modelima nema. Za razliku od objekata entiteti nemaju opis ponašanja u samom modelu entiteti-veze. Dakle objekt općenito odgovara pojavi entiteta modela entiteti-veze, osim što dodatno sadrži i opis svog ponašanja. Klasa odgovara tipu entiteta, osim što sadrži i opis ponašanja objekata klase.

I UML i EXPRESS su samo deklarativni, ali ne i izvršni jezici, pa se prema tome mogu koristiti samo za modeliranje. Izvršni kod se može dobiti generatorima koda, međutim UML sadrži gotovo sve potrebne specifikacije za izvršni kod već u samom modelu. Pored toga struktura UML-a odgovara jezicima u koje se prevodi, dok struktura EXPRESS-a nema puno zajedničkog s npr. C programskim jezikom. Dakle pri transformaciji EXPRESS-a dolazi do semantičke razlike i dobiveni programski kod je teško povezati sa izvornim modelom. UML je semantički daleko bogatiji jezik od EXPRESS-a. EXPRESS-G je grafička varijanta jezika i sadrži dijagrame, ali samo strukturalne, a ne i interakcijske i dinamičke. UML je semantički bogatiji i od bilo kojeg postojećeg objektno orijentiranog jezika, i svakako je pogodniji i kompletniji jezik za modeliranje računalnog sustava podrške procesu konstruiranja. Osnovna razlika ova dva jezika očituje se u metodologijama. Kompleksnost procesa konstruiranja zahtijeva semantički bogatiji jezik i prednosti objektivne metodologije. Međutim prednosti razvijenih normi modeliranja informacija o proizvodu treba svakako iskoristiti u gradnji modela procesa konstruiranja. To znači da se modeli informacijskih struktura razvijeni u EXPRESS-u trebaju implementirati u strukturu objektnog modela procesa konstruiranja. Moguće je i potrebno kombinirati modeliranje pomoću oba jezika, s time da se strukture modelirane EXPRESS-om koriste kao podsustavi, odnosno parcijalni modeli (komponente ili podpaketi).

2.7. XML- jezik

Naglim razvojem Interneta, međunarodni konzorcij za normizaciju W3C (*eng. World Wide Web Consortium*, <http://www.w3.org>), je započeo proces razvoja proširenog jezika za definiranje sadržaja dokumenta koji bi kombinirao fleksibilnost i snagu SGML-a sa sve raširenijom prihvaćenošću HTML-a. Tako je nastao novi jezik, XML (*eXtensible Markup Language*) kao podskup SGML-a [25]. Korištenje SGML kao početne točke, omogućilo je razvojnim timovima jednostavnije prihvaćanje i prilagodbu na novopredložene norme. Namjera u razvoju XML-a je bila pojednostavljenje SGML-a u području čitanja i zapisivanja strukturnih dijelova dokumenta korištenjem jednostavnih i lako dostupnih alata, ali isto tako i jednostavno programsko procesiranje dokumenta i razmjena podataka, što je proširilo mogućnosti HTML-a. U dodatku ovome se mora naglasiti da se XML oslanja na postojeće Internet protokole i programske aplikacije za lako procesiranje i prijenos podataka tim medijem. Bitno je također naglasiti da kao podskup SGML-a, XML omogućava i povratnu kompatibilnost sa sustavima koji koriste taj jezik, tako da podaci definirani u XML-u mogu biti korišteni i u takvim sustavima, štedeći na taj način novac i resurse potrebne za konverziju. Glavna prednost XML-a je u mogućnosti formalnog opisivanja sintakse strukture podataka koju definiramo i razmjenjujemo s drugim korisnicima. XML 1.0 specifikacija je postala službenom preporukom W3 konzorcija 1998. godine i od tada mehanizmi za opis podataka implementirani u XML omogućuju novi način dijeljenja informacija putem Interneta. Najveći doprinos tome je svojstvo javnih normi koje se neprestano nadograđuju te omogućuju razmjenu podataka između različitih platformi. Jednostavno rečeno XML je danas normirani format za prikaz i prijenos tekstualnih podataka koji se često opisuju i kao "ASCII za web". XML predstavlja specifikaciju za označavanje i definiranje pojedinih dijelova sadržaja dokumenta pomoću tzv. tagova (*eng. tags*) [26]. Tagovi definiraju kontekst sadržaja kojeg omeđuju korištenjem XML sintakse, omogućujući na taj način definiranje kompleksnih podatkovnih struktura. Osnovne prednosti XML-a mogu se definirati ovako:

- XML funkcionira kao format za razmjenu strukturiranih podataka.
- XML je fleksibilan te je jednostavno i brzo moguće dodati i maknuti elemente u strukturu dokumenta.
- XML dokument predstavlja hijerarhijsku strukturu podataka na način s kojim su računalni korisnici dobro upoznati iz osnovnog koncepta manipuliranja računalnim podacima kroz direktorije i datoteke.
- XML je jezik transformacije: moguće je filtrirati podatke koje sadrži XML dokument, promijeniti ih u drugi format ili ih poredati korištenjem različitih kriterija.
- XML je međunarodna norma, što znači da se može koristiti kao medij komunikacije između raznih operacijski sustava odnosno računalnih platformi.
- XML podržava osnovne postavke objektno-orijentiranog programiranja.

Osnovni nedostaci XML tehnologije su:

- XML nije namijenjen upotrebi kao baza podataka s velikim kapacitetom. Nije iskoristiv za pretraživanje i korištenje više tisuća zapisa (od jednom).
- XML je ipak kompleksniji od HTML-a, što znači da je i njegovo korištenje kompliciranije.
- XML nije proceduralni jezik.
- XML je još u fazi razvoja, te kao i sa svim tehnologijama koje se razvijaju, postoji određeni rizik.

STEP je u osnovi koncentriran na razmjenu podataka o proizvodu, te je njegov razvoj potaknut prije svega potrebom za razmjenu CAD modela između različitih CAD sustava. Prednosti razmjene podataka koja se osniva na postavkama XML-a znače veliki korak k normizaciji načina razmjene svih informacija o proizvodu definiranih pojedinim dijelovima STEP normi, kroz medij XML-a [27], [28], [29]. Takva normizacija doprinosi osnovnom cilju, a to je kao što je već naglašeno integracija svih podataka o proizvodu, Sl. 4.

SLIKA 4

Potpuna harmonizacija STEP i XML normi [30] bi trebala potvrditi novo značenje informacijskih objekata u kojem je struktura dokumenta slična ili istovjetna strukturi proizvoda, sa naglaskom na korištenje svih prednosti nove infrastrukture za njihovu razmjenu koju sa sobom nosi XML [31], i ostvariti slijedećih prednosti:

- potpuna integracija dokumentacije o proizvodu u sustave za upravljanje podacima o proizvodu, npr. kreiranje konfigurabilne dokumentacije ovisno o specifičnoj konfiguraciji proizvoda,
- kreiranje repozitorija strukturiranih informacija svih vrsta, koji će biti lako dostupni za korištenje preko web preglednika. Informacije koje će postati dostupne na ovaj način, mogu uključiti korporacijske podatke, kreiranje fizički razmještenih dokumenta i podataka, te na taj način olakšati održavanje s jednog mjesta.
- informacijski tok, tehnički i administrativni, će postati lakši za opisivanje, jednako kao i proces upravljanja svim podacima o proizvodu i njihovim relacijama.

Važan korak k tome je napravljen definiranjem dijela STEP normi sa oznakom ISO 10303-28: "Product data representation and exchange: Implementation methods: XML representation of EXPRESS-driven data" [32] kojim se definiraju preporuke za pretvaranje strukture podatka o proizvodu definirane STEP-om u definiciju elemenata strukture XML dokumenata [33].

2.8. OBJEKTNE BAZE PODATAKA

Određeni dijelovi strukture STEP-a (aplikacijskih protokola i integriranih generičkih resursa mogu poslužiti i kao polazišta i uzorci za definiranje i koncipiranje gradbenih elemenata modela procesa konstruiranja [13]. Realno je pretpostaviti da će neke od klasa objektnog modela procesa konstruiranja imati veliki broj instanci, odnosno objekata. Vjerojatno je također da će u tijeku izvođenja računalne podrške procesu konstruiranja prevladavati situacije u kojima većina tih objekata neće biti aktivna, odnosno neće biti potrebe da budu stalno u memoriji. To pogotovo vrijedi za objekte koji nemaju nit kontrole ("thread") u aplikaciji. Većina takvih pasivnih objekata mogla bi se ponovno iskoristiti i u slijedećim varijantama konstrukcije, odnosno novim zadacima. Permanentno spremanje objekata, odnosno korištenje objektnih baza stoga se nameće kao osnovna programska platforma implementacije objektnog modela procesa konstruiranja. Objektna baza podataka kombinira semantiku objektno orijentiranog programskog jezika i mehanizme upravljanja i pretraživanja podataka konvencionalnih sustava baza podataka. Ako je objektna baza integrirana sa objektnim programskim jezikom, tada treba podržavati semantiku tog jezika - relacije postavljene u programu trebaju automatski biti prikazane u bazi kada se objekti spremaju. Objekti kojima se pristupa u transakcijama kopiraju se ili brišu iz memorijskog prostora aplikacije koja vrši transakciju. Te operacije nazivaju se aktiviranje i deaktiviranje objekata [34]. Slika 5. prikazuje proces aktiviranja i deaktiviranja objekta u tijeku njegova životnog ciklusa. Prva aplikacija kreira novi stalni (perzistentni) objekt. Kada aplikacija predaje nit kontrole, objekt se deaktivira i sprema u bazu. Druga aplikacija učitava objekt, odnosno aktivira ga u memoriji. Na kraju transakcije objekt se opet deaktivira i zapisuje u bazu ako je bio modificiran. Treća aplikacija pristupa objektu, aktivira ga i briše. Pri tome se objekt ne deaktivira, niti zapisuje, nego se uklanja iz baze.

SLIKA 5

3. PROIZVODNI MODEL BRODA

Problem primarne zaokupljenosti brodogradilišta tekućim zadaćama realizacije postojećih ugovora, te nepostojanje metodologije koja bi ukazala na mogućnosti bržeg preustroja aktivnosti brodogradilišta iz primarno proizvođačke u upravljačku domenu karakterističnu za razvijeniji tip brodogradilišta, prepoznati su od strane komisije EU kao glavne prepreke jačanju konkurentne sposobnosti europske brodogradnje u bliskoj budućnosti [35]. S ciljem rješavanja tog problema, komisija EU je u posljednje dvije godine u okviru svojih istraživačkih programa odobrila nekoliko projekata koji imaju za cilj unapređenje procesa projektiranja i gradnje brodova putem povećane primjene digitalnih tehnologija. Među njima se posebno ističu projekti VRSHIP-ROPAX 2000 [36], i FANTASTIC [37]. Navedeni problem prepoznat je i u domaćim znanstvenim krugovima [38], a zapaženo mjesto mu je dano i u Strategiji razvitka brodogradnje u RH [39]. Izvođenje složenih virtualnih digitalnih simulacija funkcije i gradnje proizvoda u trgovačkoj i komercijalnoj brodogradnji se danas ne primjenjuje izuzev u akademske svrhe i eksperimentalno za potrebe američke ratne mornarice [40], [41], [42], [43], [44]. U komercijalnoj brodogradnji, pojednostavljeni digitalni modeli brodova se često koriste za analizu pojedinih specifičnih problema poput npr. otpora broda ili čvrstoće brodske konstrukcije, te za praćenje stanja brodske trupa kroz dugogodišnju službu. Proizvodni se modeli posve općenito definiraju kao kombinacije geometrijskih modela i ne-grafičkih atributa. Spajanjem geometrijskih prikaza, atributa i programske podrške mogu se definirati virtualni prototipovi. Još općenitije, skupovi geometrijskih prikaza mogu tvoriti grupe kojima se pridjeljuju skupovi atributa, koje međusobno povezuje programska podrška. Na taj se način proizvodni modeli koriste kao korisnička grafička sučelja prema ne-grafičkim atributima, ili se pak, na osnovi skupa atributa može doći do pripadajućeg grafičkog prikaza [11]. Konačni je cilj pripreme proizvodnih modela prikupiti sve važne informacije za projektiranje i proizvodnju, kao što su nominalna geometrija za opće analize podobnosti, detaljna geometrija, na primjer za pokretanje NC uređaja za obradu i ne-geometrijski podaci vezani na primjer za nabavku materijala i planiranje [12].

Proizvodni model broda (Ship Product Model) je skup objekata i relacija među njima, i služi kao osnova za različite aktivnosti od zamisli, zahtjeva, projektiranja, gradnje, korištenja i održavanja. Osnovna znanja o proizvodnom modelu trebaju biti što je moguće potpunija, dakle sadržavati ne samo geometrijske, materijalne i opće tehničke informacije nego i posebne podatke o sudionicima, povijesne preglede, analize i sinteze rezultata, osnovne pretpostavke i razloge za donošenje odluka i tome slično, a uz to trebaju biti i kompatibilna sa raznim potrebama i korisnicima u svim razdobljima životnog vijeka broda [45]. Objekti predstavljaju sklopove i sastavnice a relacije opisuju arhitekturu proizvoda općenito. U brodogradnji se radi o velikoj složenosti postupaka i malom broju proizvoda, često i o samo jednoj jedinici izvedbi broda. Primjena namjenskih protokola ISO 10303 normi se ostvaruje na osnovi pretpostavke da se proizvodni model broda može podijeliti u više posebnih dijelova određenih namjena.

Dvije su strategije za razmjenu podataka proizvodnog modela broda na raspolaganju:

- Primjena posebnih programa prevodioca, (Translator) za svaki pojedinačni zadatak razmjene informacija, koji obično koristi vlastiti oblik prikaza (native representation), koji međutim zahtijevaju neprestano održavanje i prilagodbu sve novijim verzijama određenih CAD alata, i to najčešće u suradnji sa isporučiocima pojedinih alata. Najgori je mogući ishod u prepisivanju podataka jednog sustava za potrebe drugog.
- Oslanjanje na široko prihvaćeni neopredijeljeni opis (Neutral Description) proizvodnog modela i na prevodiocima za pojedine CAD alate. Ova je strategija povoljna u slučajevima većeg broja sustava kod kojih su greške i netočnosti pri prevođenju u prihvatljivim granicama i kada se radi o podacima od dugoročne važnosti, a ostvarenje je moguće predobradom (Pre-processing) i naknadnom obradom (Post-processing) pojedinih dijelova informacijskog modela. Klasifikacijska društva u brodogradnji podržavaju proizvodni model broda za podršku konstruiranju, proizvodnji i održavanju brodova, na primjer ShipRight Lloyd's Registera [46] ili Nauticus on board dodatna klasa DNV-a [47]. U uhrvatskoj se brodogradnji također podržavaju proizvodni model broda [48] preko sustava TRIDENT [49].

3.1. ZAJEDNIČKI MODEL BRODA

Informacijska podloga modela broda bi trebala biti neovisna o aktualnoj programskoj podršci i računarskim platformama, a informacije bi trebale biti ne samo raspoložive nego i stvarno dobavljive u svako vrijeme i na svim mjestima gdje su potrebne. Primjenom neopredijeljenog opisa proizvodnog modela broda u okvirima normi, ostvaruju se mogućnosti sveobuhvatnih neopredijeljenih modela podataka za razne primjene, gdje je značajna prednost diobe inženjerskih baza podataka (sharing) nad uobičajenom razmjenom (exchange) podataka [50].

SLIKA 6

Osnova za sve namjenske modele podataka (ARM) za brodograđevne namjenske protokole (AP) je zajednički model broda (Ship Common Model - SCM), Sl. 6, kojemu je cilj zajedništvo i usklađenost podataka. Zajednički model broda ostvaruje se kroz okvir modeliranja (Modelling Framework) za sve namjenske protokole (AP) proizvodnog modela broda, zatim se ostvaruje kroz niz neovisnih i višekratno uporabivih modela domena (Domain Models) potrebnih za više namjenskih protokola, te koristi i niz zajedničkih pomagala (Common Utilities) [51].

3.1.1. OKVIR MODELIRANJA

Koncepti, zamisli, zajedničkog modela broda (SCM), predstavljaju nositelje svojstava objekata ili ideja iz stvarnog svijeta. Okvir modeliranja omogućuje povezivanje koncepata zajedničkog modela broda (SCM), određivanje njihovih svojstava i prikazivanje istih. Proizvodni model se rastavlja na glavne dijelove okvira modeliranja, a to su:

- Stavke (items)
- Određenja (definitions)
- Prikazi (representations)

Glavni dijelovi okvira modeliranja se međusobno povezuju generičkim relacijama.

Stavke odgovaraju pojmu koncepta zajedničkog modela broda (SCM), odnosno odgovaraju pojmu entiteta u smislu jezika EXPRESS. Određenja odgovaraju ulozi nositelja svojstava koncepta zajedničkog modela broda (SCM), odnosno odgovaraju pojmu atributa entiteta u smislu jezika EXPRESS.

Svojstva koncepata se mogu mijenjati u razvojnem putu zajedničkog modela (SCM), zbog čega je korisno i nužno odvajanje koncepata od njihovih svojstava. Odvajanje omogućava postojanje koncepata i sa nepotpunim svojstvima u životnom vijeku, odnosno ulogu koncepta kao nositelja svojstava, ne nužno i sa stvarnim atributima raspoloživim u svako doba, ali sa mogućnošću stalnog dopunjavanja i povezivanja sa ostalim konceptima zajedničkog modela.

Određenja stavki (definitions) se odnose na slijedeća svojstva objekata:

- Značajke (characteristics)
- Funkcionalnost (functionality)
- Životni vijek (life-cycle)

U zajedničkom modelu broda (SCM) se za sada koriste slijedeća određenja:

- Design_definition
- Functional_definition
- General_characteristics

- Lightship_definition
- Loading_condition_definition
- Manufacturing_definition
- Parametric_definition
- Ship_material
- Technical_description
- Tonnage_definition

Sva svojstva zamisli, odnosno određenja stavki, mogu se prikazivati na više načina. Zbog toga je korisno razlikovati opis zamisli od samog opisa. Nositelj eksplicitnog opisa zamisli je prikaz (Representation).

Pridruživanjem se strukture proizvoda opisane u okviru modeliranja povezuju sa združenim resursima STEP norme.

3.1.2. MODELI PODRUČJA PROMATRANJA (DOMENA)

Modeli područja promatranja (domena) predstavljaju predloške različitih mogućih pogleda na brod:

- Dijelovi (parts)
- Svojstva (features)
- Sustavnosna struktura (Product Structure by System)
- Prostorna struktura (Product Structure by Space)
- Sklopovna struktura (Product Structure by Assembly)

Predlošci omogućuju primjene implicitnih načina modeliranja u okvirima namjenskih protokola za organizaciju proizvodnih podataka prema posebnim zahtjevima, a rezultat su usklađenost i povezljivost među raznim namjenskim protokolima.

Dijelovi (Parts) su osnovni tvarni komadi broda, čiji je smisao korištenja u modelima domena u izbjegavanju navođenja svih stavki nekog sustava ili sklopa, a predstavljaju čvorove hijerarhijske strukture.

Dijelovi su nositelji identiteta komada dok se svojstva po dobima životnog vijeka pridružuju preko određenja (Definitions).

Primjeri dijelova su Pipe_parts kao cijevi ili ventili, Structural_parts kao limovi i profili, Mashinery_parts.

Određenja dijelova (Parts) u životnom vijeku se daju sa subtipovima određenja (Definition) za jedan ili više dijelova. Trenutno su u upotrebi

- Functional_definition
- Design_requirements
- Ship_material
- Manufacturing_definition.

Svojstva (Features) u općem smislu, koja se mogu označiti i kao apstraktna svojstva, zadovoljavaju neke zahtjeve:

- Trebaju biti fizička sastavnica dijela
- Trebaju se dati preslikati na generičke oblike
- Trebaju imati značenje sa inženjerskog stajališta
- Trebaju imati predvidiva svojstva.

Svojstva se mogu smatrati skupom informacija koji se odnose na neki pogled, oblik ili neki drugi atribut dijela, na način koristan za zaključivanje o proizvodu, njegovim svojstvima i proizvodnji dijelova sklopova koji ga sačinjavaju. Ili, svojstvo se smatra nositeljem informacija o proizvodu kojim se olakšava komunikacija između projekta i proizvodnje ili općenito između inženjerskih zadataka.

Zajedničko za sve strukture proizvoda (Product Structures) su pojedinačni objekti grupirani na nekoliko hijerarhijskih razna koje su često i međusobno povezane, a koriste se tri osnovna apstraktna tipa:

- Items
- Item_relations
- Item_structures.

Između svih mogućih pogleda na proizvodni model broda, najvažniji su:

- Sustavnosna struktura (Product Structure by System)
- Prostorna struktura (Product Structure by Space)
- Sklopovna struktura (Product Structure by Assembly)

Sustavnosna struktura je predviđena za načelne i funkcionalne poglede na proizvodni model broda.

Prostorna struktura (Space) je predviđena za opise odjeljaka (Compartment) i područja (Zone) i to za predočavanja u obliku stabala hijerarhijskih struktura.

Sklopovna struktura određuje kako se dijelovi (Parts) povezuju u veće cjeline sa stajališta pripreme za proizvodnju.

3.1.3. ZAJEDNIČKA POMAGALA

Zajednička pomagala su predviđeni i zgotovljeni alati za podršku većini namjenskih protokola koji ne traže posebne dorade za korištenje u nekom određenom namjenskom modelu podataka (ARM). Mnoga su pomagala razvijena za posebne brodograđevne namjene:

- Opće značajke broda (Ship General Characteristics)
- Položajni koncepti (Location Concepts)
- Teoretska geometrija broda (Ship Moulded Geometry)
- Upravljanje konfiguracijom (Configuration Management)
- stavka Brod (Ship)
- Mjere (Measurements)
- Vanjske poveznice (External Referencing Mechanisms)

3.2. MODULARIZACIJA

Osnovna sredstva modularizacije za potrebe brodogradnje su građevne cjeline (Building Blocks - BB), koje predstavljaju generičke konstrukte u EXPRESS jeziku za prikaze funkcionalnih jedinica (Unit of Functionality) u cijelosti ili samo djelomično, sa jednim ili više građevnih cjelina. Same građevne cjeline nisu predviđene u razvoju aplikacijskih protokola u ISO/STEP metodologiji, ali se zato skupovi građevnih cjelina lako transformiraju u namjenske modele podataka - ARM-ove kako nalažu norme, a uz podršku koju pružaju razvojni alati u okviru EXPRESS jezika.

Građevna cjelina se sastoji iz tri dijela:

- Ulazna shema (import scheme) je sučelje prema onim elementima drugih građevnih cjelina koje se koriste u opisu razmatrane građevne cjeline
- Shema modela (model scheme) predstavlja strukturu podataka građevnog bloka
- Izlazna shema (export scheme) sadrži elemente građevne cjeline predviđene za druge građevne cjeline.

CAD/CAM PODACI

Bitan dio proizvodnog modela broda predstavljaju geometrijski CAD/CAM podaci, koji se prikazuju na više načina:

- 2D-žičani model (2D-wireframes) sa točkama, pravcima i krivuljama u ravnini
- 3D-žičani model (3D-wireframes) sa točkama, pravcima i krivuljama u prostoru
- 3D plošni modeli (surface models) sa oblicima površina objekata, na primjer forma trupa broda
- 3D prostorni modeli (solid models) sa objektima u tri dimenzije pogodnim za realistične poglede, na primjer konstrukcija broda.

Modeliranje u prostoru se odvija uglavnom prema dva postupka:

- (Constructive Solid Geometry – CSG), gdje se primitivni prostorni oblici, kao kocke, kvadri, cilindri, kugle itd., sastavljaju preko unija i presjeka u drugih operatora, u složenije oblike.
- (Boundary representation – b-rep) gdje se ustanovljavaju topološke veze dijelova između žičanih modela i površina kojima se opisuju opne prostornih tijela sa stijenama, rubovima i tjemena. (shell).

3.3. KLJUČNI KONCEPTI BRODSKE KONSTRUKCIJE

Strukturu planskog informacijskog modela namjenskog modela podataka (ARM) u ISO 10303-218 u konstrukciji broda čine hijerarhijski uređene slijedeće grupe:

- Zajednički model broda (Ship Common Model) je osnova za projekt i proizvodnju brodske konstrukcije, a koristi se za sve brodograđevne namjenske protokole (AP 215, 216, 217, 218)
 - Zajednička pomagala (Ship Common Utilities) uključuje vođenje dokumentacije, osnovne značajke broda, vanjske reference, koncepte položaja, mjerne jedinice i materijale za gradnju broda
 - Projekt konstrukcije broda (Design of Ship Structure) pokriva predprojektne i projektne faze i sadrži projektna opterećenja, poprečne presjeke, definicije konstrukcijskih dijelova, sustava i značajki
 - Proizvodnja brodske konstrukcije (Manufacturing of Ship Structures) pokriva proizvodne definicije podstruktura i građevnih dijelova brodske konstrukcije, te zavarivačke specifikacije.
 - Odobrenje klase (Class Approvals) pokriva provjere i ovjeravanje konstrukcijskih dijelova u projektu i proizvodnji
 - Prikaz oblika (Shape Representation) opisuje geometriju i topologiju za prikaz brodske konstrukcije.
- U okviru ISO 10303 normi se razvija namjenski protokol 218 za razmjenu i dijeljenje podataka o brodskoj konstrukciji u sprezi sa ostalim namjenskim protokolima.

3.4. APLIKACIJSKI PROTOKOLI U BRODOGRADNJI

Više je brodograđevnih namjenskih protokola u razvoju [52] :

- Opći plan broda (AP215)
- Brodske forme (AP216)
- Brodski razvodni sustavi - cjevovodi (AP217)
- Struktura broda (AP218)
- Kompozitne strukture (AP 223)
- Brodske službe
- Mehanički sustavi broda (AP226) (Pogon, sustavi tereta, palubni strojevi)
- Grijanje, ventilacija i klimatizacija (AP227)
- Oprema broda

Središnji postupak kojim se mogu objedinjavati brodograđevni namjenski protokoli s uređenim i dosljedno posloženim podacima opisanim u namjenskim modelima podataka ARM, često i višekratno iterativnim pristupima, označava se kao zajednički model broda (Ship Common Model). Razumljivost informacija za razne korisnike namjenskih protokola raste pojednostavljenjem cjelovitog proizvodnog modela broda, a poboljšanje pregleda i korištenja informacija osigurava razvoj namjenskih modela prikaza AIM. Za konstrukciju brodskog trupa od najvećeg je interesa aplikacijski protokol AP218 [53], Sl. 7.

SLIKA 7

4. GEOMETRIJSKI MODEL PALUBE TANKERA ZA KEMIČALIJE U STEP PRISTUPU

Za ilustraciju je prikazano definiranje palube paralelnog srednjaka tankera NOV 396 građenog u Splitu primjenom metodologije ISO 10303 AP 218 [12], Sl. 8.

SLIKA 8

Struktura palube se opisuje *aplikacijskim objektima* (entitetima) koji se odnose na konstrukciju broda, a čija se povezanost sa AIM-om opisuje u tablicama pridruživanja spremljenih u datoteci . Opis geometrije je ograničen samo na naznaku geometrijskog *aplikacijskog objekta* (krivulja, površina, solid ...) potrebnog za opis geometrije strukturnog objekta. Detaljni opis geometrije palube izveden je korištenjem besplatnog STEP translatora na internet adresi <http://www.steptools.com> .

Ulazna AutoCAD datoteka za palubu u «.dxf» formatu je predana STEP translatoru čiji su rezultati prevođenja prema ISO 10303 AP 203 (konfiguracijsko kontrolni dizajn) spremljeni u izlaznu datoteku, s uobičajenom ekstenzijom u imenu «.stp».

Za opis palube korišteni su sljedeći *aplikacijski objekti*:

```

BEVEL_DESIGN_DEFINITION
BULBFLAT_CROSS_SECTION
CORNER_CUTOUT
GLOBAL_ID
INTERIOR_CUTOUT
INTERIOR_CUTOUT_FUNCTIONAL_DEFINITION
LOCAL_CO_ORDINATE_SYSTEM
PANEL_SYSTEM
PANEL_SYSTEM_CURVE_BOUNDARY
PANEL_SYSTEM_DESIGN_DEFINITION
PANEL_SYSTEM_FUNCTIONAL_DEFINITION
PLATE
PLATE_DESIGN_DEFINITION
PLATE_FUNCTIONAL_DEFINITION
PROFILE
PROFILE_CURVE_TRACE_LINE
PROFILE_DESIGN_DEFINITION
PROFILE_FUNCTIONAL_DEFINITION
ROUND_CORNER_RECTANGULAR_CUTOUT_DESIGN_DEFINITION
SHIP
SHIP_MATERIAL
STRUCTURAL_SYSTEM
STRUCTURAL_SYSTEM_DESIGN_DEFINITION

```

STRUCTURAL_SYSTEM_FUNCTIONAL_DEFINITION
 DERIVED_UNIT
 DERIVED_UNIT_ELEMENT
 LENGTH_UNIT+SI_UNIT
 MASS_UNIT+SI_UNIT
 PLANE_ANGLE_UNIT+SI_UNIT
 SI_UNIT+VOLUME_UNIT
 AXIS2_PLACEMENT_3D
 CLOSED_SHELL
 FACE_BASED_SURFACE_MODEL
 GEOMETRIC_REPRESENTATION_CONTEXT
 OPEN_SHELL

Svi su aplikacijski objektu definirani detaljno [12], a neki se prilažu u nastavku.

SHIP

Ship je subtip od pojma (Item), i označava brodograđevni objekt. Svi podaci definirani za proizvod odnose se na entitet Ship koji postoji tokom cijelog životnog vijeka proizvoda.

Atribut je:

- units : je pokazatelj na skup jedinica koje se koriste za sve mjere modela broda.

SHIP

ID : GLOBAL_ID;
 NAME : LABEL;
 DOCUMENTATION : SET OF EXTERNAL_REFERENCE;
 DESCRIPTION : OPTIONAL TEXT;
 SHIP_CONTEXT : OPTIONAL SHIP;
 UNITS : SET OF UNIT;

SHIP_MATERIAL_PROPERTY

Ship material property je subtip od definition i supertip za sve materijale. Koristi se za opis fizičkih svojstava sirovine od koje su napravljeni strukturalni dijelovi. Atributi su:

- **defined_for,**
- density : gustoća materijala,
- description : navodi ime materijala,
- material_reference : ukazuje na veći izvor podataka o materijalu.

SHIP_MATERIAL

VERSION_ID : IDENTIFIER;
 ID : GLOBAL_ID;
 DEFINED_FOR : SET [1:?] OF DEFINABLE_OBJECT(36 plates & 46 profiles)
 LOCAL_UNITS : SET OF UNIT;
 MATERIAL_REFERENCE: OPTIONAL DOCUMENT_REFERENCE_WITH_ADDRESS;
 DESCRIPTION : OPTIONAL LABEL;
 DENSITY : DENSITY_MEASURE;

STRUCTURAL_SYSTEM

Structural system je subtip od entiteta system koji je AP 218 specifičan sustav. Daje informacije i mogućnosti karakteristične za sve strukturalne sustave. Pojam (Item) unutar strukturalnog sustava može biti samo tipa Structural system ili Structural part. Atributi koji se odnose na structural system su:

- class,
- user_def_class.

class

Određuje klasu koja se uklapa u hijerarhijsku strukturu strukturalnog sustava.

user_def_class

Navodi upotrebu korisnički definirane klase, u slučaju da je class = USER_DEFINED. Ovaj atribut je opcionalan.

STRUCTURAL_SYSTEM

ID : GLOBAL_ID;
 NAME : LABEL;
 DOCUMENTATION : SET OF EXTERNAL_REFERENCE;
 DESCRIPTION : OPTIONAL TEXT;
 SHIP_CONTEXT : OPTIONAL SHIP;
 VERSION_ID : IDENTIFIER;
 ITEMS : SET OF ITEM;
 EXTERNAL_ITEMS : SET OF EXTERNAL_INSTANCE_REFERENCE;
 RELATIONSHIPS : SET OF ITEM_RELATIONSHIP;
 EXTERNAL_RELATIONSHIPS : SET OF EXTERNAL_INSTANCE_REFERENCE;
 THE_CLASS : STRUCTURE_CLASS;
 USER_DEF_CLASS : OPTIONAL LABEL;

ROUND_CORNER_RECTANGULAR_CUTOUT_DESIGN_DEFINITION

Round edge rectangular cutout je subtip od *Rectangular cutout design definition* i definira otvor sa zaobljenim vrhovima, Sl. 9. Atribut je:

- corner_radius.

SLIKA 9

ROUND_CORNER_RECTANGULAR_CUTOUT_DESIGN_DEFINITION

VERSION_ID : IDENTIFIER;
 ID : GLOBAL_ID;
 DEFINED_FOR : SET [1:?] OF INTERIOR_CUTOUT;
 LOCAL_UNITS : SET OF UNIT;
 REPRESENTATIONS : SET OF REPRESENTATION;
 WIDTH : POSITIVE_LENGTH_MEASURE;
 LENGTH_OF : POSITIVE_LENGTH_MEASURE;
 CORNER_RADIUS : POSITIVE_LENGTH_MEASURE;

Za geometrijski opis *uokvirenih površina* koriste se geometrijski entiteti *Rational b_spline surface* i *B_spline surface with knots*. Ove dvije ravnine okružene su oblikom lima opisanim *rubnom zatvorenom krivuljom* (Edge_loop) sastavljenom od *orijentiranih rubnih krivulja* (oriented_edges 1-3 i edge_curves 1_3) čija je geometrija opisana *polilinijom* (polyline). Početne i krajnje točke ovih krivulja su *čvorne točke* (vertex_point), čija geometrija je prikazana *točkama* (Cartesian_points). Dakle, *zatvorena rubna krivulja* je zatvorena *polilinja* razbijena na više *rubnih krivulja*. Sve točke na polilinjama ne čine *čvornu točku* ruba. *Zatvorena rubna krivulja uokvirene površine* mora biti zatvorena *polilinja*. Međutim ovo nije dovoljno za opisivanje spoja između *uokvirenih površina*, a za to služi topologija. Za definiranje spoja *zatvorena rubna krivulja* treba imati *orijentirani rub* (Oriented_edge) koji leži na *orijentiranom rubu* druge *uokvirene površine*. Dva orijentirana ruba koja se poklapaju trebaju biti orijentirana u suprotnim smjerovima, praveći vezu između *uokvirenih površina*. *Zajednička zatvorena rubna krivulja* tada čini jednu geometriju. Topološka pravila kontroliraju zatvorenost *zatvorene rubne krivulje* i smjerove *orijentiranih rubova*. Topologija pokazuje da su dvije površine spojene na orijentiranim rubovima, poklapanjem zajedničkih *čvornih točaka*

5. DISTRIBUIRANO RAČUNARSTVO U MODELIRANJU BRODA

Unatoč snažnom razvoju računarstva, zahtjevanost računalne moći i memorijskog kapaciteta neprekidno rastu, pa je kod mnoštva znanstvenih i tehničkih problema nemoguće provesti računarsku obradu i izračun sa složenim algoritmima na PC-ima, radnim stanicama ili brzim server računalima u smislenom vremenskom trajanju [3]. To proizlazi iz sve kompleksnijih analiza, porasta količine podataka i struktura složenih tehničkih procesa, te tehnologija koje se jedino mogu pratiti, obrađivati i razvijati računalno i podatkovno intenzivnim obradama uz stvaranje uvjeta sveobuhvatne radne komunikacije teoretskih i eksperimentalnih radnih aktivnosti. Bez obzira na eksponencijalni rast računalne tehnologije, potrebe se mogu jedino zadovoljiti novim paralelnim i distribuiranim načinom, što dovodi do spajanja više procesora u paralelan rad (nastajanje superračunala), koja imaju veliku ulogu kod ubranog razvoja znanosti, tehnike i tehnologije uz primjenu analitičkih i simulacijskih metoda, te oblikovanja složenih modela u raznim područjima. Sve složeniji informacijski modeli broda nalažu već sada porast upotrebljivih računarskih resursa. Učinak distribuiranog računarstva kod modeliranja broda se očituje prvenstveno u povezivanju klaster računala tvoreći tako grid sustav, čime se omogućuje intenzivno računanje unutar velikih baza podataka, te se ostvaruje individualno i kolektivno napredovanje u znanju i stvaranju. S druge strane na vidiku je 3C (Computing Communication Collaboration) integracija, što dovodi do tehnologije teleprisutnosti (teleimmersion). To je sustav virtualne realnosti koji se u potpunosti ostvaruje u okolnostima grid infrastrukture. Predstavlja kompleksnu simbiozu tehnologije i aplikacije iz koje proizlazi infrastrukturna suradnja na daljinu, distribuirani design, nova 3D

vizualizacija, suradničko inženjerstvo u stvaranju virtualnih modela itd. Spregom suvremenih CAx alata ostvaruje se mogućnost simulacije ponašanja i svojstava složenih sustava i dolazi se do ključne tehnologije za unapređenje dizajna i konstrukcije kompleksnih sustava. Istovremeno se smanjuje vrijeme izrade modela, prototipa i testiranja uz znatne uštede u troškovima. Mehanizam sprege složenih suvremenih simulacijskih programskih paketa se objedinjuje u EUROGRID sustavu, i mogućnosti primjene su iskazane u realnim aplikacija preko EADS CCR (Engineering Architecture Design Services, Cluster Computing Research).

Na taj način će mnoštvo suradničkih institucija i projektantskih ustanova kao i integralna brodograđevna industrija moći koristiti velike računalne resurse (grid računala) i licencirane CAx programe samo za obavljene posao (job) bez potrebe da provode velike investicije za postavljanje trajnih resursa i njihovo skupo održavanje. Na poticaj iz Instituta Ruđer Bošković u Hrvatskoj akademiji tehničkih znanosti započet je projekt CRO GRID koji će omogućiti korištenje računarskih i memorijskih resursa na usustavljen način pomoću middleware programske podrške [3]. Teži se integracijom svih raspoloživih i zainteresiranih resursa radi što bržeg i kvalitetnijeg stjecanja znanja, tehnologije i uvjeta za izgradnju nacionalnog Grid sustava. Prema predviđanjima Grid će u početku pokrivati postojeće klustere, a kasnije će se proširiti prema svim sveučilišnim i gospodarskim središtima, što bi hrvatska brodogradnja svakako morala imati na umu kod planiranja svoga razvoja.

6. ZAKLJUČAK

Ovaj je tekst nastao u prvenstvenoj želji da se prepoznaju zbivanja na području razvoja informatičkih tehnologija sa mogućim posljedicama na brodogradnju, posebice na hrvatsku. Kako se prema svim raspoloživim saznanjima može vidjeti da se radi o ogromnim ulaganjima sredstava i napora, naslućuje se da će samo mali broj središta izvrsnosti ostati u mogućnosti da sudjeluje u razvoju novih tehnologija, uključivo i alate za projektiranje i proizvodnju primjenom računala u kooperativnom mrežnom okruženju. Međutim, novonastale okolnosti proizišle iz sve većih razlika u mogućnosti sudjelovanja u razvoju visokih tehnologija, nalaže i onim zajednicama koje ne sudjeluju u punoj mjeri u razvoju, da ulažu ogroman trud da bi uopće ostali, ako ne kao razvijajući, ono barem učinkoviti korisnici visokih tehnologija. Pri tome se gotovo neumitno nameće korištenje riječi i izraza jezika novih tehnologija koji se ne stignu prevoditi na vlastite jezike, te novih normi na čije se donošenje ne može utjecati, a bitno, bolje reći, presudno utječu na opstojnost neke zajednice. Nove norme će nametati tehnološki najrazvijenije sredine, ne samo u cilju pospješivanja kvalitete proizvoda, nego još prije, da se iz nesmiljenog natjecanja na tržištu eliminiraju oni koji te norme ne mogu primijeniti, barem ne gospodarski učinkovito. Na to se neumitno nadovezuju potrebite prilagodbe sustava obrazovanja za nove tehnologije koje moraju sezati već u predškolsku dob za početničko vježbanje a potom i za postavljanje čvrstih temelja znanja o osnovnim načelima, s dodatnim mogućnostima cjeloživotnog obrazovanja usmjerenim na najnovije razvojne poticaje. Cjelokupno djelovanje zajednice, pogotovo one iz tehničke struke kakva je brodogradnja, mora se podvrgavati pojedinačnim i grupnim zahtjevima «informatičke higijene», kao nezaobilaznom uvjetu za uspješno korištenje informatičkih tehnologija, što podrazumijeva visoki stupanj radne discipline, povoljno ozračje i kooperativno okruženje, spremnost na bezuvjetnu suradnju, neizostavno izvršavanje svih zacrtanih koraka, i želju za usavršavanjem, te izvršavanjem svih poslova na zadovoljstvo korisnika i na najbolji mogući način u danim okolnostima. Na današnjem stupnju razvoja brodogradnje, napose one u Hrvatskoj, moguće je prepoznati «otoke automatizacije» gdje se uz intenzivnu primjenu informacijskih tehnologija postižu značajni porasti učinkovitosti u pojedinim segmentima projektiranja i proizvodnje, ali ne i u cjelokupnom procesu gradnje broda. Nadiruće težnje novih tehnologija nalažu značajno, po mogućnosti potpuno ovladavanje postojećim znanjima, povezivanje među procesima i razmjenu podataka u cilju skraćivanja vremena, smanjenja troškova i izbjegavanja ponavljanja, što nikako ne bi smjelo ići na uštrb kakvoće i sigurnosti. Iz svega navedenoga, dade se naslutiti da će zajednice koje budu ulagale truda i sredstva za praćenje informatičkih tehnologija i novonarinutih normi u naglom razvoju, možda opstati na zahtjevnim tržištima, premda ni to nije zajamčeno bez zadovoljenja mnogih drugih uvjeta, iz kojih niti sreća ne može biti isključena. Takve će sredine možda sudjelovati u tržišnom nadmetanju, te polučiti možebitni uspjeh i bez sudjelovanja u razvoju, dok će se one zajednice koje propuste potrebne predradnje i prilagodbe novonastalim jurećim uvjetima, jednostavno izgubiti svoje mjesto u nesmiljenom tržišnom natjecanju.

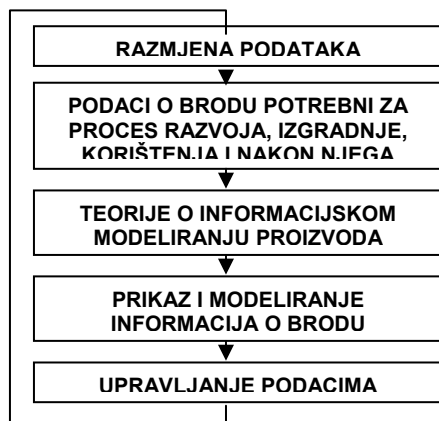
Zahvala

Potporu za rad na ovom članku pružilo je Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske preko i-projekta 2002-072 prema ugovoru 353-24-10-2002.

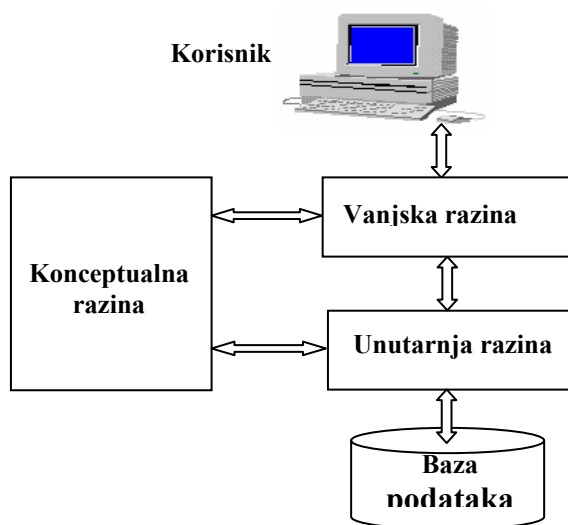
Literatura

- [1] Salamon, V., Žiha, K.: Colour in Technical Design, Ed. Marjanović, D. Proceedings of the DESIGN 2002 Vol. 2, Dubrovnik, 2002, pp. 893-898.
- [2] Kanerva, M., Lietepohja, M., Hakulinen, P.: Shipbuilding Process – Challenges and Oportunities, An IBM Product Lifecycle Management Resource Paper, March 2002.
- [3] Skala, K.: CRO GRID- Future of Grid Like Initiatives in Croatia, round table, CARNet Users Conference, Zagreb, Sept. 25-27, 2002.
- [4] Žiha, K., Kosović, M., Pavković, N., Skala, K.: Distributive remote engineering collaboration in interactive network environment, Proceedings of the MIPRO'99, pp. 127-133., Opatija, 1999.
- [5] Froese T.: Models of Construction Process Information, Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, 1995
- [6] Froese T., Rankin J.: Representation of Construction Methods in Total Project Systems, 5 th Congress On Computing On Civil Engineering, Boston, ASCE, 1988
- [7] ANSI: American National Standard Drafting Manual Y14.
- [8] DIN: Taschenbuch 2. Zeichnungsnormen, Berlin, Beuth Verlag, 1975.
- [9] Schregenberger J. W.: Attribution of Models, Proceedings of the 12th International Conference on Engineering Design ICED 99, Vol. 2, pp. 1191-1194, WDK, 1999
- [10] Stachowiak H.: Allgemeine Modeltheorie, Wien, Springer, 1973.
- [11] Jović, M.: Razvoj modela za opisivanje i sprezanje sklopova mehaničkih konstrukcija, magisterij FSB Zagreb, 1997.
- [12] Medić, B.: Međunarodni standardi za razmjenu podataka u konstrukciji broda, diplomski rad FSB Zagreb, 2001.
- [13] Pavković, N.: Objektno orijentirani pristup modeliranju procesa konstruiranja ,disertacija, FSB Zagreb, 2002.
- [14] Bojčetić, N., Računalni model konstrukcijskog znanja, disertacija, FSB Zagreb, 2003.
- [15] Morris K. C., Mitchell M., Dabrowski C., Fong E., Database Managemnet Systems in Engineering, National Institute of Technology, Gaithersburg, 1992
- [16] McAlinden, P.L., Florida-James,B., Chao K., Norman, P.: Information and Knowledge Sharing for Distributed Design Agents, Proceedings of the 5th International Conference on Artificial Intelligence in Design, Lisbon, Portugal, 20-23 July 1998.
- [17] Regli, W.C., Digital Library Support for Engineering Design and Manufacturing, Proceedings of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences, 12. - 15. September 1999., Las Vegas, Nevada.
- [18] Merkmam, H.: Information Management in the Design Process - Problems, Approaches and Solutions, Designers, the key to successful product development, Springer, Berlin, 1998.
- [19] Smith, B., Nagel, R.: Wellington, J.: "IGES-Initial Graphics Exchange Specification"; Autofact; 1981.
- [20] ISO 10303-1: "Industrial data systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1: Overview and fundamental principles"; ISO; Geneva; 1994.
- [21] ISO 10303: "Descriptive methods: architecture and development methodology reference manual"; ISO TC 184/SC4/WG10 N62; 1996
- [22] ISO 10303-11: "Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 11: Description methods: EXPRESS language reference manual"; 1994.
- [23] Gu, P., Chan, K.: Product modelling using STEP, Computer-Aided Design, pp. 163. - 181., Vol. 27, No. 3., Butterworth-Heinemann, Oxford, 1995.
- [24] NIST Special Publication 939: "STEP The Grand Experience"; Manufacturing Engineering Laboratory; ed. Sharon J. Kemmerer; 1999.
- [25] Štorga, M.: <<<<sustav za razmjenu I upravljanje informacijama o proizvodu, magisterij, FSB Zagreb, 2002.
- [26] Cagle, K.: "XML – Developer's Handbook"; SYBEX Inc.; 2000.
- [27] Schreiber A.: "STEP and Internet Standards – Distributed Product Data Availability via XML"; PDMI2, 1999.
- [28] Hemio, T.: "XML product model server"; VTT; Finland; 2000.
- [29] Ehrler, A., Iselborn, B.: " A framework for XML based Collaboration and Integration"; ProSTEP Science Days 2000.

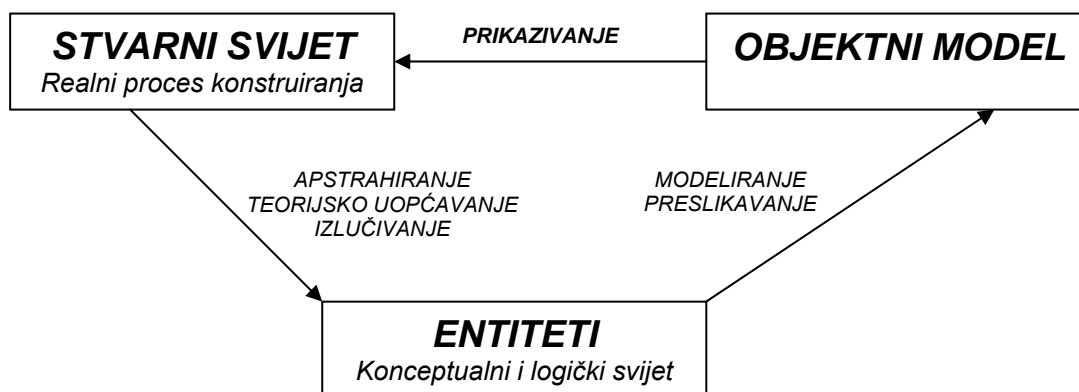
- [30] Wrightson, A.M.: "XML and STEP"; XML study notes; <http://helios.hud.ac.uk/staff/scomaw/xmlstudy/xmlstep.htm>; 1999.
- [31] Anderson, R.: "Professional XML"; Wrox Press Ltd.; Birmingham; UK; 2000.
- [32] ISO/WD 10303-28:1999(E): "Product Data Representation and Exchange – Part 28: Implementation Methods: XML representation of EXPRESS-driven data"; ISO TC 184/SC4/WG11 N101; Geneva; 1999.
- [33] Karden, H.: "STEP and XML Interoperability"; PDMI2, 1999.
- [34] Jordan D., C++ Object Databases, Programming with ODMG Standard, Reading, Addison Wesley, 1998
- [35] Andritsos, F., Perez-Prat, J.: The Automation and Integration of Production Processes in Shipbuilding, European Commission, Joint Research Center, Institut for Systems, Informatics and Safety, June 2000.
- [36] Projekt EU: VRSHIPS-ROPAX 2000 – Virtual Ship Ro-Ro Passenger, završetak projekta predviđen u godini 2005.
- [37] Projekt EU: FANTASTIC - Functional Design and optimisation of hull forms, završetak projekta predviđen u godini 2003.
- [38] Ž. Sladoljev: Search for a Model of Effective Ship Production Management, Journal of Ship Production, November 1996.
- [39] Sladoljev, Ž., i dr.: Hrvatska u 21. stoljeću - Strategija razvitka brodogradnje, Vlada RH, 2000.
- [40] Alfeld, L.E., Pilliod, C.S., Wilkins, J.R.: The Virtual Shipyard: A Simulation Model for Shipbuilding Process, Journal of Ship production, February 1998
- [41] Williams ,D., Traband, M.T., Finke, D.A., Mederios, D.J.: Discrete Simulation Development for a Proposed Shipyard Steel Processing Facility, Proceedings of 2001 Winter Simulation Conference, 2001.
- [42] A. S. Kiran, T. Cetinkaya, J. Cabrera: Hierarchical Modeling of a Shipyard Integrated with an External Scheduling Application, Proceedings of 2001 Winter Simulation Conference, 2001.
- [43] Mederios, D.J., M. Traband, M.T., Tribble, Lepro, A.R., Fast, K., Williams, D.: Simulation Based Design for a Shipyard Manufacturing Process, Proceedings of 2000 Winter Simulation Conference, 2000.
- [44] Hujan, J.C.: Using Simulation to Evaluate Cargo Ship Design of the LPD17 Program, Proceedings of 2000 Winter Simulation Conference, 2000.
- [45] Yongjae, S., Soon-Hung H.: Data enhancement for sharing of ship design models, Elsevier Science, Amsterdam, 1998.
- [46] Lloyd's Register: ShipRight New integrated software system, London, 1994.
- [47] DNV: Nauticus on board new class service concept, Hovik, 2000.
- [48] Vareško, R., Vitasović, E., Milanović, M., "The development of CAD/CAM System in Uljanik Shipyard, Brodogradnja, Zagreb, Vol. 42., No. 4., 1994.
- [49] USCS: TRIDENT From the idea to the ship, Pula, 2002.
- [50] Henry, L.: The New Role of Intranet/Internet Technology for Manufacturing, Springer Verlag, London, 1998.
- [51] Grau, M.: Ship Product Model, SEASPRITE Consortium, EC Officers, 1998.
- [52] Yuanxie, Janke-Zhao: Model validation Report for AP218, SEASPRITE Consortium, EC Officers, 1998.
- [53] Yuanxie, Janke-Zhao: AP218 Ship Structures AIM and Mapping Table, SEASPRITE Consortium, EC Officers, 1998.
- [54] Tribon M2: A new generation of the sShipbuilding System on Windows NT, Oslo, 2003.
- [55] Bojčetić, N., Štorga, M., Marjanović, D., Product Data and Knowledge Integration, Transactions of FAMENA, Vol 27, No 1, Zagreb, 2003.
- [56] www.fsb.hr/kziha/shipconstruction



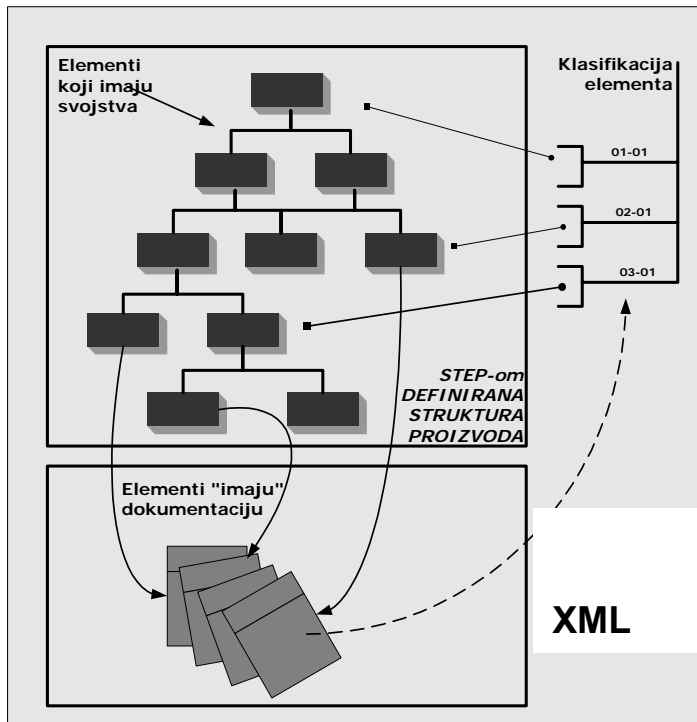
Slika 1. Zahtjevi koji se postavljaju na proizvodni model proizvoda (broda)
Figure 1. Requirements on a product model (ship)



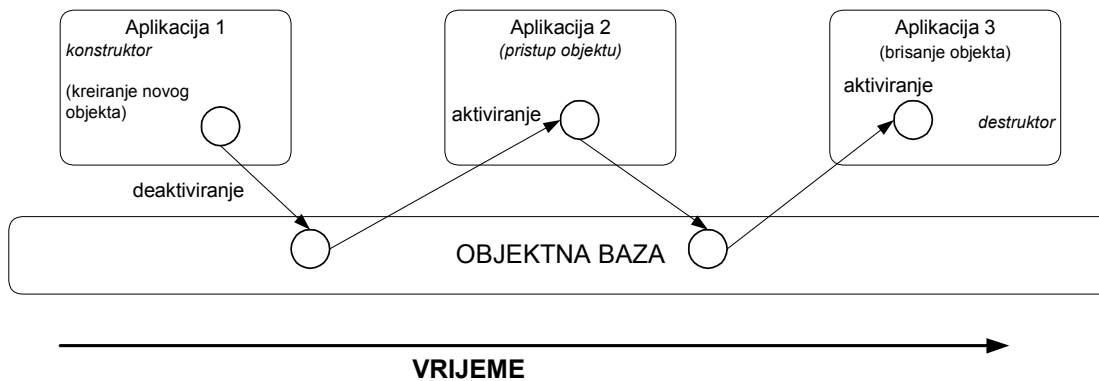
Slika 2. ANSI/SPARC arhitektura
Figure 2. ANSI/SPARC architecture



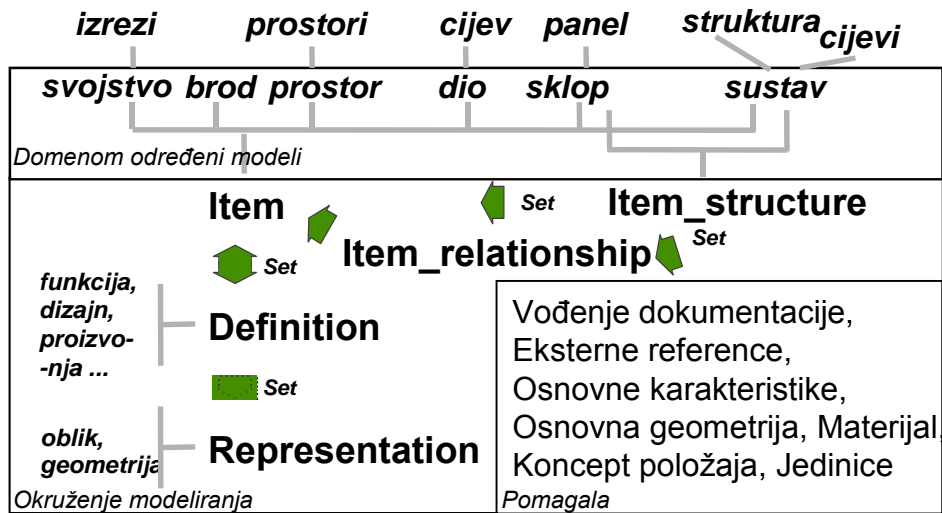
Slika 3: Apstrahiranje entiteta i njihovo preslikavanje u objektni model
Figure 3: Entity abstraction and mapping to the object model



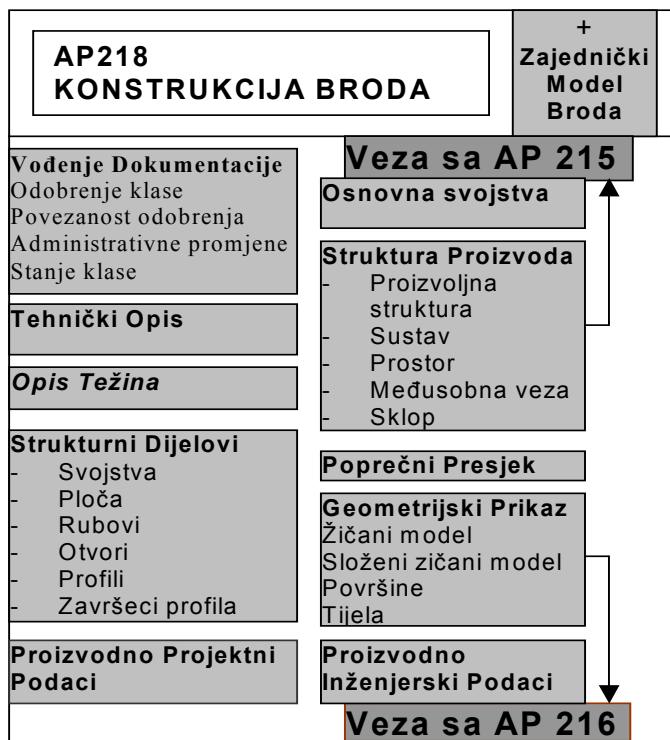
Slika 4: Integracija STEP-a i XML-a
Figure 4: STEP and XML integration



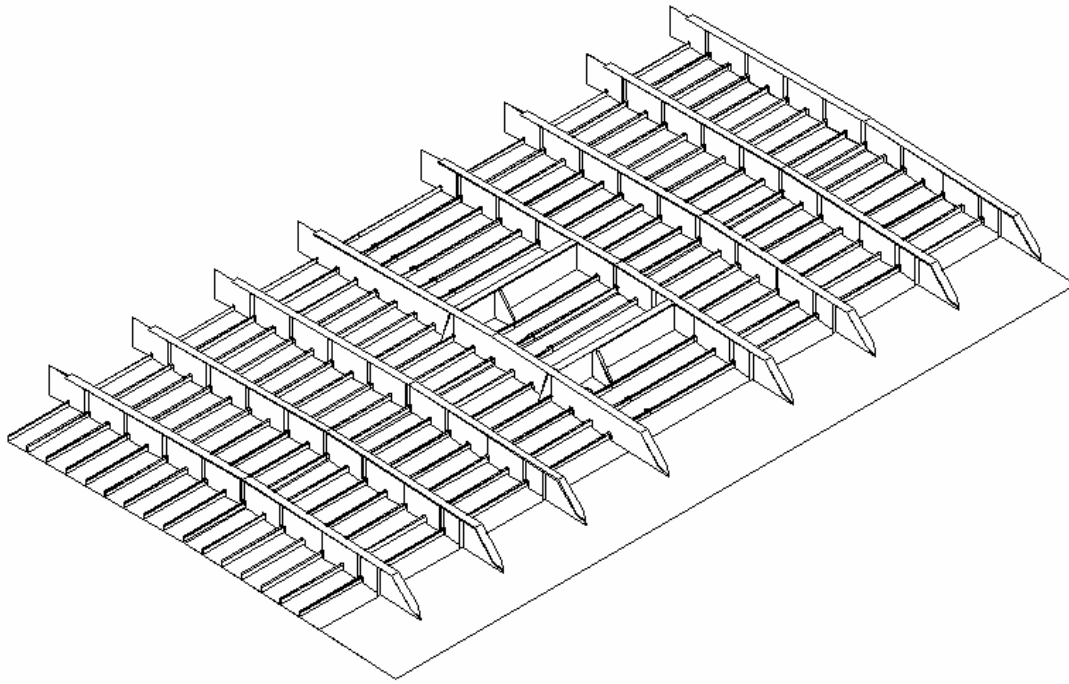
Slika 5: Proces aktiviranja i deaktiviranja objekata iz objektne baze
Figure 5: Activating and deactivating objects from objects data bases



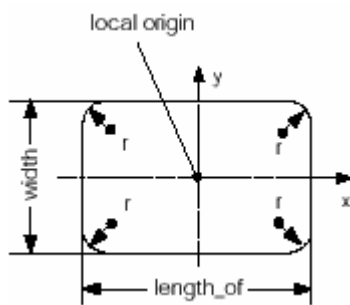
Slika 6. Struktura zajedničkog modela broda
Figure 6. Ship Common Model structure



Slika 7. Struktura aplikacijskog protokola AP 218
Figure 7. Structure of application protocol AP 218



Slika 8. 3D model palube tankera za kemikalije
Figure 8. 3D chemical tanker deck model



Slika 9. Pravokutni otvor sa zaobljenim vrhovima
Figure 9. Round corner rectangular cutout