

**34. JUPITER KONFERENCIJA  
sa međunarodnim učešćem**

**ZBORNIK RADOVA  
PROCEEDINGS**

27. simpozijum  
**CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG  
RAZVOJA INDUSTRIJE PRERADE METALA**



21. simpozijum  
**CAD/CAM**

30. simpozijum  
**NU – ROBOTI –FTS**

36. simpozijum  
**UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U  
INDUSTRIJI PRERADE METALA**

14. simpozijum  
**MENADŽMENT KVALITETOM**

Organizator:

**UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET**

Beograd, 4.-5. jun 2008. godine

**34. JUPITER KONFERENCIJA  
sa međunarodnim učešćem**

**ZBORNİK RADOVA / PROCEEDINGS**

Organizator:

**UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET**

Adresa:

Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija

Tel: 011-3370341, Fax: 011-3370364

El. pošta: [jupiter@mas.bg.ac.yu](mailto:jupiter@mas.bg.ac.yu)

Tehnički urednici:

Prof. dr Petar B. Petrović

Mr Mihajlo Popović

Mr Živana Jakovljević

Beograd, jun 2008.

---

Tiraž: 200 primeraka

Štampa: **Planeta print**,

11000 Beograd, Ruzveltova 10, tel.: 011 3088 129

**ISBN 978-86-7083-628-0**

**UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U INDUSTRIJI**  
**PRERADE METALA**  
**PRODUCTION CONTROL IN METALWORKING INDUSTRY**

<b>Đurić, S., Đorđević, L., Veselinović, S.</b> SERVISNI CENTRI ZA METALE .....	4.1
<b>Đukić, R., Jovanović, J., Stefanović, M.</b> UTVRĐIVANJE TEHNOLOŠKE DUŽINE PROIZVODNOG CIKLUSA .....	4.6
<b>Корешков, В., Хейфец, М., Алексеева, Т.</b> СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИИ И КОНТРОЛЕ ОПЕРАЦИЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТК .....	4.12
<b>Đukić, R., Jovanović, J., Stefanović, M.</b> ANALIZA I PROJEKTOVANJE PROIZVODNOG CIKLUSA SLOŽENOG PROIZVODA.....	4.18
<b>Đrndarević, D., Milivojević, M., Petrović, S., Panić, S.</b> PONAŠANJE NEURONSKIH MREŽA PRI VELIKOM BROJU CIKLUSA .....	4.24
<b>Petrović, P., Jakovljević, Ž., Miković, V.</b> DINAMIČKI 3-D VIRTUELNI MODEL PROIZVODNIH RESURSA ZA INTERAKTIVNO PRAĆENJE STANJA OPREME I UPRAVLJANJE PROIZVODNIM PROCESIMA U REALNOM VREMENU.....	4.28
<b>Stojčić, M.</b> HIBRIDNI SISTEMI: SUMARNI UPRAVLJAČKI ALGORITAM PRAKTIČNOG PRAĆENJA SA VEKTORSKIM VREMENOM DOSTIŽIVOSTI .....	4.35
<b>Pilipović, M.</b> PROGRAMABILNA AUTOMATIZACIJA - NOVA GENERACIJA SISTEMA UPRAVLJANJA....	4.41
<b>Lukić, D., Todić, V., Milošević, M.</b> NEKE KARAKTERISTIKE RAZVOJA I PRIMENE CAPP SISTEMA .....	4.49
<b>Nešić, N., Babić, B.</b> MODEL GENERATIVNOG CAPP SISTEMA NOVE GENERACIJE .....	4.55
<b>Nešić, N., Babić, B., Miljković, Z.</b> RAZVIJENI SISTEM ZA TEHNOLOŠKO PREPOZNAVANJE PRIZMATIČNIH DELOVA.....	4.65
<b>Vujačić, G., Lukić, L.</b> IMPLEMENTACIJA EKSTERNOG PROGRAMA U MODULARNOJ ARHITEKTURI ZA PROVERU TRENUTNOG BROJA PRIJAVLJENIH KORISNIKA NA LINUX OS SYSTEM.....	4.75

[← NAZAD](#)



P.B. Petrović<sup>1</sup>, Ž. B. Jakovljević, V. Đ. Miković<sup>2</sup>

## DINAMIČKI 3-D VIRTUELNI MODEL PROIZVODNIH RESURSA ZA INTERAKTIVNO PRAĆENJE STANJA OPREME I UPRAVLJANJE PROIZVODNIM PROCESIMA U REALNOM VREMENU

### *Rezime*

*U radu se opisuje opšti koncept dinamičkog 3d grafičko ginterfejsa za vizuelizaciju i praćenje stanja proizvodnog sistema izvedenog na bazi integracije tržišno raspoloživih 3d modelera i SCADA sistema. Ovaj sistem je koncipiran tako da se virtuelni model generiše primenom nekog od standardnih CAD paketa koji poseduju 3d modeler, korišćenjem parametrizovanih objekata za realizaciju dinamičkih sadržaja.*

**Ključne reči:** Nadzor proizvodnih sistema, 3d grafički interfejs, Virtuelna realnost

### 1. UVOD

Jedan od ključnih elemenata kvaliteta modernih sistema automatskog upravljanja u industriji je funkcija koja obezbeđuje mogućnost uvida u veličine stanja tehnološkog procesa i veličine stanja koje se odnose na procesnu opremu. Ovu funkciju ostvaruju SCADA sistemi, koji pored funkcije vizuelizacije, uključuju i funkcije nadzora, alarmiranja, upravljanja, dijagnostike i statističke obrade [1].

Funkcija akvizicije procesnih veličina, koja podrazumeva proces prikupljanja i arhiviranja, je bazna funkcija svakog SCADA sistema. Druga funkcija je funkcija obrade merenih veličina koja u zavisnosti od konkretnog slučaja može da ima različite sadržaje. Finalni rezultat obrade merenih veličina su neke nove procesne veličine koje u inženjerskim merama iskazuju vrednosti fizičkih veličina stanja relevantnih za proces kojim se upravlja. Ove veličine se arhiviraju u pridruženoj bazi podataka. Treća funkcija SCADA sistema je grafička vizuelizacija generisanih fizičkih veličina, u kombinaciji sa funkcijom interakcije sa operatorom sistema (radnik koji nadzire ili vodi proces) koji ima mogućnost zadavanja željenih vrednosti ili drugih informacija bitnih za vođenje procesa. Treća funkcija SCADA sistema je ustvari funkcija bidirekcionog interfejsa koji spreže čoveka sa procesom. Kvalitet ovog interfejsa je od ključnog uticaja na kvalitet svakog SCADA sistema. Njegova složenost se prostire od rudimentarnih nivoa grafičke signalizacije, pa sve do vrlo složenih oblika interakcije kojima se 'briše' fizička granica između čoveka i proizvodnog sistema, omogućavajući da čovek stiče osećaj da je sastavni deo proizvodnog procesa i sistema na kome se on realizuje.

Kompleksni grafički interfejsi SCADA sistema predstavljaju složene apstraktne mašine koje uvode čoveka preko njegovih čula u digitalno iskazani apstraktni model proizvodnog sistema. Ovaj virtuelni svet podrazumeva postojanje virtuelnog trodimenzionalnog modela proizvodnog pogona, proizvodne opreme i prateće systemske opreme. Funkcija interaktivnosti obezbeđuje dinamički karakter ovakvog modela, a ona podrazumeva da čovek može da se kreće kroz virtuelni proizvodni prostor i da postavlja pitanja na koja će sistem odgovarati na čoveku razumljiv i lako prepoznatljiv način. Bidirekcionalnost podrazumeva da sistem reagujući na fizičke promene u realnom svetu gneriše odgovarajuće odzive, uključujući i one signalnog tipa koje treba da upozore na nedozvoljena stanja kroz adekvatne oblike funkcije alarmiranja.

---

<sup>1</sup> Prof. dr Petar B. Petrović, Mr Živana Jakovljević, Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija; e-mail: [pbpetrovic@mas.bg.ac.yu](mailto:pbpetrovic@mas.bg.ac.yu)

<sup>2</sup> Vladimir Miković, dipl ing., Centar za informaciono-komunikacione tehnologije Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija.

Najnoviji razvoj tehnologije SCADA sistema usmeren je u domen izgradnje kompleksnih interfejsa baziranih na tehnologiji virtuelne realnosti (VR). Ovakvi sistemi imaju specijalno razvijene VR module za generisanje objekata i scene u kojoj oni egzistiraju, pomoću kojih se opisuje konkretan slučaj proizvodnog sistema. Kao ekstenziju, ovakvi sistemi imaju i mogućnost simulacije ponašanja realnog fizičkog sistema za različite, unapred definisane scenarije realnog ponašanja. Osnovni problem je u tome što ovakvi sistemi imaju ekstremno visoke tržišne cene i što su po pravilu monokulturni, odnosno predstavljaju jedno zatvoreno rešenje koje zahteva visoku specijalizaciju za njegovo korišćenje, često uz ograničenja vezana za razmenu podataka i potpunu ograničenost u smislu slobode generisanja nekih funkcija koje nisu sastavni deo paketa (ograničena fleksibilnost).

U okviru projekta TR6362<sup>3</sup> koncipiran je i realizovan jedan originalni pristup u gradnji kompleksnih grafičkih interfejsa koji je baziran na ideji integracije standardnih 3d grafičkih modelera koji poseduju funkciju parametrizacije grafičkih entiteta i standardnih d-base sistema za arhiviranje procesnih veličina i interakciju sa operatorom korišćenjem sistemskih funkcija upita. Osnovna odlika ovakvog pristupa je 'demistifikacija' VR grafičkog interfejsa i otvorenost ovakve platforme za realizaciju vrlo složenih zadataka modeliranja proizvodnih sistema i ostvarivanja fleksibilnosti u njihovom ponašanju bez sistemskih ograničenja (ili sa minimumom) zbog toga što standardni 3d grafički modeleri imaju inherentnu osobinu opštosti koja je bazirana na radu sa geometrijskim i funkcionalnim primitivima. Bitna odlika ovog sistema je mogućnost neograničene sprege sa informacionim sistemom kompanije, što dalje otvara prostor za integraciju ovakvog sistema u mnogo opštiji koncept sveta virtuelne realnosti, koncept digitalne fabrike [2].

U okviru ovog rada se prvo navode konceptualni okviri VR grafičkog interfejsa, sa objašnjenjima nekih ključnih sadržaja na kojima počiva postavljeni koncept, a zatim se praktična primenljivost postavljenog koncepta prikazuje na primeru pogona vulkanizacije u okviru Fabrike teretne i industrijske pneumatike Trayal FTIP.

## 2. KONCEPTUALNI OKVIRI

Osnova koncepta 3d virtuelnog grafičkog interfejsa koji se ovde razmatra bazirana je na ideji integracije komercijalno raspoloživih 3d grafičkih modelera i komercijalno raspoloživih SCADA sistema.

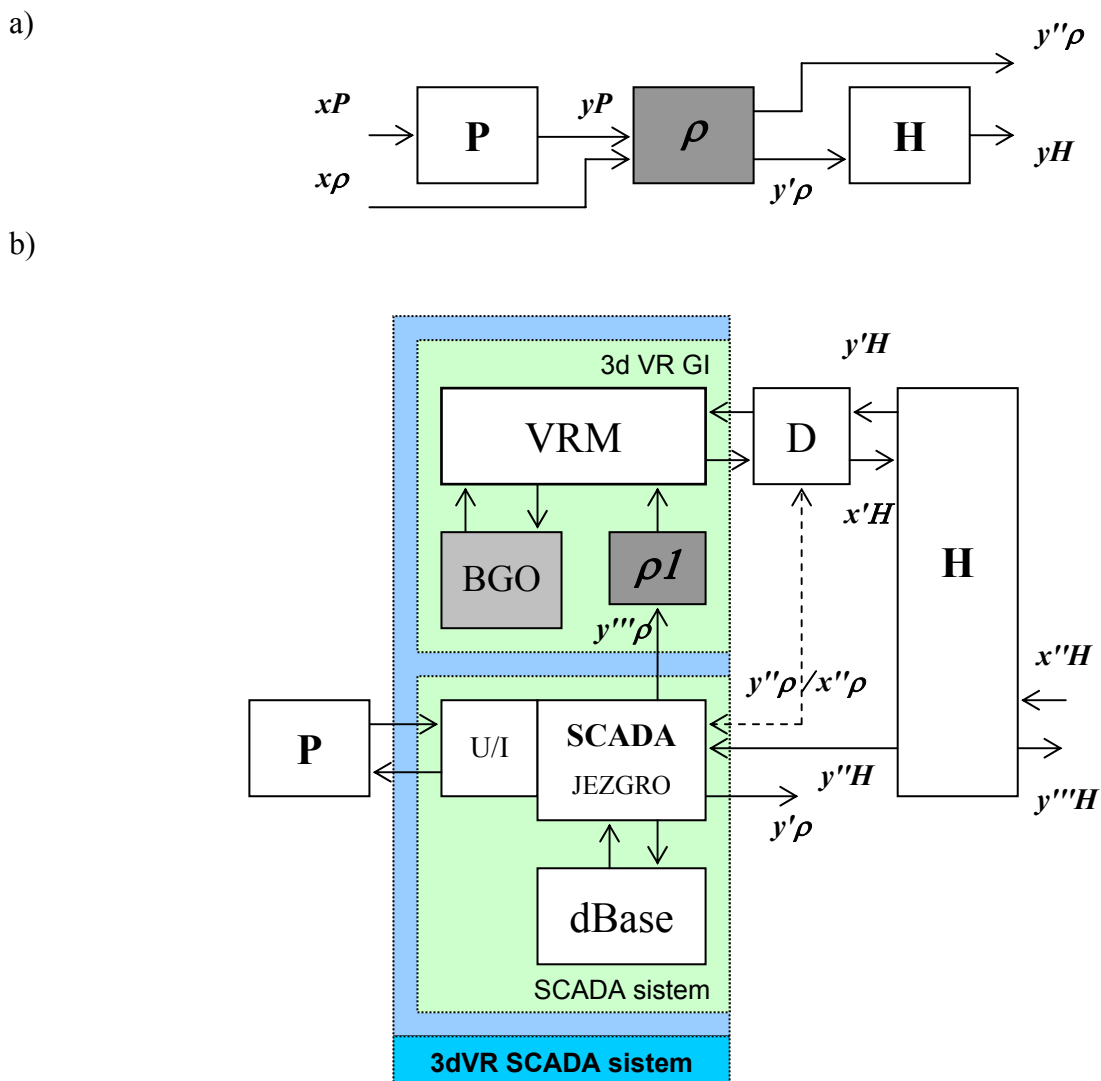
Generalni okvir na kome počiva koncept SCADA sistema je prikazana na slici 1a. Dva sistema koja zbog prirode svojih ulazno-izlaznih objekata ne mogu da budu neposredno kaskadno spregnuta, mogu se prema teoriji opštih sistema [3] spregnuti preko jednog jednog umetnutog sistema  $\rho$ . Ovaj sistem poseduje takve ulaze koji mogu da se spregnu sa jednim brojem izlaza sistema P i poseduje takve izlaze koji u potpunosti ili delimično mogu da budu spregnuti sa ulazima sistema H. Na ovakvoj formalno postignutoj kaskadnoj sprezi može se ostvariti neograničena interakcija između sistema H i P. Primenjujući isti princip, moguće je realizovati interakciju sistema H i P tipa povratne sprege. Ovakav umetnuti sistem, koji poseduje elemente direktne i povratne sprege sa sistemima H - čovek i P - proizvodni sistem, u savremenoj inženjerskoj praksi naziva se SCADA sistemom (Supervisory Control And Data Acquisition).

Polazeći od prethodno navedenog formalnog okvira, moguće je postaviti koncept integracije komercijalno raspoloživih 3d modelera i SCADA sistema ili alternativno, integracije komercijalno raspoloživih 3d modelera u namenski razvijene sisteme za praćenje stanja. Ovaj koncept prikazan je na slici 1b.

Umetnuti sistem  $\rho$  za spregu proizvodnog sistema P i operatora H koji vrši nadzor proizvodnog sistema kako je to prikazano na slici 1a, izražen je kroz jedan kompleksan interfejs označen na slici 1b sa 3dVR SCADA sistem. SCADA jezgro obezbeđuje osnovne funkcionalnosti interaktivne sprege sistema H i P. Okruženje SCADA jezgra čine U/I modul, dBase modul i modul grafičkog interfejsa. U/I modul se u opštem slučaju sastoji iz većeg broja hardverskih i softverskih modula koji obezbeđuju bidirekcionu funkciju fizičke sprege interfejsa  $\rho$  i sistema P. Funkcija U/I modula je pod kontrolom SCADA jezgra a njegova konfiguracija je uslovljena konkretnim slučajem primene i nije predmet razmatranja u ovom radu. dBase modul ima funkciju: 1) čuvanja sistemskih parametara, 2) arhiviranja podataka preuzetih od sistema P koji se preko U/I modula uvode u SCADA sistem i 3) arhiviranja jednog šireg kompleksa podataka koje generiše SCADA jezgro, a odnose sa obrađene ulazne podatke i podatke koje se prosleđuju na izlaze SCADA sistema. Preko svojih ulazno-izlaznih kanala  $y''\rho / x''\rho$  SCADA jezgro razmenjuje informacije sa standardnim grafičkim interfejsom.

---

<sup>3</sup> Projekat TR-6362: Revitalizacija i informaciona integracija proizvodnih resursa u cilju podizanja konkurentnosti Trayal korporacije na međunarodnom tržištu, je finansijski podržan od strane Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije za period 2005 do 2007. god.



Slika 1. Koncept hibridnog SCADA i VR sistema za interaktivno praćenje stanja proizvodnog sistema umetnutog između proizvodnog sistema (P) i operatora koji vrši nadzor proizvodnog sistema (H). Operator 'vidi' proizvodni sistem pomoću grafičkog displeja D proizvoljnog stepena složenosti.

## 2.1 Virtuelni grafički model

Za formiranje 3d grafičkih modela na raspolaganju je veliki broj komercijalnih paketa od kojih je najviše parametarskih modelera (Catia, SolidWorks, ProEngineer, ...). Iako su kao CAD sistemi namenjeni za projektovanje proizvoda, oni se mogu na jednostavan ili manje jednostavan način iskoristiti za generisanje 3d grafičkog modela nekog proizvodnog sistema. Bitna karakteristika ovakvih sistema je da oni bez izuzetka poseduju veoma kvalitetan i bogat sistem funkcija za manipulaciju grafičkim objektima, kao i sistem interfejsa za spregu sa projektantom, gde se posebno izdvajaju realistični prikazi modela na različitim perifernim uređajima, uključujući one iz domena virtuelne realnosti.

Za primenu u kontekstu koji se ovde razmatra posebno je kritična funkcija automatske izmene parametara bez korišćenja standardnog operatorskog interfejsa CAD paketa. Konkretnije, generisani model koji predstavlja podršku za 3d vizuelizaciju u okviru jednog SCADA sistema, apsolutno je neophodno da ima mogućnost programirane izmene parametara objekata. Ovom funkcijom se omogućava da se na osnovu podataka prikupljenih sa opreme u realnom vremenu automatski izvršava osvežavanje određenih objekata u okviru modela, čime se postiže dinamička sprega 3d\_VR\_GI sa realnim fizičkim sistemom P. 3d model proizvodnog sistema ovom funkcijom postaje apstraktna slika fizičkog sistema P koja je kao vremenska funkcija iskazana u odgovarajućem digitalnom obliku. Ovim se svaka promena u fizičkom sistemu odražava u ekvivalentnu promenu digitalnog modela.

Digitalni model proizvodnog sistema označen sa VRM na slici 1b povezan je sa odgovarajućom bibliotekom grafičkih objekata, čijom se kombinacijom prikazuje neko od odgovarajućih stanja proizvodnog sistema. Svako stanje proizvodnog sistema može da se iskaže odgovarajućim skupom grafičkih objekata. Tako se evolucija stanja sistema jednostavno iskazuje evolucijom njemu ekvivalentnog virtuelnog modela.

## 2.2 Sprega 3d\_VR\_GI i SCADA dBase sistema

Uvođenje funkcije 3d VR grafičkog interfejsa (3d\_VR\_GI modul) SCADA sistema ostvaruje se preko posebnog izlaznog kanala SCADA jezgra označenog sa  $y''\rho$  na slici 1.b. U modul  $\rho 1$  uvode se parametri neophodni za generisanje 3d prikaza sistema čije se stanje prati i kome se prosleđuju upravljačke i statusne komande najvišeg hijerarhijskog nivoa.

Sistem  $\rho 1$  preko koga se ostvaruje kaskadna sprega SCADA sistema i 3d\_VR\_GI sistema je u fizičkom smislu skup 2d tabela, čiji broj i struktura zavise od kompleksnosti VR grafičkog modela, koje se ažuriraju u diskretnim vremenskim intervalima, kontinualno ili samo onda kada SCADA sistem detektuje neku promenu u realnom fizičkom sistemu (*data driven* opcija).

## 3. VERIFIKACIJA KONCEPTA

Praktična upotrebljivost postavljenog koncepta hibridnog 3d VR grafičkog interfejsa i SCADA sistema izvršena je na primeru Fabrike teretne i industrijske pneumatike u okviru Trayal korporacije iz Kruševca.

### 3.1 Izbor grafičkog modelera

Polazeći od zahteva definisanih u okviru 2.1 izvršen je izbor optimalnog razvojnog okruženja za grafičko modeliranje, Mada nema parametrisovan 3d modeler. AutoCAD platforma je izabrana kao optimalna jer poseduje određene komparativne prednosti kada je u pitanju otvorenost za rad sa entitetima.

Pre svega AutoCAD poseduje integrisan programski jezik AutoLISP. To je potpun programski jezik pomoću koga se pored osnovnih naredbi i operacija svojstvenih svakom programskom jeziku mogu pozivati i sve AutoCAD-ove komande, i što je još važnije sistemske promenljive koje sadrže podatke o pojedinim entitetima i njihovim parametrima. Pored toga moguće je i formiranje novih dijaloga boksova, menija i sl. Zahvaljujući ovom jeziku može se programski upravljati položajem, izgledom, bojom, atributima i ostalim parametrima svakog objekta unutar 3d modela za vizuelizaciju u okviru SCADA sistema. Pored toga, AutoLISP omogućuje i potpun prilagođavanje AutoCAD grafičkog interfejsa operatoru - mogu se formirati komande, meniji, dijalog boksovi i sl. u zavisnosti od potrebe konkretnog SCADA sistema.

Drugu komparativnu prednost AutoCAD-a predstavlja rad sa lejerima koji omogućuje lako manipulisanje kvazistatičkim objektima (npr. građevinski objekti, razvodi energenata i sl.) i laku izmenu klastera objekata.

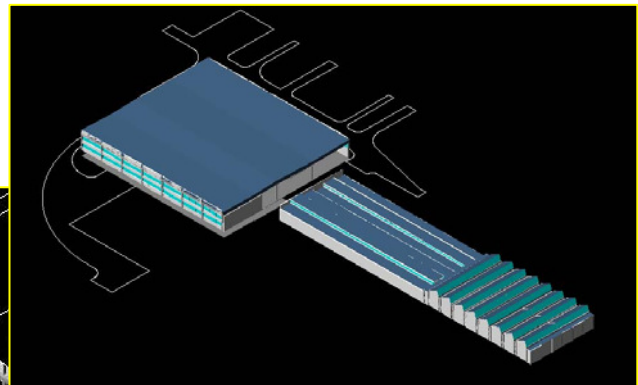
Poseban problem u radu sa virtuelnim modelom pogona predstavljaju računarski resursi. Naime, integralni modeli proizvodnih sistema mogu biti vrlo kompleksni. Kao neposredna posledica slede vrlo obimni zahtevi za proračun i manipulaciju, što posteje problem čak i kada su savremeni računari u pitanju. Jedno od rešenja ovog problema može biti multirezolucijski pristup. Ovim pristupom virtuelni model čitavog pogona bi sadržao 3d modele opreme male rezolucije (grubi modeli sa malim brojem detalja), a ukoliko je korisniku potrebno da pristupi detaljnom modelu objekta, on bi prešao u domen parcijalnih virtuelnih modela, najčešće deo proizvodnog sistema ili čak i konkretan objekat (mašina, deo linije, ...) sa povećanim sadržajem detalja. Ovakvim multirezolucijskim pristupom zadržava se mogućnost neometanog (zbog računarskih resursa) kretanja kroz virtuelni pogon, a ujedno se može pristupiti i detaljima svakog elementa opreme kada je potrebno.

Svi objekti jednog proizvodnog sistema mogu se klasifikovati u sledeće klase:

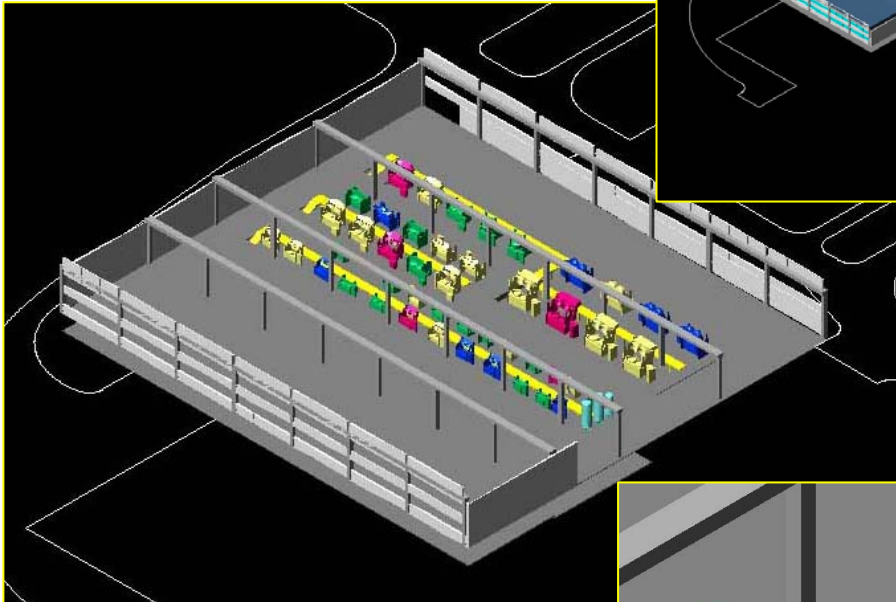
1. Struktuirani klasa modela proizvodnog prostora - kvazistatička struktura objekata i sličnih sadržaja (interaktivan, komunikativan i adaptivan),
2. Klasa parametrizovanih modela proizvodne opreme - dinamička struktura, pogodna za vizuelizaciju stanja baznih proizvodnih resursa (mašine i tome slično),
3. Klasa struktuiranih modela sistemskih instalacija - transportni sistemi, energetski razvod, informaciona infrastruktura.

Primer kompletnog virtuelnog grafičkog modela Traylor FTIP prikazan je na slici 2. Na slici se navode kompletni proizvodni resursi fabrike, izuzev kompleksa silosa za čuvanje čađi. Pored objekata koji su modelirani na osnovu građevinske dokumentacije, prikazane su i neposredne komunikacije koje okružuju objekte. Detaljni sadržaji, odnosno stacionarna oprema i sistemske instalacije, modelirane su samo za pogon vulkanizacije. Uklanjanjem lejera krovne konstrukcije ova oprema postaje vidljiva (slika 2b).

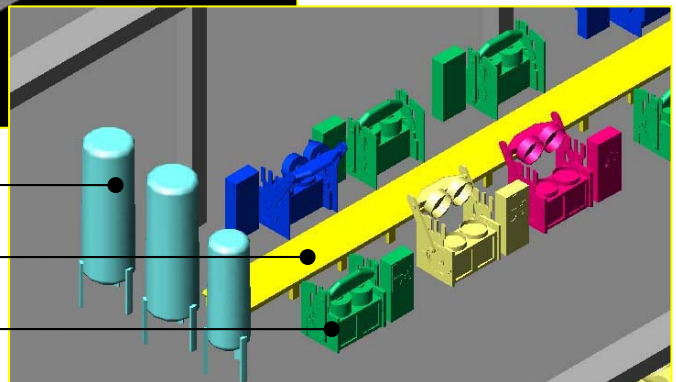
a) 3d virtuelni model FTIP sa eksternim komunikacijama



b) 3d virtuelni model pogona vulkanizacije



c) Detalj pogona za vulkanizaciju



Deo sistemskih instalacija

Transportni sistem

Presi za vulkanizaciju

Slika 2. Digitalni 3d model proizvodnog pogona Trayal FTIP: a) Kompletni proizvodni resursi na lokaciji Trayal FTIP, b) 3d prikaz pogona fulkanizacije (krovna kosntrukcija hale uklonjena da bi se obezbedila vidljivost), c) Detalj jedne od linija vulkanizacionih presa sa prikazanim konvejskim sistemom i delom pripadajuće sistemskih instalacija linije.

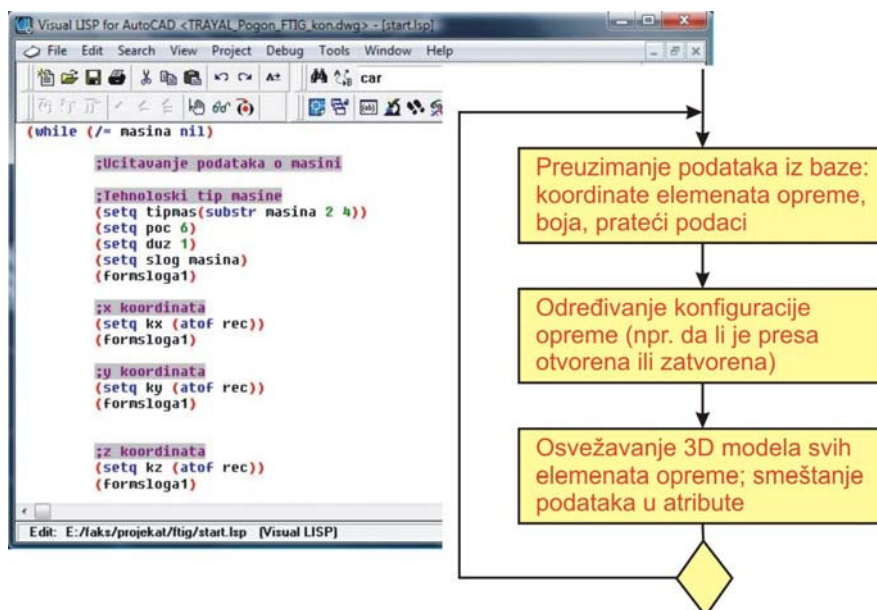
Svaki od objekata koji spada u klasu opreme čuva se u sistemskoj bazi podataka. Ova baza podataka sadrži i odgovarajuću tabelu u kojoj se u ASCII formatu nalaze podaci o poziciji određene mašine kao i o nizu drugih parametara koji se odnose na grafički model. Na osnovu upita operatora ili autonomno, za neki od predefinisanih režima prikaza, SCADA jezgro na osnovu ove tabele i na osnovu podataka koji se prikupljaju preko U/I modula, generiše  $\rho 1$  tabelu koju čita VRM modul sa određenom vremenskim kvantom osvežavanja. Format sloga  $\rho 1$  tabele koji je korišćen u ovom konkretnom slučaju ima sledeću strukturu:

**naziv\_masine, x\_koordinata, y\_koordinata, z\_koordinata, boja, podaci\_relevantni\_za\_konkretan\_upit**

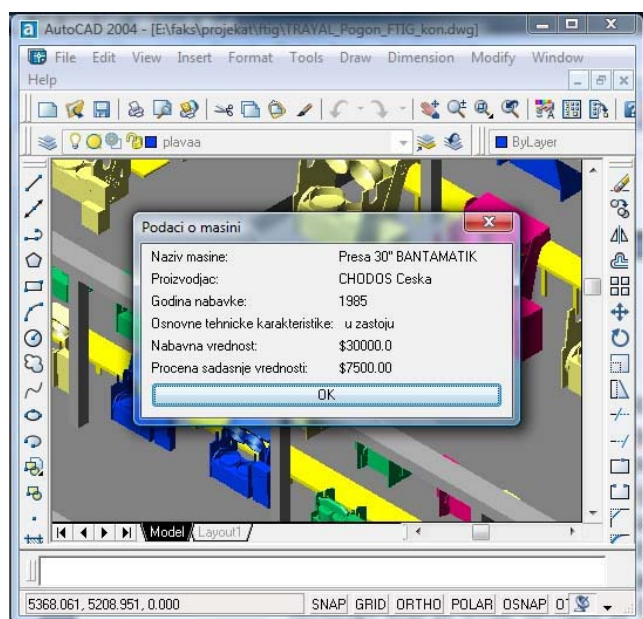
Svaki pojedinačni element opreme predstavlja nezavisan model koji se kao poseban blok čuva u biblioteci geometrijskih objekata, modul BGO, i on se uvodi u integralni geometrijski model pogona na poziciju definisanu njemu pripadajućem slogu  $\rho 1$  tabele. Paralelno, kod prikaza koriste se grafički atributi koji se takođe nalaze u istom slogu  $\rho 1$  tabele. Kodiranje stanja opreme izvršeno je primenom odgovarajuće kolor palete. Boja je vrlo pogodan nosilac informacija, tako da operator trenutno stiče uvid u stanje proizvodnog sistema u kontekstu postavljenog upita. Dovoljan je jedan pogled na grafički prikaz pogona da se sazna koji broj mašina je tog trenutka u funkciji, zastoju, ili čekanju. Ovaj interfejs je prikazan na slici 4.



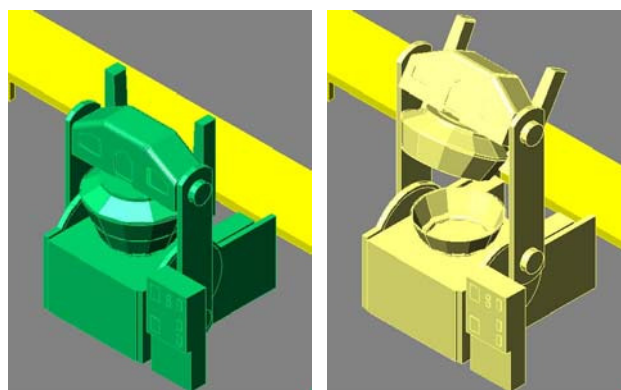
Ulaskom u detalj, operator može da 'pride' mašini, da na osnovu njenog tekućeg grafičkog prikaza vidi u kom procesnom stanju se nalazi i da korišćenjem sistemskog interfejsa za prikaz parametara grafičkog objekta dobije i vrlo širok spektar tehnoloških podataka. Dovoljno je da se klikom na konkretan grafički model u okviru AutoCAD okruženja direktno pristupi podacima koji su relevantni za postavljeni upit u alfanumeričkom obliku (slika 4).



Slika 3. Interfejs grafičkog modela proizvodnog sistema i SCADA baze podataka.



Slika 4. Dijalog boks za prikaz podataka relevantnih za postavljen upit u AutoCAD-u.



Slika 5. Grafički prikaz vulkanizacione prese u dva karakteristična procesna stanja.

Imajući u vidu da je tehnologija vulkanizacije jedna od ključnih tehnologija prerade elastomera, koja je u osnovi veliki potrošač energenata, poseban akcenat je stavljen na praćenje rada vulkanizacionih presa. Svaka presa je modelirana u dva karakteristična stanja: 1) stanje rada - alat za vulkanizaciju zatvoren i 2) u stanju pripreme, čekanja ili zastoja – alat za vulkanizaciju u otvorenom stanju. Očigledno je da je za ova dva stanja dovoljno imati dva grafička modela koji se čuvaju u biblioteci grafičkih objekata sistema (BGO). Primenom boja lejera omogućava se da se za svako od ovih stanja dojava dodatna procesna stanja. Tako na primer, presa u zatvorenom stanju prikazana u zelenoj boji znači da se u tom trenutku presa nalazi u automatskom ciklusu vulkanizacije. Alternativno, ukoliko bi se umesto zelene pojavila žuta boja, to bi značilo da je presa u zatvorenom stanju, da je u ciklusu i da u ciklusu postoje neki problemi. Primer je naveden na slici 5.

Uspostavljena sprega sa bazom podataka u kojoj se nalaze podaci prikupljeni u realnom vremenu, prema tekućem stanju proizvodne opreme, omogućuje dinamičko prikazivanje kompletnog proizvodnog pogona, uključujući i funkcije uklanjanja pojedinih sadržaja ili ulazak u detalje, do proizvoljno izabranog nivoa. Razvijeni digitalni interfejs omogućava korisniku da se 'šeta' kroz proizvodni pogon u virtuelnom prostoru računara i da po želji pristupa određenoj proizvodnoj opremi. Zahvaljujući usvojenom kolor kodu karakterističnih situacija– „semafor“ sistemu ostvarena je jednostavna i brza komunikacija sa korisnikom.

Daljim proširivanjem digitalnog modela i dodavanjem detaljnih prikaza svakog pojedinačnog dela opreme datom 3D interfejsu, moguće je formirati module za multirezolucijsko pristupanje svakom elementu opreme (npr. presi) ponaosob. Korišćenjem ovakvih modula moguće je pratiti stanje svakog pojedinačnog elementa opreme – npr. prese do željenog nivoa detalaj.

#### 4. ZAKLJUČAK

Integracijom modula za prikupljanje digitalnih i analognih senzorskih podataka sa vulkanizacionih presa i razvijene aplikacije za 3-d grafičku vizuelizaciju pogona vulkanizacije primenom specijalnih AutoLISP rutina u AutoCAD grafičkom okruženju, praktično je formiran jedan namenski SCADA sistem.

Za razliku od standardnih komercijalno raspoloživih SCADA sistema ovaj system ima mogućnost trodimenzionalnog virtuelnog kretanja kroz pogon vulkanizacije i pristup detaljnim informacijama o stanju svake vulkanizacione prese posebno. Posebno bitna odlika ovog originalnog pristupa je suštinska dinamička priroda razvijenog grafičkog interfejsa koja daje mogućnost efikasnog i pravovremenog informisanja.

Koncept koji je ovde usvojen je baziran na integraciji standardnih 3d grafičkih modelera i d-base sistema za informaciono modeliranje proizvodnih procesa i poslovnih sistema. Ključni elemenat koji nedostaje da bi se ostvarila integracija ova dva suštinski različita sistema je bidirekcionni interfejs koji obezbeđuje interaktivnost sadržaja i mogućnost izgradnje različitih funkcionalnih servisa povezanih sa tipičnim zadacima upravljanja i planiranja rada proizvodnog sistema. Ovako integrisani sistem predstavlja inovativno rešenje koje nudi kvalitativno nove sadržaje, a može se posmatrati kao kompleksni MMI interfejs (*Man-Machine-Interface*) koji u interaktivni odnos virtuelnog grafičkog modela proizvodnog pogona i informacionog modela pogona, uključuje čoveka na jedan vrlo efektivan i human način.

#### Reference:

- [1] Tehnička dokumentacije trodimenzionalnog MMI interfejsa za praćenje stanja proizvodne opreme u okviru pogona za vulkanizaciju teretne i industrijske pneumatike TRAYAL FTIP, 2005.
- [2] Boyer, A.B., Stuart A. Boyer SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition, ISA-The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2004, ISBN: 978-1556178771.
- [3] Mesarovic, M.D., Takahara, Y, General Systems Theory - Mathematical Foundation,

### **Real-Time Interactive Monitoring and Control of Enterprise Production Resources Based on Dynamical 3d Virtual Model**

#### *Abstract*

*This paper presents a hybrid concept of interactive monitoring and control system based on integration of commercially available solid modeler and SCADA developing system. Virtual model of enterprise production resources are modeled within appropriate CAD system. This CAD system should be parametric one, which is necessary to provide dynamical behavior of the VR model. Accompanying d-base system stores the data acquired continuously from production plant interfacing SCADA system with various digital control units that locally control production equipment. Report generation functions of the SCADA kernel generate necessary lookup tables which contain parametric data of geometric objects which are continuously transferred to production plant VR model. Since these lookup tables are continuously updated in correlation with changes of production equipment recognized from collected data by SCADA system, VR model of the production plant is changed too. In that way real-time dynamical behavior of enterprise production resources VR model is generated. The proposed concept is evaluated within Factory of Industrial and Truck Tires in Trayal Corporation from Krusevac.*