

PRIMJENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA VIZUELIZACIJE U PROJEKTOVANJU FLEKSIBILNIH TEHNOLOŠKIH STRUKTURA APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES OF VISUALISATION IN FLEXIBLE TECHNOLOGICAL STRUCTURES DESIGN

Aleksandar Košarac, *Mašinski fakultet Istočno Sarajevo,*
Milan Zeljković, *Fakultet tehničkih nauka Novi Sad,*
Ratko Gatalo, *Mašinski fakultet Istočno Sarajevo*

Sažetak - Predmet istraživanja u ovom radu je razvoj programskog rješenja za automatizovano modularno projektovanje pojedinih tipova mašina alatki za obradu rotacionih dijelova (mašina za obradu krajeva, strugova i brusilica), i njihovo komponovanje u fleksibilne tehnološke strukture višeg nivoa. Za realizaciju programskog rješenja primjenjen je CAD programski sistem univerzalne namjene CATIA, i programski jezik VBA, uz uvažavanje činjenice da se isto moglo realizovati primjenom bilo kog savremenog CAD programskog sistema i njemu odgovarajućeg programskog jezika. Ulazne informacije u programski sistem predstavljaju skup radnih predmeta, odnosno njihove geometrijske karakteristike, a izlaz je koncepciono rješenje fleksibilne tehnološke strukture. U cilju što vjerodostojnijeg prikaza koncepcije projektovanih komponenti i struktura višeg nivoa složenosti razvijena je i aplikacija za simulaciju rada, odnosno kretanja pojedinih komponenti. Upravljanje kretanjem pojedinih komponenti fleksibilne tehnološke strukture je izvedeno u MATLAB/Simulink okruženju, a kao interfejs između MATLAB/Simulink okruženja i virtualne realnosti korišten je VR Toolbox.

Ključne reči: Modularno projektovanje mašina alatki, fleksibilne tehnološke strukture, CATIA, MATLAB/Simulink

Abstract - Subject of research in this paper is development of application for automatic modular design of certain types of machine tools for processing rotation parts (lathes and grinding machines) and its assembly into higher level complexity flexible technological structures. For implementation of application the following has been applied: CAD program system of universal application CATIA and VBA program language, taking into consideration the fact that the same could be implemented by using any other modern CAD program system and appropriate program language. Entry information into program system represent group of working parts, i.e. their geometrical characteristics, and exit represents conceptual solution of flexible technological structure. Aiming to as authentically as possible represent conception of designed components and structures with higher level of complexity, application for simulation, i.e. movement of certain components has been developed. Control of movement of certain components of flexible technological structure has been implemented using MATLAB/Simulink environment, whilst VR Toolbox has been used as interface between MATLAB/Simulink environment and virtual reality.

Key words: Modular design of machine tools, flexible technological structures, CATIA, MATLAB/Simulink

1 UVOD

Savremeni trendovi koji vladaju u industriji prerade metala zahtjevaju proizvodnju u što kraćem vremenu i na najefikasniji način. Složenost geometrijskog oblika dijelova se povećava, rastu zahtjevi za dimenzionalnu, geometrijsku tačnost i kvalitet obrađene površine. Sa druge strane proizvodne serije su sve manje, a vrijeme pripreme proizvodnje sve kraće. Kako bi se zadovoljili postavljeni zahtjevi konstrukcija mašina alatki od konvencionalnih, odnosno klasičnih postaje modularna i/ili rekonfigurabilna, a mašine alatke sve više postaju multi-funkcionalne sa mogućnošću integracije više različitih procesa obrade. Paralelno sa tim dolazi do sve veće primjene savremenih informacionih tehnologija u svim fazama procesa projektovanja mašina alatki, uključujući i fazu projektovanja koncepcije. Primjena informacionih tehnologija može biti različita. Kao primer navodi se korišćenje savremenih CAD programskih rješenja u cilju dobijanja geometrijskih modela,

zatim pojedinih modula CAD programskih rješenja, ili pak posebnih programa, za izvođenje matematičkih, kinematskih, strukturalnih i drugih analiza. Tehnologija virtualne realnosti primenjuju se za vizuelizaciju, animaciju rada i izvođenje simulacija. Postoje i posebno razvijena programska rješenja koja pružaju podršku konstruktoru u procesu odlučivanja. Konačni cilj primjene informacionih tehnologija u procesu projektovanja koncepcije je iznalaženje optimalnog rješenja mašine alatka, odnosno strukture višeg nivoa složenosti za konkretne uslove, te smanjenje vremena i troškova projektovanja.

Jedan od načina na koji se može doći do ovog cilja je automatizacija procesa koncepcionog projektovanja, čime se projektant oslobađa manualnih i fokusira na kreativne aktivnosti. Predmet istraživanja u radu je automatizacija modularnog projektovanja mašina alatki kroz primjenu CAD parametarskih modela i baza podataka, te definisanje geometrijskih oblika na osnovu proračuna koji se izvode za

zadate uslove obrade, odnosno na osnovu ulaznih informacija o obradku. Takođe se razmatra mogućnost razvoja programske podrške za definisanje koncepcionih rješenja fleksibilnih struktura višeg nivoa složenosti, pre svega fleksibilnih tehnoloških modula (FTM) i fleksibilnih tehnoloških sistema (FTS). Kako bi se projektovana struktura mogla bolje razumjeti, proučiti, procijeniti, naročito u fazi projektovanja koncepcije kada su najmanji troškovi eventualnih izmjena, tehnologija virtualne realnosti pruža velike mogućnosti kao dopuna mogućnostima računarske grafike i konvencionalnih CAD sistema. Takođe, estetski izgled i ergonomске karakteristike su bitan faktor kvaliteta. Izgled budućeg proizvoda se u najvećoj mjeri definiše u fazi njegovog projektovanja, a izbor odgovarajućih oblika, detalja, završne obrade, površinske zaštite, odnosno sve ono što se „vidi“, podešava se u ranim fazama procesa projektovanja. Osim vizuelizacije u fazi projektovanja koncepcije važno je posedovati informacije o geometrijskim i mehaničkim karakteristikama (dimenzije, koordinate, površine, zapremine, mase, momenti inercije), ali i neke druge informacije, kao što su kinematske i dinamičke karakteristike.

Tehnologija virtualne realnosti je relativno mlada, a poznata je i kao tehnologija virtualne i proširene realnosti. Zavisno od potreba korisnika ova tehnologija pruža različite mogućnosti, od naprednih opcija računarske grafike, pa do potpunog sjedinjenja korisnika sa nestvarnim svijetom. Jedan od ciljeva ovog rada je i analiza mogućnosti primene tehnologije virtualne realnosti u procesu projektovanja koncepcije mašina alatki, tj. virtualnog testiranja projektovanih struktura.

2. SISTEM ZA AUTOMATIZOVANO MODULARNO PROJEKTOVANJE MAŠINA ALATKI I NJIHOVO KOMPONOVANJE U STRUKTURE VIŠEG NIVOVA SLOŽENOSTI

U radu je dat prikaz razvijenog programskog sistema za automatizovano projektovanje mašina alatki za obradu krajeva, struganje i brušenje građenih na modularnom principu, odnosno definisanje koncepcionih varijanti navedenih obradnih sistema, te njihovo komponovanje u strukture višeg nivoa složenosti [5]. Kao podloge za razvoj programskog sistema korištena su dosadašnja istraživanja i naučno-istraživački projekti realizovani na Institutu za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, kao i određena istraživanja u okviru posle diplomskih studijama na Mašinskom odsjeku, smjer AFTS, FTN Novi Sad.

Polazeći od principa komponovanja fleksibilnih tehnoloških struktura i na osnovu analize izvedenih rješenja fleksibilnih tehnoloških modula može se zaključiti da postoje četiri koncepciona rješenja FTM za obradu krajeva, struganje i brušenje, obzirom na vrstu manipulacionog sistema i međuoperacionog skladišta. To su sljedeća koncepciona rješenja FTM:

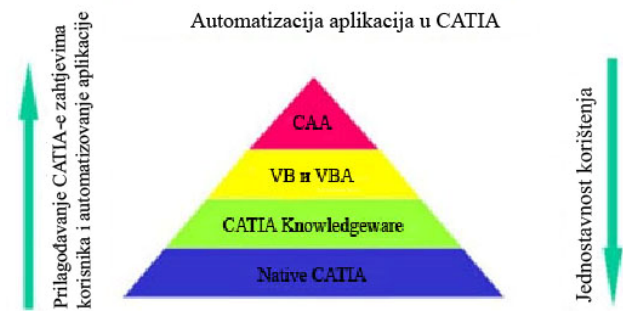
- sa višenamjenskim portalnim manipulatorom i magacinom dijelova u vidu sistemskih paleta;
- sa višenamjenskim portalnim manipulatorom i lančastim magacinom dijelova;
- sa industrijskim robotom i magacinom dijelova u vidu sistemskih paleta;

- sa industrijskim robotom i lančastim magacinom dijelova;

U ovom trenutku razvijeni programski sistem omogućava projektovanje fleksibilnih tehnoloških modula (FTM) za obradu krajeva, obradu struganjem i obradu brušenjem sa višenamjenskim portalnim manipulatorom i magacinom dijelova u vidu sistemskih paleta, sa mogućnošću da se u narednom periodu dopuni i sa preostala tri navedena koncepciona rješenja.

Za povezivanje fleksibilnih tehnoloških modula u strukture višeg nivoa složenosti - fleksibilne tehnološke sisteme (FTS), odnosno za transport sistemskih paleta između pojedinih modula, koriste se automatska transportna kolica (akronim je AGV - Automatic Guided Vehicle- srpski AVK) čije je upravljanje realizovano na induktivnom principu. Transportna staza se postavlja između fleksibilnog tehnološkog modula i pripremnog mjesta u podu proizvodne hale na pravcu na kojim se tokom tehnološkog procesa može naći potreba za kretanjem AVK -a. Na zaustavnim mjestima se nalaze senzori koji omogućuju dovoljno precizno pozicioniranje AVK -a u odnosu na izmjenjivače paleta i priprema mjesta.

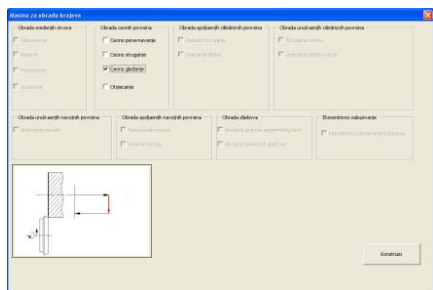
Razvoj programskog sistema za automatizovano projektovanje je realizovan u okviru *CATIA PLM* programskog sistema uz uvažavanje činjenice da se isto moglo realizovati u okruženju bilo kog savremenog CAD programskog sistema i njemu odgovarajućeg programskog jezika. Programski sistem *CATIA* omogućava prilagođavanje potrebama korisnika primjenom parametarskog i asocijativnog projektovanja, uspostavljanjem relacionih zavisnosti, formiranjem familija dijelova, ali i razvojem aplikacija u različitim okruženjima, primjenom skriptnih jezika *VBScript*, *CATScript*, *VBA* razvojnog okruženje, te *Java* i *C++* programskih jezika (sl.1).



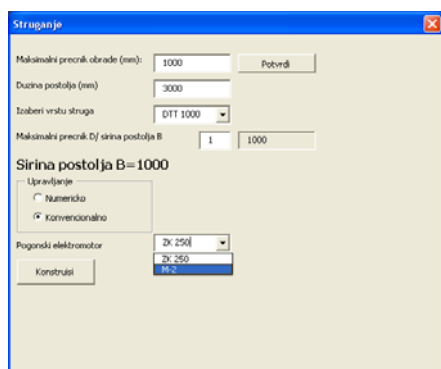
Sl. 1. Različiti nivoi automatizacije aplikacija u *CATIA* programskom sistemu [5]

Programski sistem za automatizovano modularno projektovanje je razvijen primenom mogućnosti razvojnog okruženja *Visual Basic for Application* koje je integrisano u *CATIA* programski sistem. *Visual Basic for Application (VBA)* je verzija *Visual Basic* programskog jezika i predstavlja alat za jednostavno i brzo kreiranje korisničkih aplikacija koje imaju grafički korisnički interfejs (engl. *Graphical User Interface – GUI*, i koje se pokreću i rade u okviru CAD programskog sistema. *VBA* omogućava stvaranje *Active X* komponenti, povezivanje sa relacionim bazama podataka i dr. *VBA* razvojnog okruženje je sastavni dio mnogih programskih sistema koji imaju široku primjenu, kao na primer *Microsoft Office*, ali je takođe dio savremenih CAD programskih sistema vodećih svjetskih proizvođača kao što su Autodesk ili Dassault Systèmes.

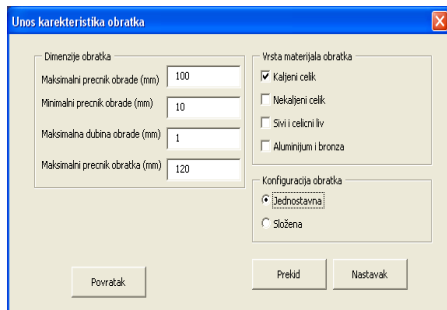
U *VBA* okruženju razvijena je aplikacija koja se pokreće iz *CATIA* programskog sistema. Aplikacija se sastoji od više povezanih korisničkih formi preko kojih korisnik unosi podatke o geometrijskim karakteristikama radnih predmeta, materijalu, potrebnim tehnološkim operacijama obrade, i druge. Primjer formi za projektovanje obradnih sistema za obradu krajeva, struganje i brušenje dat je na slikama 2-4.



Sl 2. Projektovanje mašine za obradu krajeva



Sl 3. Projektovanje strugova



Sl 4. Projektovanje brusilica

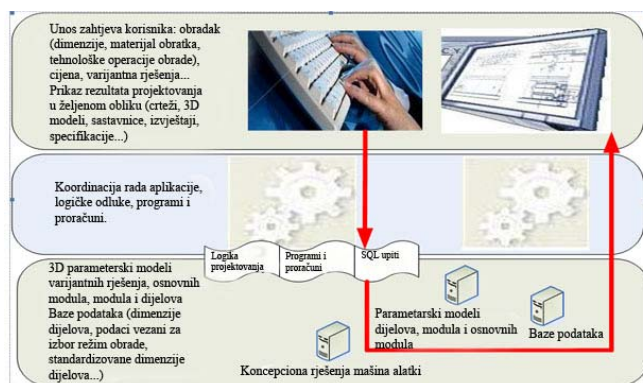
Razvijeni programski sistem za automatizovano projektovanje se sastoji od dva podsistema od kojih prvi rješava zadatke vezane za izbor koncepcione varijante, dok drugi podsistem vrši proračun dimenzionih karakteristika modula obradnih sistema.

Prvi od navedenih podsistema je baziran na logičkom odlučivanju, odnosno donošenju odluka i predstavlja određenu vrstu ekspertskog sistema. Ovdje je znanje predstavljeno deklarativno i to sintaksnom metodom, pomoću pravila. Pravila u ovom slučaju predstavljaju iskaze, koji određuju akcije. Akcije nastupaju ukoliko je zadovoljen određeni uslov, koji se sastoji od skupa pretpostavki. Pretpostavke su povezane logičkim operatorima konjukcije, disjunkcije ili negacije. Može se reći da svako pravilo predstavlja dio znanja o problemu. Projektantu sistema na raspolaganju stoje podloge u vidu mogućih koncepcionih varijanti mašina alatke, odnosno strukture većeg nivoa složenosti. Sa druge strane, projektant zadaje ograničenja

putem definisanja ulaznih podataka. Primjenom skupa pravila nad podlogama i ograničenjima dolazi se do koncepcione varijante sistema koji se projektuje, što ujedno predstavlja izlaz iz faze projektovanja koncepcije.

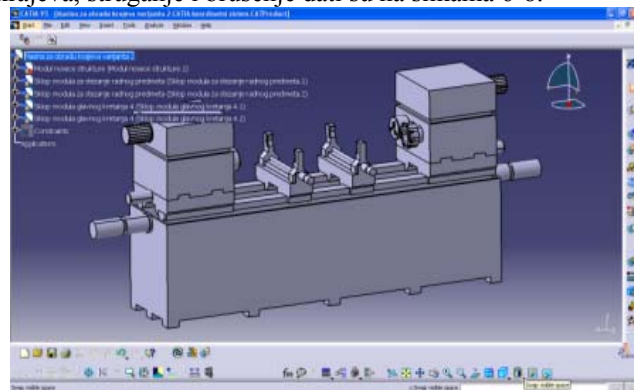
Drugi od navedenih podsistema usvaja veličine potrebne za proračun iz tabela Access relacione baze podataka, te na osnovu usvojenih veličina proračunava dimenzije modula.

Konačan rezultat predstavljaju dimenzije pojedinih modula usvojene u vidu zapisa iz baze podataka. Ove numeričke vrijednosti *VBA* pohranjuje u vidu tekstualnih fajlova, koji su povezani sa parametarskim modelima, nakon čega se vrši konkretizacija oblika, odnosno dimenzija i to osnovnih modula, funkcionalnih modula, konstrukcionih modula, te na kraju mašine alatke. Koncept rada sistema prikazan je na slici 5.

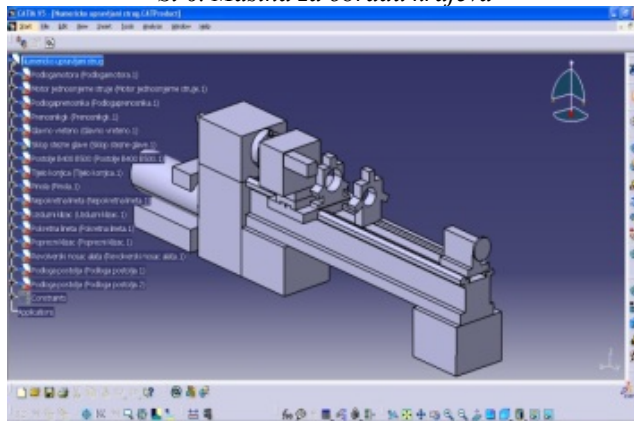


Sl 5. Arhitektura sistema za automatizovano projektovanje [5]

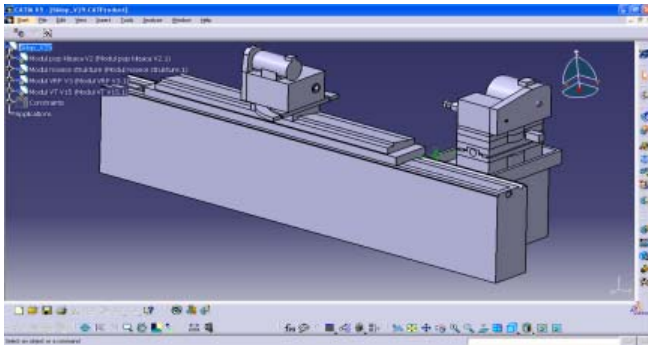
Primjeri modularno projektovanih mašina za obradu krajeva, struganje i brušenje dati su na slikama 6-8.



Sl 6. Mašina za obradu krajeva



Sl 7. NU strug



Sl 8. NU brusilica

3. PRIMJENA TEHNOLOGIJE VIRTUALNE REALNOSTI ZA ANIMACIJU RADA FLEKSIBILNIH TEHNOLOŠKIH STRUKTURA

Kako je već prethodno naglašeno, da bi se projektovana struktura mogla bolje razumjeti, proučiti, procijeniti, pogotovo u fazi projektovanja koncepcionog rješenja, tehnologija virtualne realnosti ima velike mogućnosti kao dopuna računarskoj grafici i konvencionalnih CAD sistema. Estetski izgled, kao i ergonomске karakteristike projektovane strukture predstavljaju važan parametar kriterijuma kvaliteta. Izgled budućeg proizvoda se u najvećoj mjeri definiše u fazi njegovog projektovanja, a izbor odgovarajućih oblika, detalja, završne obrade, površinske zaštite, odnosno sve ono što se „vidi“, podešava se u ranim fazama procesa projektovanja. U fazi projektovanja koncepcije važno je imati i informacije o geometrijskim i mehaničkim karakteristikama (dimenzije, koordinate, površine, zapremine, mase, momenti inercije), ali neke druge informacije, kao što su kinematske i dinamičke karakteristike. Tehnologija virtualne realnosti, koja se intenzivnije razvija od devedesetih godina prošloga vijeka nije samo moćan alat prostorne vizuelizacije, nego alat koji pruža i druge mogućnosti, kao na primjer za izvođenje različitih analiza, testiranja virtualnih modela, kretanja kroz konstrukciju i sl. Zavisno od potreba korisnika ova tehnologija pruža različite mogućnosti, od naprednih opcija računarske grafike pa do potpunog sjedinjenja korisnika sa virtualnim svijetom.

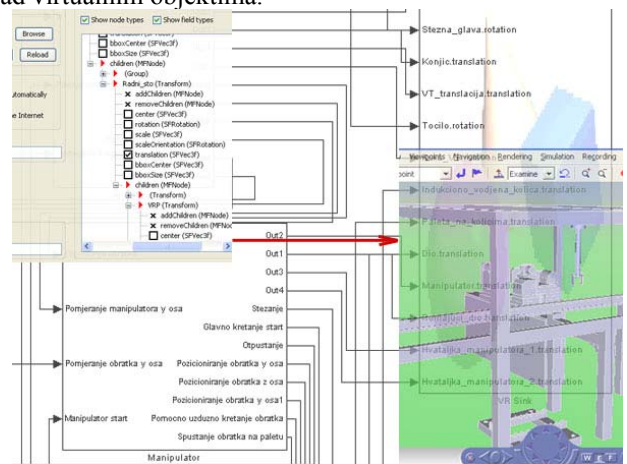
U nastavku je prikazan postupak vizuelizacije i animacije rada u okruženju virtualne realnosti fleksibilnih struktura projektovanih primjenom razvijenog programskog sistema.

Virtualni model je dobijen eksportovanjem 3D modela iz programskog sistema CATIA u jezik za modelovanje virtualne realnosti (engl. *Virtual Reality Modeling Language - VRML*). Objekti u VRML jeziku zadržavaju dimenzione karakteristike, orijentaciju koordinatnih sistema dijelova i sklopova, kao i zavisnosti „roditelj-dijete“ u stablu strukture u odnosu na modele kreirane u CATIA programskom sistemu. To je potrebno uzeti u obzir pri izradi modela u CATIA programskom sistemu, vodeći unaprijed računa o orijentaciji objekta u VRML koordinatnom sistemu. Takođe važno je uzeti u obzir da svaki kinematski modul treba da predstavlja zaseban CATIA sklop.

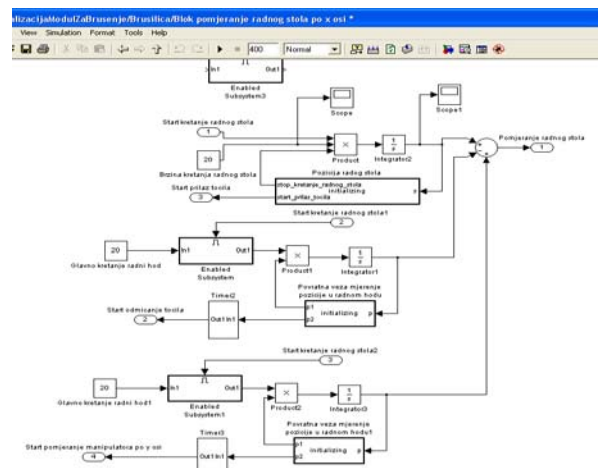
Struktura za upravljanje virtualnim modelima je definisana u MATLAB/Simulink okruženju. Struktura se gradi iz podsistema. Podsystemi za upravljanje kretanjem kinematskih modula kao osnovnih kinematskih cjelina, su građeni iz blokova Simulink biblioteke. Od ovih podsistema se grade strukture za upravljanje kretanjem virtualnih modela mašina alatki i manipulacionog sistema. Integracijom

struktura za upravljanje kretanjima mašina alatki i manipulacionog sistema dobija se struktura za upravljanje virtualnim modelom fleksibilnog tehnološkog modula. Moguće je i dalje, integrišući strukture za upravljanje fleksibilnim tehnološkim modulima i strukturu za upravljanje transportnim sistemom dobiti strukturu za upravljanje virtualnim modelom fleksibilnog tehnološkog sistema.

Kao interfejs između MATLAB/Simulink-a i 3D grafike predstavljene VRML tehnologijom korišten je VR Toolbox, slika 9. *Virtual Reality Toolbox* omogućava uspostavljanje veze između upravljačkih signala generisanih u Simulink-u (sl. 10) sa virtualnim svijetom. *Virtual Reality Toolbox* posjeduje mnoge napredne tehnike definisane VRML specifikacijama, kao što su opis 3D scena, zvuka, interne akcije i sl., dozvoljavajući korisniku skoro potpunu kontrolu nad virtualnim objektima.

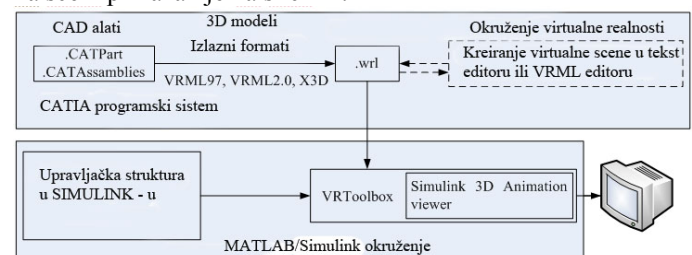


Sl 9. Virtual Reality Toolbox



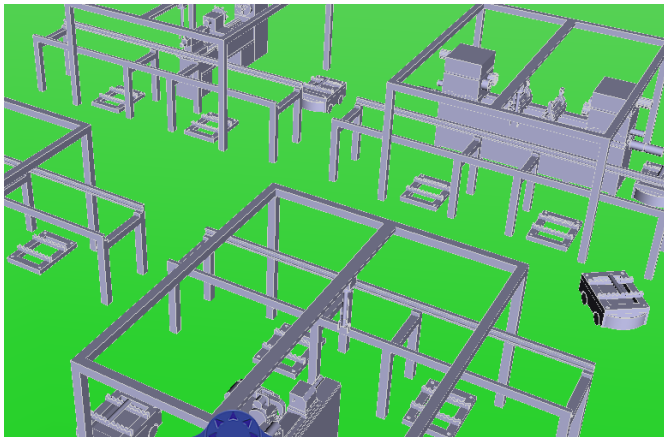
Sl 10. Struktura za upravljanje virtualnim modelima

Način definisanja virtualne scene i upravljanja objektima na sceni prikazan je na slici 11.



Sl. 11. Stvaranje virtualne scene [5]

Da bi se realizovala animacija rada određene strukture potrebno je prvo izvršiti detaljnu redosljednu, prostornu i vremensku analizu kretanja kinematskih modula. Animacija rada mašina alatki, fleksibilnih tehnoloških modula (FTM), te fleksibilnih tehnoloških sistema (FTS) se može posmatrati u okruženju virtualne realnosti korištenjem 3D animation viewer-a kao dijela Simulinka, Blaxxun Contact® plug-ina za standardne web browser-e ili se može eksportovati u datoteku .avi formata. Na slici 12. prikazan je kadar iz animacije rada modela fleksibilnog tehnološkog sistema u *Simulink 3D Animation viewer-u*.



Sl 12. Model FTS u 3D Animation viewer-u

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan programski sistem za automatizovano modularno projektovanje mašina alatki i fleksibilnih tehnoloških struktura višeg nivoa složenosti za obradu rotacionih dijelova. Ulazne informacije u programski sistem predstavlja skup radnih predmeta, odnosno njihove geometrijske karakteristike, a izlaz je koncepciono rješenje fleksibilne tehnološke strukture.

Na osnovu dobijenih rezultata proizašlih iz računarskog modelovanja mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Moguće je korišćenjem programske podrške definisati koncepciona rješenja određenih tipova mašina alatki za obradu rotacionih dijelova (mašina za obradu krajeva, strugova i brusilica), izabrati module iz baze parametarski projektovanih modula, na osnovu proračuna izvršiti usvajanje numeričkih vrijednosti i definisanje dimenzija modula, te prikazati animaciju obrade radnog predmeta;
- Moguće je kroz različit raspored pojedinih podsistema, definisati koncepciona rješenja fleksibilnih tehnoloških struktura, a zatim prikazati animaciju rada struktura.

Razvijena programska rješenja se mogu koristiti za brzo generisanje koncepcije mašina alatki, te fleksibilnih tehnoloških struktura višeg nivoa složenosti. Model projektovane strukture u virtualnom okruženju može služiti za prostornu vizuelizaciju projektovanih modela. Rezultati istraživanja se mogu koristiti i u edukativne svrhe, kao ilustracija principa modularnog projektovanja, odnosno automatizacije modularnog projektovanja. Kroz animaciju rada određene fleksibilne tehnološke strukture može se bolje razumjeti mogućnost optimizacije prostornog rasporeda komponenti strukture, i njihov rad.

5. LITERATURA

[1] Gatalo, R., Rekecki, J., Zeljković, M., Borojev, Lj., Hodolič, J.: *Fleksibilni tehnološki sistemi za obradu rotacionih izradaka, knjiga II, Osnovne komponente za obradu i njihovo komponovanje u strukture višeg nivoa*, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, 1989.

[2] Hodolič, J., Borojev, Lj., Rekecki, J., Gatalo, R., Zeljković, M.: *Fleksibilni tehnološki sistemi za obradu rotacionih izradaka, knjiga III, Manipulacioni i merno kontrolni sistemi*, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, 1989.

[3] Jönsson, A., Wall, J., Broman, G.: *A virtual machine concept for real-time simulation of machine tool dynamics*, International Journal of Machine Tools & Manufacture 45, 795-801, 2005.

[4] Kim, G.Y., *Design Virtual Reality Systems, The Structured Approach*, Springer-Verlag, 2005.

[5] Košarac, A.: *Automatizacija projektovanja i vizuelizacija rada fleksibilnih tehnoloških struktura*, Magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010

[6] Košarac, A., Zeljković, M., Požar, A.: *Vizuelizacija rada fleksibilnog tehnološkog modula za brušenje u Matlab/Simulink okruženju*, INFOTEH-Jahorina Vol. 9, Ref. C-6, p.324-327, Mart 2010.

[7] Požar, A.: *Razvoj sistema za automatizovanom modularno projektovanje koncepcionih rešenja brusilica*, Magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2001

[8] Rekecki, J., Gatalo, R., Zeljković, M., Borojev, Lj., Hodolič, J.: *Fleksibilni tehnološki sistemi za obradu rotacionih izradaka, knjiga I, Stanje, tendencije i podloge za razvoj*, Fakultet Tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, 1989.