

VIZUELIZACIJA RADA FLEKSIBILNOG TEHNOLOŠKOG MODULA ZA BRUŠENJE U MATLAB/SIMULINK OKRUŽENJU

VISUALIZATION OF FLEXIBLE TECHNOLOGY MODULE FOR GRINDING IN MATLAB/SIMULINK ENVIRONMENT

Aleksandar Košarac¹, Milan Zeljković², Atila Požar²

¹) Mašinski fakultet Istočno Sarajevo,

²) Fakultet tehničkih nauka Novi Sad,

Sadržaj: *Kako bi se projektovana struktura mogla bolje razumjeti, procijeniti, prostudirati, pogotovo u fazi projektovanja koncepcionog rješenja, kada su najmanji troškovi eventualnih izmjena, tehnologija virtualne realnosti ima veliki potencijal kao nadopuna mogućnostima računarske grafike i konvencionalnih CAD sistema. U radu je prikazan postupak vizuelizacije i animacije rada fleksibilnog tehnološkog modula (FTM) za obradu brušenjem rotacionih dijelova u MATLAB/SIMULINK okruženju. Kao primjer je prikazan FTM koga sačinjavaju sledeće komponente: brusilica za okruglo brušenje, portalni manipulator, sistemske palete i indikciono vođena kolica. Virtualni model fleksibilnog tehnološkog modula je dobijen eksportovanjem 3D modela razvijenog primjenog programskog sistema CATIA u VRML. VRML model je posredstvom VR toolbox-a povezan sa upravljačkom strukturom koja je razvijena u SIMULINK-u.*

Abstract: *In order to better understand, estimate and study of designed structure, especially in phase of conceptual design, when cost of eventually changes are lowest, virtual reality technology has a great potential as a supplement of the capability of computer graphic and conventional CAD systems. This paper shows ways for animation and visualization of flexible technology module (FTM) for grinding rotational parts in MATLAB/SIMULINK environment. As an example, FTM composed of cylindrical grinder machine, portal manipulator, pallet system and inductively guided vehicle is shown. Virtual model of FTM is gotten by exporting 3D model developed in CATIA program into Virtual Reality Modeling Language (VRML). VRML model is connected with control structure developed in SIMULINK using by VR toolbox.*

1. UVOD

Kako bi se projektovana struktura mogla bolje razumjeti, procijeniti, prostudirati, pogotovo u fazi projektovanja koncepcionog rješenja kada su najmanji troškovi eventualnih izmjena, tehnologija virtualne realnosti ima veliki potencijal kao nadopuna mogućnostima računarske grafike i konvencionalnih CAD sistema. Estetski izgled, kao i ergonomske 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 prošloga vijeka nije samo „moćan alat“ prostorne vizuelizacije, nego alat koji daje različite druge mogućnosti, kao na primjer izvođenje različitih analiza, testiranja virtualnih modela, kretanja kroz konstrukciju i sl. Zavisno od potreba korisnika ova tehnologija pruža različite mogućnosti, od naprednijih opcija računarske grafike pa do potpunog sjedinjenja korisnika sa virtualnim svijetom.

U ovom radu se prikazuju mogućnosti primjene tehnologije virtualne realnosti u fazi projektovanja

koncepcije fleksibilnih tehnoloških struktura. Ovde se tehnologija virtualne realnosti primjenjuje za potrebe vizuelizacije i animacije rada fleksibilnog tehnološkog modula (FTM) za brušenje, a u cilju boljeg razumjevanja, vrednovanja, kao i prostorne i ergonomske analize projektovane strukture.

2. KONCEPCIJA GRADNJE FTM

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 [1]. To su sledeća koncepciona rješenja FTM:

1. sa višenamjenskim portalnim manipulatorom i magacinom dijelova u vidu sistemskih paleta;
2. sa višenamjenskim portalnim manipulatorom i lančastim magacinom dijelova;
3. sa industrijskim robotom i magacinom dijelova u vidu sistemskih paleta;
4. sa industrijskim robotom i lančastim magacinom dijelova;

U radu se, kao primjer, prikazuje fleksibilni tehnološki modul za obradu brušenjem sa višenamjenskim portalnim manipulatorom i magacinom dijelova u vidu sistemskih paleta. Za povezivanje ovog modula u fleksibilnu tehnološku strukturu višeg nivoa koriste se indukcijom vođena kolica.

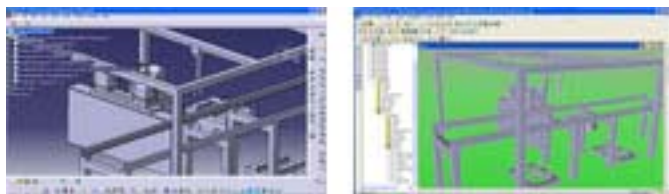
Obradni sistem čini univerzalna brusilica za okruglo brušenje. Brusilica je projektovana na modularnom principu na osnovu parametarski projektovanih modula [7]. Za automatizovano projektovanje brusilica razvijen je programski sistem koji se sastoji iz ekspertskog dijela i dijela za proračun. U ekspertskom dijelu sistema znanje je predstavljeno deklarativno i to sintaksnom metodom, pomoću pravila. Pravila u ovom slučaju predstavljaju iskaze, koji određuju akcije. Akcije nastupaju ukoliko je zadovoljen izvjestan uslov, koji se sastoji od skupa pretpostavki. Korisnik preko aplikacije zadaje početne uslove vezane za oblik radnog predmeta, na osnovu kojih program donosi odluku o koncepcionom rješenju brusilice. Nakon toga vrše se proračuni i usvajanje dimezionih karakteristika pojedinih modula iz baze podataka, te na kraju konkretizacija dimenzija i oblika modula na osnovu usvojenih veličina.

Manipulacija sa obratcima i pripremcima bazira se na korišćenju višenamjenskog manipulacionog sistema, te korišćenju sistemskih paleta kao međufaznog magacina.

Transport sistemskih paleta između pojedinih modula vrši se pomoću automatskih transportnih kolica (akronim je AGV - Automatic Guided Vehicle- srpski AVK) čije je upravljanje realizovano na induktivnom principu, uz pomoć magnetske trake. 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.

3. PRIMJENA SIMULIK OKRUŽENJA U PROCESU VIZUELIZACIJE KRETANJA 3D OBJEKATA

Virtualno okruženje predstavlja prostor određen scenom koju čine 3D objekti, osvjetljenja, materijali, okruženje i slično. Geometrijski modeli, u ovom slučaju 3D modeli FTM za brušenje, su kreirani korištenjem CAD/CAM/CAE programskog sistema CATIA. Dobijeni modeli su zatim konvertovani u VRML zapis, slika 1, koji je u Matlab okruženju, posredstvom Virtual Reality Toolbox-a, povezan sa upravljačkom strukturom, izgrađenom u Simulink-u, slika 2.



Slika 1. Model FTM u CATIA i VRML okruženju

Animacija dobijene scene se ostvaruje promjenom parametara u Simulink modelu za vrijeme njenog izvršavanja.

Virtual Reality Toolbox omogućuje uspostavljanje veze između upravljačkih signala generisanih u Simulinku sa virtualnim svijetom, odnosno predstavlja interfes između

Simulinka i 3D grafike predstavljene VRML tehnologijom. Komponente Virtual Reality Toolbox potrebne za prikazivanje i editovanje projektovane strukture su VRML viewer i VRML editor. Prvi može biti realizovan na dva načina; kao aplikacija Virtual Reality Toolbox viewer koja je dio Virtual Reality Toolbox-a, a drugi način kao dodatak za web pretraživače što daje mogućnost da se 3D grafika predstavljena VRML jezikom prikaže u standardnom web pretraživaču. VRML editor predstavlja alat za editovanje i kreiranje VRML zapisa. Na PC računarskim sistemima kao VRML editor se koristi aplikacija V-Realm Builder.

Primjenom Virtual Reality Toolbox-a moguće je:

- kreiranje upravljačkih signala za upravljanje 3D geometrijom, odnosno da se kroz Matlab/Simulink okruženje utiče na osobine virtualnog okruženja
- Izvođenje interaktivne simulacije
- Izvođenje simulacija od strane više korisnika istovremeno, uz posjedovanje samo web pretraživača na PC računaru
- Pravljenje video zapisa u avi ili wrl formatima
- Prikaz simulacija u realnom vremenu
- Interakciju sa korisnikom koja se ostvaruje povezivanjem različitih hardverskih ulaznih uređaja kao što su džojstik, uređaji za kontrolu kretanja i dr.

Primjena ove tehnologije u pojedinim fazama procesa projektovanja omogućava brže projektovanje proizvoda.

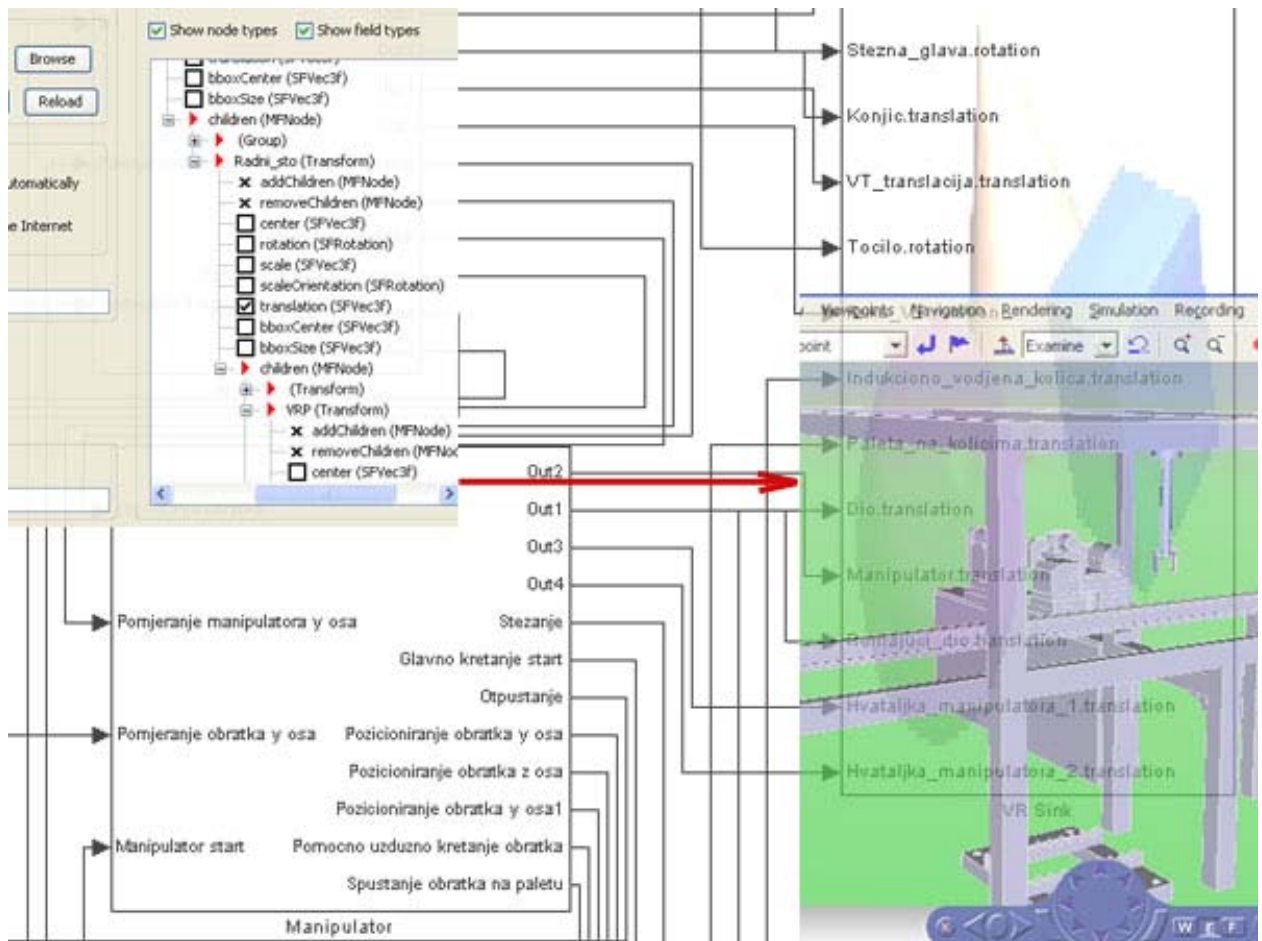
4. ANIMACIJA RADA FTM ZA BRUŠENJE

Prije nego što se počne sa modeliranjem strukture u programskom sistemu CATIA, potrebno je pažljivo isplanirati položaj, orijentaciju i kretanja koja će izvoditi struktura u virtualnom svijetu, vodeći računa o:

- interakciji između različitih kordinatnih sistema; i
- nasljeđivanju osobina stabla strukture geometrije koja se modelira u jednom okruženju, a potom importuje u drugo.

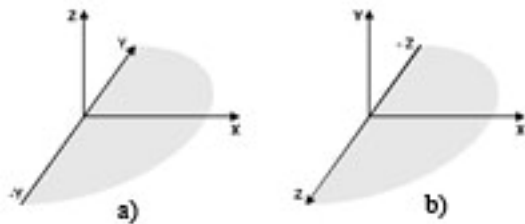
Interakcija koordinatnih sistema podrazumjeva da struktura koja se importuje u VRML zadržava orjentaciju koordinatnog sistema u kojoj je formirana. Ovo znači da se virtualna scena mora unaprijed planirati, te da se prilikom modelovanja geometrije u CATIA objekti moraju orijentisati prema koordinatnom sistemu VRML okruženja.

Pored toga, treba voditi računa o strukturi oblika u modelu tipa "roditelj – dijete". U stablu direktorijuma VRML fajla pozicija i orjentacija objekata "dijete" vezana je relativno za objekat "roditelj". "Roditelj" objekat ima svoj lokalni koordinatni sistem koji ima poziciju i orjentaciju prema svom "roditelj" objektu, ili apsolutnom koordinatnom sistemu. Pomjeranjem objekta "roditelj" pomjeraju se svi objekti koji su u stablu direktorijuma nalaze kao "djeca". Ovo znači da se svaka struktura "roditelj-dijete" koja će izvoditi bilo koje zasebno kretanje mora u programskom sistemu CATIA modelovati kao poseban sklop (Assembly) imajući u vidu da fajl koji je importovan u VRML nasljeđuje položaj elemenata u stablu strukture iz CATIA okruženja. To znači da se prije modeliranja strukture u programskom sistemu CATIA mora unaprijed planirati ne samo izgled nego i sva kretanja koja će elementi strukture izvoditi u virtualnom okruženju. Takođe treba napomenuti da u



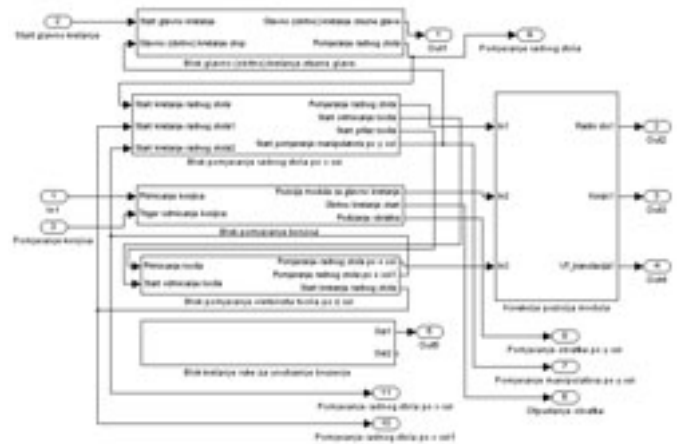
Slika 2. Virtual Reality Toolbox kao interfejs između Simulnik-a i VRML okruženja

VRML fajlu elementi u stablu strukture ne nasleđuju nazive koji su im dodijeljeni u CATIA okruženju. Na slici 3 je prikazana orijentacija Matlab koordinatnog sistema i VRML koordinatnog sistema.



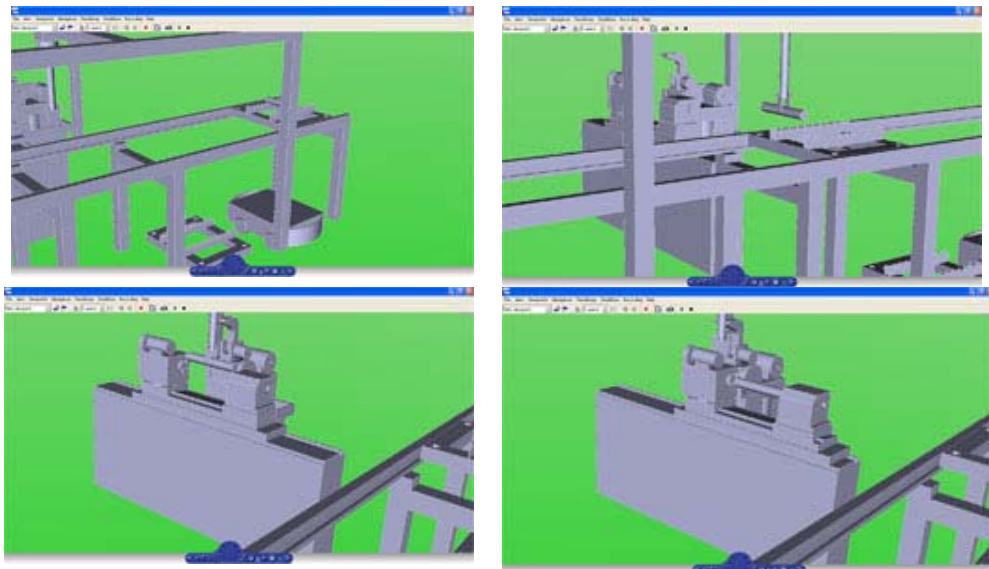
Slika 3. a) Orijentacija Matlab koordinatnog sistema
b) Orijentacija VRML koordinatnog sistema

Upravljačka struktura kreirana je u Simulinku, vodeći računa o tome da se razdvoji upravljanje kretanjem svake od komponenti FTM, slika 2. Takođe, u okviru svake od komponenti FTM, npr. brusilice, prave se blokovi koji upravljaju kretanjem osnovnih kinematskih modula, slika 4. Na ovaj način kreira se modularna upravljačka struktura koja omogućava jednostavne izmjene putanje i brzine kretanja svakog kinematskog modula. Prethodno omogućava da se pojedini blokovi mogu ponovo iskoristiti ukoliko se izmjeni koncepcija gradnje FTM-a, vrsta FTM-a (npr ukoliko se brusilica zamjeni drugom mašinom alatkom, moguće je iskoristiti geometriju i upravljačku strukturu manipulatora) ili se FTM integriše u strukture višeg nivoa kao što su fleksibilni tehnološki sistemi FTS.

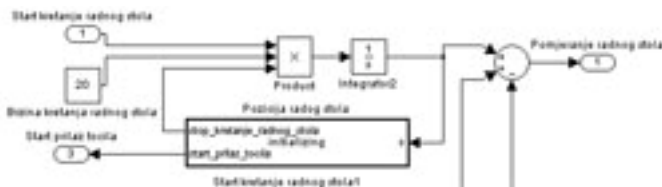


Slika 4. Upravljačka struktura brusilice

Brzina kretanja kinematskih modula se definiše u bloku Constant, dok se trenutna pozicija dobija na izlazu Integrator bloka, slika 6. Pozicija kinematskog modula se prati formiranjem povratne veze pomoću bloka MATLAB Function u kom se definiše željena pozicija kinematskog modula, slika 7. Ulaz ovom bloku predstavlja vrijednost trenutne pozicija kinematskog modula. Kada kinematski modul dostigne željenu poziciju, izlaz bloka postaje 0 i dalje kretanje kinematskog modula se zaustavlja.



Slika 5. Animacija rada fleksibilnog tehnološkog modula - FTM



Slika 6.

Ukoliko je to potrebno, blok može imati više od jednog izlaza čije vrijednosti mogu biti uslovi za početak ili kraj nekog drugog kretanja, ili uslov za izvođenje neke druge akcije.



Slika 7.

5. ZAKLJUČAK

U radu je opisan postupak animiranja rada i vizuelizacije fleksibilnog tehnološkog modula za brušenje dijelova rotacionog oblika. Komponente FTM su projektovane u programskom sistemu CATIA primenom razvijenog programskog sistema za automatizovano modularno projektovanje iz baze parametarski projektovanih modula. Geometrijska struktura je eksportovana u VRML okruženje. Upravljačka struktura je razvijena u Simulink-u, a kao interfejs između Simulink-a i VRML okruženja korišten je Virtual Reality Toolbox. Upravljačka struktura je pravljena u vidu nezavisnih blokova za svaku komponentu FTM, ali i za svaki kinematski modul u okviru komponenti FTM. Na ovaj način formirana je modularna upravljačka struktura koja omogućava jednostavnu i brzu izmjenu brzina i putanja kinematskih modula, kao i jednostavnu integraciju FTM u strukture višeg nivoa. Time se na jednostavan način došlo do vizuelizacije rada FTM za brušenje u virtualnom okruženju.

Tehnologija virtualne realnosti se primjenjuje tokom faze projektovanja konceptnog rješenja za potrebe vizuelizacije

i animacije rada u cilju boljeg razumjevanja, vrednovanja, kao i prostorne i ergonomske analize projektovane strukture.

6. 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*, Radni materijali magistarskog rada, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.
- [6] Lubura, S., Šoja, M., Đorđević, S.G.: Animacija i vizuelizacija mehatroničkih sistema u Matlab-Simulink okruženju, I dio, *INFOTEH-Jahorina*, Vol. 8, Ref. E1-2, p.790-794, Mart 2009.
- [7] Požar, A.: *Razvoj sistema za automatizovanom modularno projektovanje konceptonih 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.
- [9] Tolio, T.: *Design of Flexible Production Systems, Methodologies and Tools*, Springer, 2009.