



Nacionalna konferencija sa međunarodnim učešćem
Fakultet tehničkih nauka u Čačku, 20-22. Septembar 2013.

National Conference with international participation
Faculty of technical sciences in Cacak, 20-22. September 2013.

UDK: 004.42

Stručni rad

EDUKACIONI SISTEM EDUMAT ZA PROGRAMIRANJE CNC MAŠINA ALATKI

EDUCATIONAL SYSTEM EDUMAT FOR PROGRAMMING CNC MACHINE TOOLS

Saša Živanović¹, Miloš Glavonjić¹, Dragan Milutinović¹, Nikola Slavković¹,
Zoran Dimić², Vladimir Kvirgić²

¹Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

²LOLA Institut, Beograd

¹szivanovic@mas.bg.ac.rs, mglavonjic@mas.bg.ac.rs, dmilutinovic@mas.bg.ac.rs,
nslavkovic@mas.bg.ac.rs, ²zoran.dimic@li.rs, vladimir.kvirgic@li.rs

Apstrakt: U radu je predstavljen edukacioni sistem EduMAT za edukaciju u konfigurisanju, programiranju i rukovanju numerički upravljanih mašina alatki, na primeru razvijene edukacione stonice troosne mašine sa paralelnom kinematikom. Ovaj edukacioni sistem je primenljiv i u obuci NU programera i operatera, kao i za obuku korisnika CAD/CAM softvera. Stona troosna mašina sa paralelnom kinematikom kao osnova edukacionog sistema je namenjena za trening i edukaciju u visokoškolskim ustanovama, srednjim školama i fabrikama. Prednost primene edukacionog sistema EduMAT je mogućnost pojedinačne obuke polaznika, gde svaku polaznik ima svoju mašinu za samostalan rad.

Ključne reči: EduMAT, edukacija, NU programiranje, CAD/CAM, pojedinačna obuka.

Abstract: This paper presents an educational system EduMAT for education in the fields of configuring, programming and operating of numerically controlled machine tools, using an example of the developed educational desktop 3-axis parallel kinematic machine. The educational system is applicable in CNC training of programmers and operators, as well as in the training of CAD / CAM software users. Desktop 3-axis parallel kinematic machine as the basis of the educational system is intended for training and education in higher education institutions, secondary schools and factories. The advantage of using EduMAT educational system is the possibility of individual training of students, where each student has his own machine for individual work.

Key words: EduMAT, education, NU programming, CAD/CAM, individual training

1. UVOD

Savremena proizvodnja je zasnovana na CNC mašinama alatkama. Za programiranje i rukovanje ovakvim mašinama alatkama potrebna je sveobuhvatna edukacija na različitim nivoima školovanja (na fakultetima, visokim i srednjim školama) kao i adekvatna obuka u fabrikama i kod zastupnika CAD/CAM softvera. Za ovakvu edukaciju su neophodni resursi, pre svega je potrebna CNC mašina alatka, koja može biti edukaciona stona ili industrijska varijanta mašine [1].

Do sada su se ovi problemi aktuelnosti opreme za edukaciju rešavali nabavkom i edukacionih mašina industrijskog tipa i edukacionih mašina stonog tipa. Njihova nabavka zahtevala je značajna ulaganja, što je uzrokovalo nabavku veoma malog broja ovih edukacionih mašina, koje nemaju dovoljne kapacitete za kvalitetnu obuku svih kandidata. Stoga veliki broj tehničkih fakulteta, visokih i srednjih škola, imaju nedovoljno, ili uopšte nemaju edukacione mašine, a imaju veliku potrebu za njima. Najviše sistema za edukaciju u Srbiji je kupljeno od firme EMCO Education Ltd. Drugi veliki ponuđači ovakvih sistema su Roland DG Corporation, The Cool Tool, Renishaw i drugi. U našoj zemlji ne postoji proizvođač edukacionih mašina.

Svoje potrebe za osnovnim resursom u edukaciji mogu se realizovati nabavkom četiri postojeća tipiska rešenja na tržištu i to [1]:

- edukacioni modularni kompleti (na nivou igračaka) za najniži nivo edukacije,
- edukacioni sistemi na bazi standardnih komponenata za viši nivo edukacije,
- edukacioni sistemi stonog tipa za viši i visoki nivo edukacije i
- edukacione mašine alatke industrijskog tipa za najviši nivo obuke i edukacije.

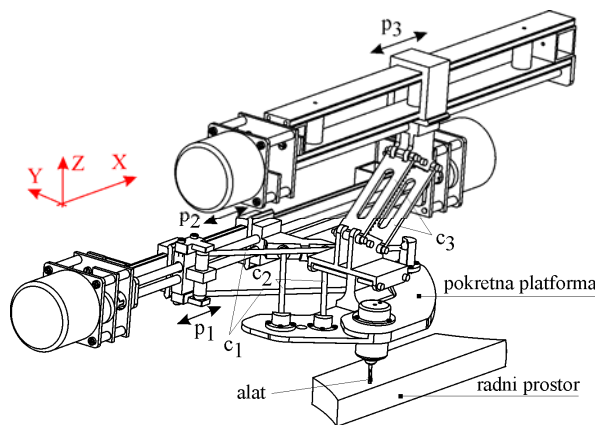
Dosadašnji način praktičnog rada i verifikacije programa pri edukaciji za CNC tehnologije uglavnom se svodi na grupni način rada, slika 1. To u stvari znači da se verifikacija programa polaznika edukacije vrši na jednoj dostupnoj CNC mašini alatki, ili se svodi samo na verifikaciju primenom CNC simulatora, bez postojanja stvarne mašine. Ukoliko se verifikacija programa radi na jednoj mašini, u tom slučaju je veliki broj polaznika oko mašine (slika 1.), bez mogućnosti direktnog učešća u verifikaciji i rukovanju mašinom.



Slika 1. Najčešći primer praktičnog rada pri edukaciji za CNC tehnologije, grupna verifikacija dobijenih programa

Osnovna ideja edukacionog sistema EduMAT je da svaki polaznik ima svoje radno mesto za samostalan rad, čime se ostvaruje pojedinačna obuka. Na ovaj način svaki kandidat samostalno verifikuje programa i rukuje mašinom tokom obrade.

2. EDUKACIONA STONA TROOSNA MAŠINA SA PARALELNO KINEMATIKOM



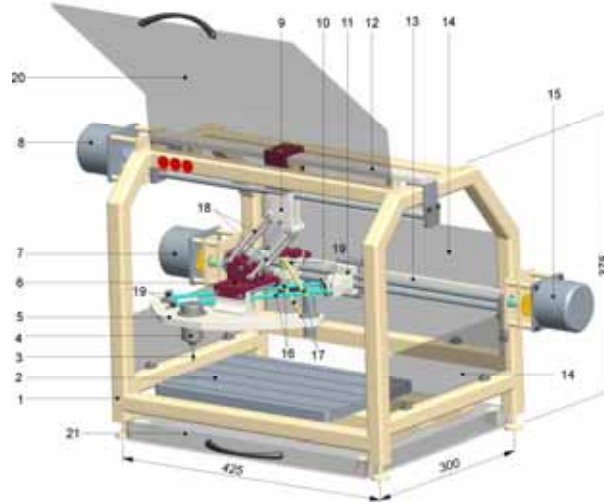
Slika 2. CAD model paralelnog mehanizma pn101

Edukaciona stona troosna glodalica sa paralelnom kinematikom [1-6], na kojoj se bazira i edukacioni sistem Edumat, spada u grupu mašina alatki nove generacije. CAD model primenjenog paralelnog mehanizma [2,4] edukacione stone troosne mašine sa paralelnom kinematikom je prikazan na slici 2. To je kombinovani prikaz CAD modela i dobijenog radnog prostora. Kao što se može videti, mehanizam se sastoji od pokretne platforme, tri zglobna paralelograma c_1 , c_2 i c_3 i dve paralelne vođice, koje se vezuju za noseću strukturu mašine. Dva ukrštena zglobna paralelograma c_1 i c_2 , sa sfernim zglobovima, su jednim svojim krajevima vezani za pokretnu platformu dok su drugim svojim krajevima vezani za nezavisne klizače p_1 i p_2 koji sa jednom zajedničkom vođicom na bazi čine dva osnažena i upravljana translatorna zglobova. Treći zglobni paralelogram c_3 je jednim svojim krajem, preko pasivnih translatorno-obrtnih zglobova sa 2 stepena slobode, vezan za pokretnu platformu, dok je drugim svojim krajem obrtnim zglobovima vezan za klizač p_3 koji sa vođicom na bazi čini treći osnaženi i upravljani translatorni zglob. Pokretanjem klizača p_1 , p_2 i p_3 se obezbeđuju 3 stepena slobode pokretne platforme odnosno alata tako da platforma pri kretanju u prostoru ostaje paralelna samoj sebi, odnosno zadržava konstantnu orijentaciju u prostoru.

CAD model realizovane mini laboratorijske i edukacione stone troosne glodalice sa paralelnom kinematikom pokazan je na slici 3. Osnovni delovi sa slike 3 su: 1-noseća struktura, 2-radni sto, 3-alat, 4-glavno vreteno, 5-pokretna platforma, 6-pasivni translatorno-obrtni zglob, 7-koračni motor ose p_1 , 8- koračni motor ose p_2 , 9-klizač p_3 , 10-klizač p_1 , 11-klizač p_2 , 12- vođice ose p_3 , 13-vođice osa p_1 i p_2 , 14-zaštita zone obrade, 15-motor p_2 , 16-spojke c_2 , 17-spojke c_1 , 18-spojke c_3 , 19-sferni zglobovi, 20-zaštitni poklopac, 21-prostor za skupljanje strugotine.

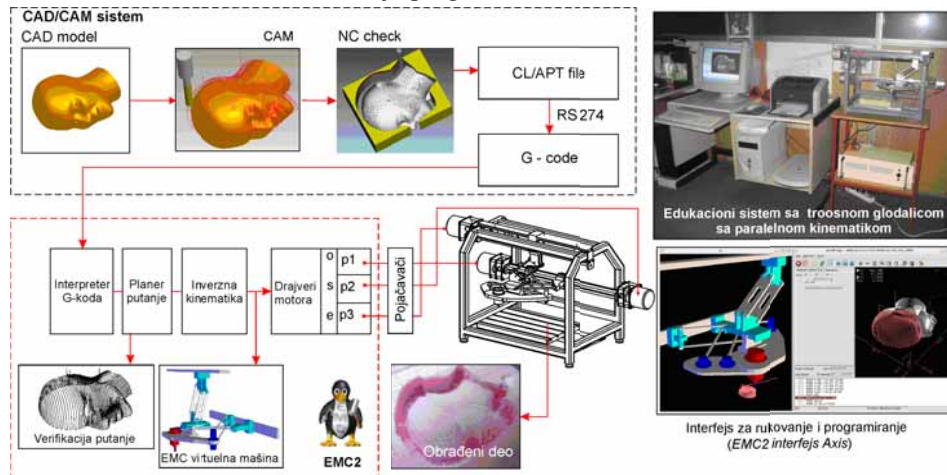
Novine u našem edukacionom sistemu, u odnosu na slične postojeće u našoj zemlji i okruženju, jesu: (i) ugrađen je originalni patentirani troosni mehanizam sa paralelnom kinematikom [2], umesto serijskih mehanizama u postojećim sistemima, koji je glavni

deo našeg edukacionog sistema; (ii) za upravljanje se koristi PC. Na njemu je implementiran pogodan interfejs za rukovanje i programiranje mašine, slika 4.; (iii) operativni sistem je Linux, sa proširenjem za rad u realnom vremenu; (iv) sistem za upravljanje ima modernu otvorenu arhitekturu. U njemu je implementirana i naša virtuelna mašina [7] (slika 4), koja se koristi za simulaciju i verifikaciju programa; (v) programiranje se vrši pomoću G kôda, bez ograničenja u odnosu na pripremne i pomoćne funkcije, koordinatne sisteme i korekcije alata i (vi) upravljanje i rukovanje se vrši u spoljašnjim, Dekartovim koordinatama. To rukovaocima i instruktorima za naš sistem olakšava rad.



Slika 3. Mini laboratorijska i edukaciona stona troosna glodalica sa paralelnom kinematikom pn101_st V1.5

Prikaz pripreme i verifikacije programa za edukacionu stonu mašinu sa paralelnom kinematikom u CAD/CAM okruženju je pokazan na slici 4. Verifikacija programa obrade simulacijom uklanjanja materijala je moguća u NC Chek modulu CAD/CAM sistema (ovde Pro/Engineer). Dodatna verifikacija putanje alata se realizuje i na virtuelnoj mašini u okviru softvera EMC2. Na ovoj slici je pokazan i izgled radnog mesta kao i virtuelna mašina za verifikaciju programa.



Slika 4. Upravljanje i programiranje

3. PRIMENE EDUKACIONOG SISTEMA EDUMAT

U sistemima edukacije na svim nivoima obrazovanja sada se koriste mašine sa serijskom kinematikom, dok je u industriji u toku smena generacija postojećih obradnih sistema sa serijskom kinematikom obradnim sistemima nove generacije, čiju okosnicu čine obradni sistemi sa paralelnom kinematikom [8]. Taj trend u smeni generacija bi trebalo pratiti i u edukaciji, što je i suština edukacionog sistema EduMAT. Karakteristike edukacionog sistema EduMAT: (i) po performansama za obuku je ekvivalentan najmodernijim CNC mašinama; (ii) ne zahteva industrijske instalacije, skupo održavanje, veliki prostor za smeštaj i sl.; (iii) ima neuporedivo nižu cenu, bez umanjivanja performansi, (iv) umesto jedne industrijske mašine, nabavkom većeg broja stonih mašina se može formirati učionica – Centar za edukaciju i obuku; (v) zadržava se kvalitet edukacije kao na industrijskoj mašini, ali i omogućava pojedinačnu edukaciju.

Edukacioni sistem EduMAT čine: (i) mini laboratorijska i edukaciona stona 3-osna glodalica sa paralelnom kinematikom; (ii) sistem za upravljanje otvorene arhitekture na PC Linux platformi i softveru EMC2 ; (iii) virtuelna mašina za verifikaciju programa (Python). Edukacioni sistem EduMAT se može koristiti u edukaciji pri konfigurisanju, upravljanju, programiranju i rukovanju CNC obradnim sistemima.

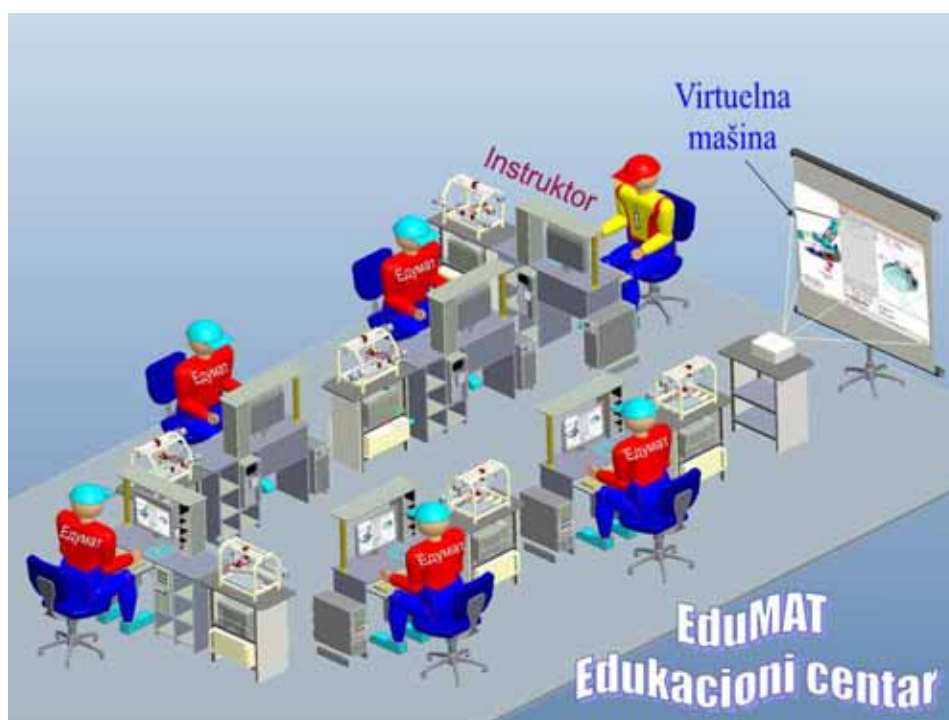
Sistem za upravljanje opremljen je dovoljno jakim interpreterom G kôda i grafičkom simulacijom programa. Zbog toga se mogu preuzeti programi sa bilo kog CAD/CAM sistema u kojem je pravilno konfigurisan postprocesor za naš sistem. U sistem je ugrađena i virtuelna mašina za potrebe verifikacije programa [4,7], čime se rešava problem brzog razvoja CAD/CAM sistema i stalnog usavršavanja i/ili inoviranja formata i povećavanja dužina programa za obradu primenom tehnologije numeričkog upravljanja. Ovaj edukacioni sistem je pripremljen da radi u okruženju u kojem se vrši digitalizovano projektovanje, proizvodnja i upravljanje proizvodnjom, ne zaostajući po tome za profesionalnim obradnim sistemima i ostajući za generaciju napredniji od raspoloživih edukacionih sistema. Tada je omogućeno kratkotrajnije i jeftinije verifikovanje projekata i kompleksnih proizvoda pomoću njihovih digitalnih prototipova, ali i neophodnih materijalnih prototipova napravljenih primenom neke od agilnih tehnologija. Zbog toga se naš sistem može konfigurisati i za posrednu realizaciju nekih tehnologija dodavanja materijala obradom čeonim glodanjem, sloj po sloj.

Obično se za razvoj digitalnih tehnoloških sistema računa na ove četiri grupe tehnologija, u kojima je primenljiv edukacioni sistem EduMAT: (i) grupa digitalnih tehnologija za razvoj proizvoda, simulacije i optimizaciju. Neke od njih su: CAD, CAM, RP (Rapid Prototyping), VM (Virtual Manufacturing). (ii) grupa digitalnih tehnologija za mašinsku obradu i tok materijala. Neke od njih su prve tri generacije numeričkog upravljanja: NC, CNC (Computer Numerical Control) i DNC (Direct Numerical Control). Naš sistem je u toj grupi reprezentativan po dva osnova: (a) ima upravljanje otvorene arhitekture implementirano na PC (PC CNC), što je sada aktuelna koncepcija upravljanja i profesionalnih mašina; (b) omogućava pravu stonu proizvodnju, jer preuzimanje programa i rad po njima može vršiti pod direktnim nadzorom sistema na kojem je projektovan proizvod, čije se komponente izrađuju u našem sistemu (DNC) itd.

(iii) grupa tehnologija za umrežavanje i kooperaciju resursa, WEB tehnologije. Naš sistem je prilagođen za takvu podelu rada, a u proceduri konfigurisanja sistema za nadzor i dijagnostiku moguće ga je pripremiti kao holon, koji pružima i izvršava programe i od udaljenih resursa i za udaljene korisnike.

4. EDUMAT EDUKACIONI CENTAR

Edukaciona troosna glodalica sa paralelnom kinematikom, na kojoj se bazira i jedan ceo edukacioni sistem, ima mogućnost višestruke primene na različitim nivoima i sa različitim temama edukacije. Ovakav resurs je pogodna za formiranje učionica ili obrazovnih edukacionih centara sa edukacionim mašinama, gde će svakom polazniku mašina biti pojedinačno dostupna za samostalan rad tokom edukacije, kao što je pokazano na slici 5.



Slika 5. EduMAT edukacioni centar

Izgled jednog pojedinačnog radnog mesta za polaznika je pokazano na slici 6 i obuhvata stonu edukacionu mašinu, odgovarajući softver za upravljanje (EMC2) i virtuelnu mašinu za prethodnu verifikaciju programa (G koda). Sa ovom idejom autori ovog rada su učestvovali i u finalu takmičenja za najbolju tehnološku inovaciju za 2011. godinu. EduMAT je predstavljen i na sajmu najboljih tehnoloških inovacija za 2011. godinu, slika 7.



Slika 6. Izgled jednog EduMAT radnog mesta



Slika 7. EduMAT sistem i troosna mašina sa paralelnom kinematikom na Sajmu najboljih tehnoloških inovacija 2011. godine

Na Mašinskom fakultetu u Beogradu je napravljen i isproban prototip našeg edukacionog sistema. Studenti koriste ovaj resurs na predmetima Mašine alatke i roboti nove generacije i Mašine alatke M u okviru laboratorijskih vežbi. Na slici 8 je pokazan trenutni izgled EduMAT edukacionog centra, sa jednom stonom troosnom mašinom sa paralelnom kinematikom i 5+1 radnim mestom sa virtuelnim mašinama. Rad instruktora se može pratiti na video bimu, dok kandidati prate i samostalno upravljaju virtuelnom mašinom na svom radnom mestu. Krajnji cilj je da sva radna mesta pored virtuelnih budu opremljena i stonim edukacionim mašinama sa paralelnom kinematikom.



a) Instruktor



b) Izgled učionice sa 5+1 radnih mesta

Slika 8. Trenutno stanje EduMAT edukacionog centra

5. ZAKLJUČAK

Edukaciona troosna glodalica sa paralelnom kinematikom, na kojoj se bazira i jedan ceo edukacioni sistem EduMAT, ima za cilj podizanje nivoa edukacije na svim nivoima na značajno viši nivo. Osnovna ideja je prelazak sa grupnog rada na pojedinačni, gde će svaki polaznik edukacije imati svoje mesto za samostalan rad.

Za edukaciju u programiranju se obično koristi redukovani format G kôda, često ograničene dužine, zbog kapaciteta memorije sistema za upravljanje, ili zbog raspoložive

komunikacije u samom edukacionom sistemu. Za simulaciju i verifikaciju programa često se nude posebni simulatori interpretera programa na PC. Stečena znanja nisu primenljiva na mašine sa paralelnom kinematikom, rekonfigurabilne obradne sisteme, virtuelne mašine i slične reurse digitalnih tehnologija. Primena edukacionog sistema EduMAT nema ovih ograničenja, i uspešno se koristi za izvođenje nastave na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, u okviru laboratorijskih vežbi.

Edukacioni sistem je primenljiv u oblastima konfigurisanja, upravljanja, programiranja i rukovanja CNC obradnim sistemima. U edukacioni sistem je ugrađena mašina sa paralelnom kinematikom, koja se upravlja u spoljašnjim koordinatama i programira kao mašina sa serijskom kinematikom, sa istim brojem osa, tako da takva koncepcija ne predstavlja problem ni za rukovaoca ni za programera. Time smo doprineli rešavanju problema edukacije na numerički upravljanim mašina alatki koje se neprekidno usavršavaju, ali i povremeno revolucionarno menjaju.

LITERATURA

- [1] Živanović, S. *Razvoj edukacione mašine sa paralelnom kinematikom*, Zaduzbina Andrejevic, Beograd, 2012.
- [2] Glavonjić, M., Milutinović, D., Kvirgić, V. *Troosni prostorni paralelni mehanizam, mašina alatka i industrijski robot sa tim mehanizmom*, Patent broj RS50375B, Republika Srbija, Zavod za intelektualnu svojinu, 10.11.2009.
- [3] Milutinovic, D., Glavonjic, M., Kvirgic, V., Zivanovic, S., *A New 3-DOF Spatial Parallel Mechanism for Milling Machines with Long X Travel*, CIRP Annals - manufacturing technology, vol. 54/1, pp. 345-348, 2005.
- [4] Glavonjic, M., Milutinovic, D., Zivanovic, S., Dimic, Z., Kvirgic, V., *Desktop 3-axis parallel kinematic milling machine*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 46, pp 51-60, 2010.
- [5] Živanović, S., Glavonjić, M. *Metodologija funkcionalnog konfigurisanja novih mašina alatki*, 35. JUPITER konferencija, Zbornik radova, str.3.1-3.7, Mašinski fakultet, Beograd, jun 2009.
- [6] Zivanovic, S., Glavonjic, M., Dimic, Z. *Methodology for Configuring Desktop 3-axis Parallel Kinematic Machine*, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, FME Transactions, vol.37, pp. 107-115, 2009.
- [7] Živanović, S., Glavonjić, M., Dimić, Z., *Konfigurisanje virtuelne mašine troosne glodalice sa paralelnom kinematikom za simulaciju i verifikaciju upravljanja i programiranja*, XI međunarodni naučno-stručni Simpozijum INFOTEH-JAHORINA 2012, Zbornik radova Vol. 11, str. 464-469, mart 2012.
- [8] Weck, M., Staimer, D. *Parallel Kinematic Machine Tools – Current State and Future Potentials*, Annals of the CIRP, vol. 51/2, pp 671-681, 2002.