

testARS: Pregled zbirki optički čitanih testova

Predrag R. Jovanović, Andrija M. Bošnjaković, Igor I. Tartalja

Sadržaj — Rad opisuje unapređenja programa *testARS* za optičko prepoznavanje i bodovanje testova. Navedene su nove funkcionalnosti koje povećavaju kvalitet i upotrebljivost programa, kao i rešenja problema uočenih u dosadašnjem višegodišnjem korišćenju prethodne verzije programa. Posebno je obraćena pažnja na efikasnost prilikom pregledanja testova kojima je obuhvaćeno više stotina kandidata, uz podršku većeg broja načina skeniranja popunjениh obrazaca. U radu su ukratko predstavljeni najznačajniji koncepti upotrebe nove verzije programa, među kojima se posebno izdvaja podrška za rad sa zbirkama obrazaca.

Ključne reči — bodovanje testa, obrazac, skeniranje, test, zbirka testova.

I. UVOD

NA Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu je već duže vreme u upotrebi programski sistem *test* [1], čija je namena pripremanje pitanja, sastavljanje i pregledanje testova, te pravljenje potrebnih izveštaja o rezultatima testova. Program *testARS* (skraćenica potiče od *test Answer Recognition and Scoring*) je jedan od ključnih elemenata paketa *test*. Njegov zadatak je da skenira i pregleda obrasce sa odgovorima studenata na pitanja sa ponuđenim odgovorima, te da na osnovu prepoznatih odgovora i pravila bodovanja testa na koji se obrasci odnose, odredi odgovarajući broj poena.

Na razvoju programa *testARS* je radio veći broj programera. Zajednički deo svih verzija je algoritam prepoznavanja obrasca metodom kontrolnih tačaka, koji je u svakoj verziji po malo modifikovan. Prva verzija [2] je radila pod operativnim sistemom MS DOS, na računaru klase 286 sa Hercules grafičkom karticom. Sa napretkom tehnologije, program je prilagođen operativnom sistemu Windows [3], [4]. Zatim je program proširen u skladu sa idejama nastalim tokom korišćenja programa [5], [6].

II. MOTIVI ZA UNAPREĐENJE PROGRAMA TESTARS

U ranijim verzijama, korisnik programa je pomoću TWAIN izvora (najčešće ručnog skenera) unosio sliku obrasca koju je *testARS* potom odmah obrađivao. Nakon obrade obrasca, korisniku su na raspolaganju bili odgovori studenta na pitanja iz testa, indeks studenta i varijanta ispitana. Nakon eventualnih izmena, dobijeni podaci su bili snimani u određenom formatu u izlazni fajl. Potom je korisnik skenirao naredni obrazac, pri čemu je slika upravo obrađe-

P. R. Jovanović, Drenik, ND d.o.o, Deligradska 19, 11000 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-2659-641; e mail: pjsoft@drenik.net).

A. M. Bošnjaković, I. I. Tartalja, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija; (telefon: 381-11-3218-385; e mail: andrija@etf.rs, tartalja@rcub.bg.ac.yu).

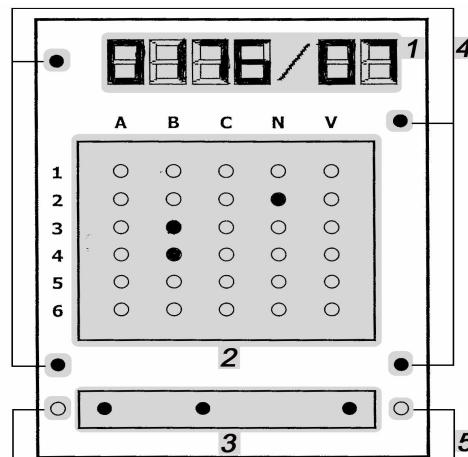
nog obrasca bila obrisana.

Prethodna verzija programa (verzija 2.0) se u praksi pokazala stabilnom i korisnom, ali se kroz njenu eksploraciju pojavilo nekoliko ideja za unapređenje. Osnovni ciljevi su bili povećanje pouzdanosti programa i povećanje brzine skeniranja popunjениh obrazaca, uz što veću fleksibilnost podešavanja parametara. Posebno je bilo značajno proširiti program mogućnošću rada sa obrascima dobijenim korišćenjem skenera sa automatskim prihvatanjem papira (engl. *ADF – Automatic Document Feeder*), koji bez intervencije korisnika skenira sve obrasce i snima ih u određeni grafički format (višestrani TIFF, engl. *Multi-page TIFF*). Zatim je trebalo realizovati vizuelni sistem podešavanja metričkih parametara obrasca i omogućiti napredno manipulisanje kako pojedinačnim obrascima, tako i zbirkama obrazaca. Pored korisniku vidljivih izmena, uočena je potreba za restrukturiranjem i doradom programskega koda tako da prati određene konvencije, koje olakšavaju timski rad i budući razvoj.

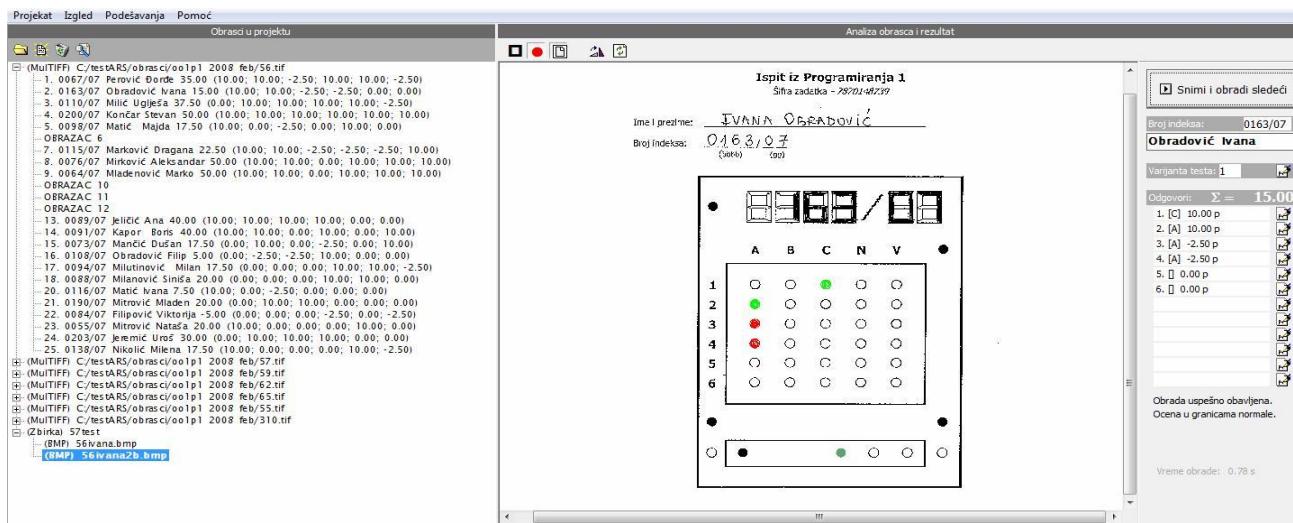
III. IZGLED OBRASCA

Slika 1 prikazuje osnovne tri logičke celine obrasca i kontrolne tačke. Logičke celine su polja za broj indeksa (koji predstavlja jednoznačnu identifikaciju kandidata), odgovori kandidata na pitanja i kodirana varijanta testa. Kontrolne tačke su neophodan element za otkrivanje rotacije i eventualnog izobličenja (čestog pri ručnom skeniranju), odnosno za pronaalaženje pozicija ostalih elemenata od interesa na popunjrenom obrascu.

Indeks je, za potrebe automatskog pridruživanja bodova odgovarajućem kandidatu i snimanja rezultata, predstavljen sedmosegmentnim cifarama koje popunjavaju kandidati. Test može imati nekoliko različitih varijanti sa istim



Slika 1 – Izgled tipičnog test obrasca, sa posebno označenim celinama: 1. indeks ili identifikacioni broj, 2. mesto za označavanje odgovora, 3. kodirana varijanta obrasca, 4. popunjene kontrolne tačke, 5. prazne kontrolne tačke.



Slika 2 – Osnovni prozor sa zbirkom obrazaca, vizuelno rešenom u obliku stabla.

pitanjima. U ovim varijantama je permutovan redosled pitanja i ponuđenih odgovora unutar pitanja. Varijanta testa je binarno kodirana na svakom obrascu. Krajnji rezultat analize svih ključnih površina na obrascu može biti opisan kao skup tri logička parametra: indeksa, varijante testa i odgovora na pitanja.

Obrazac je u elektronskoj formi predstavljen slikom u nekom od podržanih formata. Program podržava najčešće korišćene formate slike za odgovarajuće vrste skeniranja dokumenata. U slučaju ručnog skeniranja najčešće korišćeni su BMP i TIFF formati. Kod uređaja sa mogućnošću automatskog skeniranja većeg broja obrazaca, najčešći je višestrani TIFF. Treba pomenuti da *testARS* uspešno čita ovaj format čak i u varijantama formata sa prime-nom CCITT G3/G4 kompresije, koju tipično koriste telefaks uređaji, ali koja se sreće i kod pojedinih skenera.

IV. FUNKCIONALNA SPECIFIKACIJA RADA SA OBRASCIMA

Kao najbitnije nove funkcionalnosti biće opisani osnovni prozor za rad i manipulaciju obrascima jednog testa, te vizuelno podešavanje metričkih karakteristika obrasca pomoću miša. Na kraju će u kratkim crtama biti navedene mogućnosti rada nad bazom bodovanih testova kandidata, koju program interno formira.

A. Osnovni prozor za rad sa zbirkom obrazaca

Slika 2 prikazuje novi korisnički interfejs. Postojeći mehanizam pojedinačnog skeniranja obrazaca je zadržan kao mogućnost, ali je odlučeno da svaki skenirani obrazac, bez obzira na izvor, mora biti snimljen na disk i na taj način trajno sačuvan kao dokaz o odgovorima ispitanika. Korisniku su na raspaganju sledeći slučajevi upotrebe ažuriranja stabla obrazaca: dodavanje u stablo obrasca sa skenera i sa diska (u slučaju višestranih TIFF fajla, biće kreiran čvor u stablu, a kao njegovi listovi biće postavljeni obrasci, po jedan za svaku stranu), dodavanje svih obrazaca iz određenog foldera (u kom će slučaju svi sadržani folderi biti rekursivno dodati). Korisniku je na raspaganju zamena obrasca u stablu slikom sa diska ili rezultatom novog skeniranja. Dodatno, korisnik može obaviti i otvaranje nove kolekcije obrazaca, kreiranje praznog čvora u stablu sa željenim nazivom, kao i brisanje lista stabla ili čvora sa

celim podstablom. Konačno, podržano je i premeštanje čvora ili obrasca sa jednog mesta na drugo u stablu.

Sloboda u kreiranju praznih čvorova stabla, pored želje da korisniku bude omogućeno što udobnije i intuitivnije radno okruženje, proizila je i iz potrebe da obrasci budu razvrstani po salama održavanja testa ili po bilo kom drugom hijerarhijskom ustrojstvu koje korisnik smatra odgovarajućim. Pošto se ponekad desi da neki obrazac omaškom ne bude skeniran, odnosno da cela sala bude propuštena u procesu skeniranja, postoji mogućnost ručnog skeniranja na licu mesta, odnosno dodavanja nove sale.

Pored toga što program stablo obrazaca snima na disk nakon svake izmene, ono može i na zahtev korisnika biti snimljeno u željeni fajl, odnosno učitano iz željenog fajla. Na taj način je realizovana mogućnost pregledanja i arhiviranja rezultata većeg broja različitih ispita. U bilo kom trenutku pregledanja zbirke obrazaca, korisnik može učitati spisak svih kandidata, kako bi program, nakon analize obrasca, na osnovu prepoznatog indeksa, ponudio tačno ime i prezime kandidata.

Posebna pažnja posvećena je robusnosti programa i pouzdanosti procesa pregledanja obrazaca. Najpre program posebno rešava slučajeve kada obrazac i njegovi osnovni elementi nisu uspešno ili nisu uopšte prepoznati (na primer, slučaj precrтанog obrasca). U tim situacijama svaka intervencija korisnika će biti zapamćena u projektnom fajlu vezanom za predmetni test. Na taj način korisnik programa može da se vraća na prethodno pregledane obrasce, proverava dotadašnji rad i ispravlja moguće greške u pregledanju. Dalje, ranija praksa je ukazala na potrebu za stalnim proveravanjem postojanja duplikata indeksa. Bilo da je student loše popunio ili je program loše prepoznao broj indeksa, kad program konstatuje postojanje duplikata indeksa, intervencija korisnika će biti zahtevana kako bi podaci bili konzistentni i tačni. Konačno, neće biti dozvoljen izvoz rezultata testa ukoliko svi obrasci iz tekuće zbirke obrazaca nisu pregledani i ocenjeni.

B. Podešavanje metričkih karakteristika obrasca mišem

Ručno unošenje metričkih karakteristika obrasca je u prethodnoj verziji predstavljalo poseban problem za korisnika. Da bi postigao odgovarajuću tačnost, korisnik je mo-

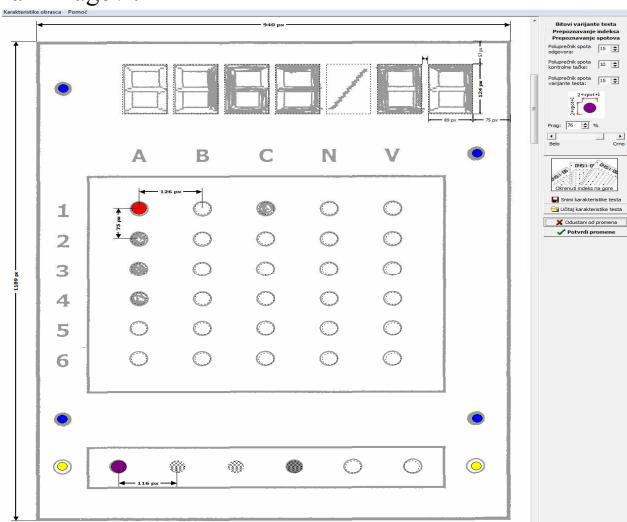
rao da koristi lenjir i unosi vrednosti u milimetrima, a nertočko i u desetim delovima milimetra. Zato je odlučeno da unutar programa jedinica mere više ne bude metar, već piksel, jer, po prirodi elektronske obrade, slika koja predstavlja obrazac ima upravo piksel kao osnovnu jedinicu.

Ovaj deo programa ima preduslov da se, pre nego što se pokrene podešavanje, učita obrazac koji je postavljen tako da je indeks pozicioniran u gornjem desnom delu slike obrasca. Kao prvi korak pripreme za vizuelna metrička podešavanja, program vrši potrebnu preciznu rotaciju obrasca, kako bi i vertikalna i horizontalna stranica obrasca bila na monitoru idealno vertikalna i horizontalna, što je preduslov za ispravan dalji rad.

Korisniku su na raspolaganju vizuelne komponente koje predstavljaju kotne strelice i spotove kontrolnih tačaka, odgovora i bitova u šifri varijante testa. Kotne strelice mogu biti horizontale ili vertikalne, sa opcijom da stoje sa leve ili desne strane objekta na koji se odnose.

Prilikom prelaska u režim grafičkog podešavanja metričkih karakteristika, obrazac će biti prikazan preko celog ekrana, dok će sa desne strane korisniku biti na raspolaganju brojčane karakteristike koje određuju relativne pragove, prečnike spotova i korisne bitove u varijantama testa. U kontekstu programa *testARS*, spot je kružna ili pravougaona površina na obrascu koja može, ali ne mora biti zacrnjena i na taj način u sebi nosi korisnu informaciju. U ovoj verziji programa postoji mogućnost posebnog definisanja poluprečnika spotova kontrolnih tačaka, bitova varijante testa i odgovora. Radi vizuelne ugodnosti, boja obrasca prilikom podešavanja postaje svetlo siva i preko obrasca korisnik može mišem pomerati kotne elemente. Karakteristike testa se, kao i u prethodnim verzijama, mogu snimati i učitavati.

Tokom podešavanja metričkih karakteristika korišćenjem miša, grafički je prikazano i kako izgledaju površine cifara indeksa koje su definisane aktuelnim vrednostima rastojanja od ivica, razmakom između cifara, kao i širinom i visinom cifri indeksa. Na ovakav način, korisnik vizuelnim načinom proverava da li se površina poklapa sa sedmosegmentnim ciframa koje program treba da prepozna. Značajni bitovi kod varijante testa su prikazani kao šrafirani krugovi.



Slika 3 – Pregled vizuelnog metričkog podešavanja obrasca.

C. Funkcionalne operacije nad entitetima studenata

Imajući u vidu česte potrebe korisnika programa, realizovane su operacije pretrage po imenu studenta ili njegovom indeksu, operacije uvoženja spiska studenata i izvoženja rezultata ispita sa različitim formatima indeksa. Na raspolaganju su svi formati koji su se u praksi pokazali potrebnim.

V. ALGORITAM PREPOZNAVANJA OBRASCA

Jezgro sistema obrade predstavlja algoritam prepoznavanja obrasca, koji ima zadatku da analizom skenirane slike testa, a poštujući određene parametre, odredi broj indeksa, označene odgovore i varijantu testa. Ovaj algoritam je nekoliko puta unapređivan.

Na samom obrascu postoje već pomenute osnovne logičke celine. Za svaku korisnu površinu, posebno je definisan prag. Prag predstavlja procenat crnih piksela jedne površine koji je potrebno da bude dostignut pa da ta cela površina bude smatrana zatamnjrenom. Površina može biti kružnog oblika (kontrolne tačke, odgovori na pitanja, varijanta testa) ili pravougaonog oblika (segmenti u cifri indeksa).

Ulagani podatak algoritma obrade je 2D matrica piksela u koju je učitana slika obrasca. Prvi korak je pretraga za pravougaonim okvirom u kome su odgovori na pitanja. Potrebna je izrazita fleksibilnost u ovoj sekciji analize, koja se zasniva na praćenju ivice obrasca i otkrivanju uglova, jer su obrasci najčešće iskošeni, a ivice daleko od idealnih zbog fotokopiranja testova pred ispit i nesavršenosti procesa skeniranja. Nakon pronalaženja okvira, biće provereno postojanje kontrolnih tačaka na mestima koja su definisana u metričkim parametrima obrazaca. Ukoliko su kontrolne tačke na traženom mestu, tada program pristupa otkrivanju šrafiranih površina koje predstavljaju broj indeksa, odgovore na pitanja i varijantu testa.

Odnos definisanih dimenzija širine i visine obrasca prema dimenzijama trenutno analiziranog obrasca, daje razmeru koja može biti primenjena na sve elemente metričkih karakteristika testa.

U ovoj verziji je sa apsolutnih vrednosti pragova učinjen prelaz na relativne (procentualne) vrednosti. Na ovaj način je, imajući u vidu i definisanje metričkih karakteristika u pikselima, omogućena maksimalna sloboda korisnika u podešavanju karakteristika samog obrasca. Ukratko, program će, bez intervencije korisnika, prema situaciji, povećati ili smanjiti poluprečnike bitnih površina i tako omogućiti skeniranje obrasca u bilo kojoj DPI rezoluciji ili još bolje, obrasca koji je skaliran za bilo koji faktor u odnosu na očekivana podešavanja.

Pored ispravljanja manjih grešaka u prepoznavanju obrasca, posebno je rađeno na optimizaciji analize. Na osnovu podatka da li je slika uspravna ili horizontalna, program donosi odluku sa koje strane počinje da traži pravougaoni okvir obrasca. Imajući na umu da je okvir uvek u sredini ispitnog lista, pretraga za okvirom kreće od sredine, pa nazimeno prema ivicama.

VI. ALATI KORIŠĆENI ZA RAZVOJ SOFVERA

Za razvoj je upotrebljen Borland Delphi 2005. Za potrebe čitanja TIFF slike uz podršku za dekompresiju crno belih slika komprimovanih FAX CCITT G3 ili G4 metodom iskorišćena je besplatna LibTiff C++ biblioteka, posebno prevedena i prilagođena korišćenju u Delphi okruženju. Skeniranje je i dalje realizovano korišćenjem TWAIN standarda.

Program je povezan i sa bibliotekom *testCore*, jezgrom nove generacije programskih alata sistema *test*. Između ostalog, ova biblioteka sadrži mehanizam za bodovanje testa proizvoljne strukture, tako da je bilo jednostavno podržati testove koje obrađuje *testARS*. Za pojednostavljenje usluga koje pruža *testCore* (po ugledu na projektni uzorak *Facade*), napravljen je posebni DLL kojeg *testARS* koristi za bodovanje pregledanog testa umesto svog algoritma za bodovanje, ako korisnik tako želi. Za razvoj ovog DLL korišćeno je razvojno okruženje Microsoft Visual Studio.

VII. REZULTATI

Stablo obrazaca je prilagođeno korisniku, pa je rad sa formularima jednostavan i intuitivan, a mnoge moguće nedoumice u obradi predupređene su koncepcijom programa, osmišljenom tako da podaci o obrascima i kandidatima u svakom trenutku budu konzistentni. Uvid u sve formulare jednog ispita i njihovo čuvanje na disku omogućava, pored boljeg praćenja napredovanja same obrade, i lakši rad tokom uvida u radove kandidata. Podrška za rad sa višestranim TIFF fajlovima (po pravilu dobijenim automatskim skeniranjem) smanjuje mogućnost grešaka uzrokovanih upotrebom ručnog skenera i ubrzava proces pregledanja.

Korisniku je višestruko olakšano podešavanje metričkih karakteristika obrasca, jer je sada moguće da, samo upotrebom miša, bez lenjira, kotnim elementima preko slike obrasca precizno definiše sve neophodne osobine testa.

Nakon implementiranja ubrzanja u pristupu pikselima bitmap slike za tipičan obrazac postignuto je skraćenje vremena obrade za oko 70% (sa prosečno 1.3 sekundi na 0.5 sekundi na prosečnom Pentium IV računaru).

Kod višestranih TIFF fajlova, prelazak na naredni obrazac je praktično trenutan. Svaka moguća intervencija operatera (na primer, ispravka loše prepoznatog indeksa) nakon analize obrasca traje do 5 sekundi. Obrada pojedinog obrasca traje od 3 sekunde (najčešći slučaj, kad operater samo proveri da li je sve u redu) do 15 sekundi. Praksa pokazuje da srednja vrednost vremena obrade jednog obrasca iznosi 5 sekundi po obrascu. Nove funkcionalnosti programa uklanjanju ili umanjuju uzorce grešaka diskutovаниh u [7], te iskustvo operatera znatno manje utiče na brzinu i tačnost rada. Do greške pri prepoznavanju indeksa dolazi jednom na oko 250 obrazaca. U toku upotrebe nove verzije programa na osnovu žalbi studenata nije konstatovana nijedna greška pri prepoznavanju izabranih odgovora.

VIII. ZAKLJUČAK

U ovoj verziji *testARS* je pored unapređenja načina opisivanja i analize pojedinačnog obrasca, rađeno i na podršci za manipulisanje i analizu zbirki obrazaca, koje su opšta

karakteristika sprovođenja testova.

Iako su početna iskustva u korišćenju *testARS* 3.0 veoma dobra, i dalje postoji niz ideja za dalja unapređenja programa. Posebno bi bilo korisno razviti korisnički sistem sa različitim ulogama i njihovim privilegijama. Neke opcije koje bi dodatno unapredile vizuelni rad su: napredno uvećanje i umanjenje obrasca, specijalno obeležavanje (ikone) u stablu obrazaca, veća automatizacija obrade cele zbirke, te upoređivanje sličnosti između odgovora studenta radi kontrole mogućih malverzacija. Zbog činjenice da je algoritam bodovanja moguće poveriti spoljnoj komponenti, neće biti veliki problem naredne verzije programa učiniti opštijim, dodavanjem podrške za nove tipove pitanja sa ponuđenim odgovorima uz proizvoljan broj ponuđenih odgovora na svakom pitanju.

ZAHVALNICA

Autori rada duguju veliku zahvalnost dipl. inž. Dejanu Rizvanu koji je u toku višemesecnog razvoja nove verzije *testARS* razvojnim revizijama i finalnom revizijom nove verzije programa obradio preko 3500 obrazaca, ukazao nam na propuste u početnim zamislima i dao nekoliko vrednih saveta kako da *testARS* učinimo još ugodnijim za rad.

REFERENCE

- [1] D. Bojić, J. Protić, I. Tartalja, „test: programski alat za podršku pripreme testova, bodovanja rezultata i samostalnog učenja studenata“, *Zbornik XLV konferencije ETRAN-a*, Bukovička Banja, 2001.
- [2] I. Tartalja, J. Protić, „Razvoj programske alate za automatsko pregledanje testova korišćenjem personalnog računara i ručnog skenera“, *Zbornik radova XXXVII konferencije ETAN-a*, Vol. 9, Beograd, 1993, str. 279-284.
- [3] P. Opačić, „Integracija programske alate testARS za automatsko pregledanje testova korišćenjem personalnog računara i ručnog skenera u MS Windows 95 okruženje“, diplomski rad, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, 1998.
- [4] P. Opačić, I. Tartalja, J. Protić, „testARS: programski alat za automatsko pregledanje testova korišćenjem skenera na MS Windows platformi“, *Zbornik radova XLII konferencije ETRAN-a*, Vrnjačka banja, 1998.
- [5] G. Anučović, „testARS: Razvoj alata za bodovanje optički čitanog test-obrasca sa identifikacijom kandidata“, diplomski rad, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, 2003.
- [6] P. Jovanović, „testARS 3.0: Razvoj nove verzije alata za pregled zbirki optički čitanih testova“, diplomski rad, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, 2008.
- [7] A. Bošnjaković, J. Protić, I. Tartalja, „Unapređenje alata *testBase*, *testMix* i *testARS* za pripremu i pregled testova znanja“, *Zbornik radova 14. telekomunikacionog foruma TELFOR*, Beograd, 2006.

ABSTRACT

Paper describes improvements of the testARS software for optical recognition and scoring of tests. Presented are new functionalities that improve quality and usability of the software, and solutions to problems encountered in several years' long production use of previous versions. Paper focuses on scoring of tests with hundreds of candidates, with support for multiple ways of scanning of filled forms. Paper briefly introduces most important usage concepts of the new version of the software, with support for collections of forms as the most important feature.

testARS: SCORING OF COLLECTIONS OF OPTICALLY ACQUIRED TEST FORMS

Predrag R. Jovanović, Andrija M. Bošnjaković, Igor I. Tartalja