TESTIRANJE ZAPOSLENIH PRIMENOM CAT MODELA

Svetlana Lj. Anđelić[1], Zoran P. Čekerevac[2]

Kategorizacija rada: ORIGINALAN NAUČNI RAD

ADRESA:
1) Visoka železnička škola strukovnih studija, Zdravka Čelara 14, 11000 Beograd
2) Fakultet za industrijski menadžment u Kruševcu, Univerziteta Union u Beogradu, Majke Jugovića 4, 37000 Kruševac

REZIME: *U radu je istaknut značaj permanentnog obrazovanja zaposlenih i predložen računarski adaptivni test (CAT) u cilju što objektivinijeg, efikasnijeg i efektivnijeg procesa testiranja zaposlenih nakon obavljene edukacije i obuke. Adaptivni test se prilagođava trenutnom znanju ispitanika i specifičan je za njega. Predstavljena su i opisana dva najčešće korišćena CAT modela za selekciju pitanja. Prikazani su i objašnjeni algotimi na kojima se zasniva originalni specijalizovani CAT model. Pitanja kojima se vrši testiranje zaposlenih formiraju se u zavisnosti od specifičnosti preduzeća za čije se potrebe vrši testiranje. Na kraju rada su, na primeru sprovedenog testiranja studenata primenom aplikacije koja je bazirana na opisanom modelu, prikazane mogućnosti predloženog modela.*

KLJUČNE REČI: *celoživotno učenje, e-učenje, CAT, Fišerova informaciona funkcija, informacija dobitka*

Uvod

Ko ima informaciju ima moć.

Za današnje, tzv. informatičko doba, s pravom se može reći da je prethodna sintagma u potunosti tačna. Informatičko doba se najbolje može opisati navođenjem sledećih podataka:

- Više je informacija sakupljeno u poslednjih 30, nego u prethodnih 5000 godina.[1]
- Nedeljno izdanje New York Times objavi više informacija nego što ih je čovek u XVI veku sakupio tokom čitavog života.[1]
- Celokupno ljudsko znanje se udvostručilo između 1900-1950, od tada se udvostručava svakih 5-8 godina.[2]

Sve ovo upućuje na konstataciju: Da bi neko preduzeće postalo i ostalo uspešno i konkurentno u odnosu na ostale neizostavno mora da kontinuirano prati, usvaja i adekvatno primenjuje nove informacije, odnosno tehnologije i znanja. Ništa pozitivno ne može se realizovati bez spremnosti da se stalno uči i da se akumulirano znanje primenjuje na odgovarajući način, strateški i taktički za ukupnu dobrobit poslovanja.

Preduzeća moraju da reaguju na pozitivne i negativne, na unutrašnje i spoljašnje pokretačke snage koje su stalno u kretanju. Da bi došlo do rasta mora da postoji promena. Ponekad pozitivna promena dolazi iz sposobnosti da se sveobuhvatno analiziraju događaji koje su se desili, kao i njihove posledice, kako dobre tako i loše.

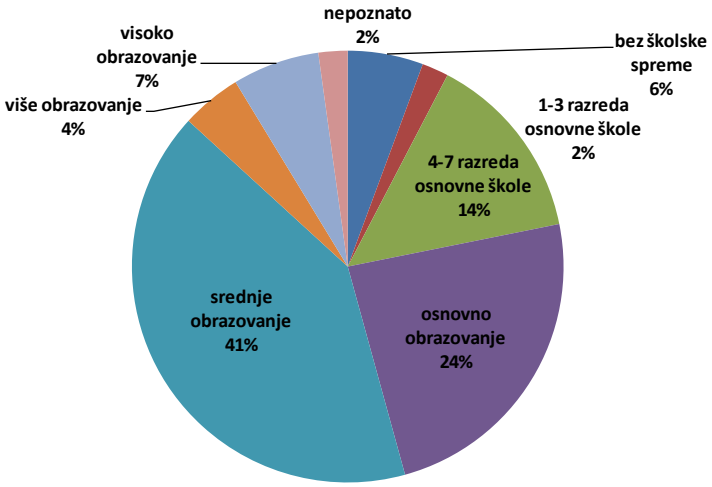
U spoljašnje pokretačke snage ubarajaju se: političko okruženje, ekonomsko okruženje, socijalno i/ili kulturno okruženje, tehnološko okruženje, demografske promene i strategije i taktike konkurencije. Unutrašnje pokretačke snage se mogu definisati kroz[3]: interne političke događaje, korporativnu kulturu i sub-kulturu, interne tehnološke kapacitete, finansijsku stabilnost, ljudske resurse, odgovarajuće komunikacije, stručnost, efikasnost i produktivnost zaposlenih i stručno usavršavanje.
Ovaj rad se upravo bavi stučnim usavršavanjem zaposlenih kroz permanentno obrazovanje, odnosno celoživotno učenje (eng. *lifelong learning*), a kako bi se povećala njihova stručnost, efikasnost i produktivnost.

Celoživotno učenje - lifelong learning

„Svako ko prestane učiti je star, imao 20 ili 80 godina. Svako ko nastavi učiti je mlad. Najveća stvar u životu je ostati mlad.“ (Henry Ford)

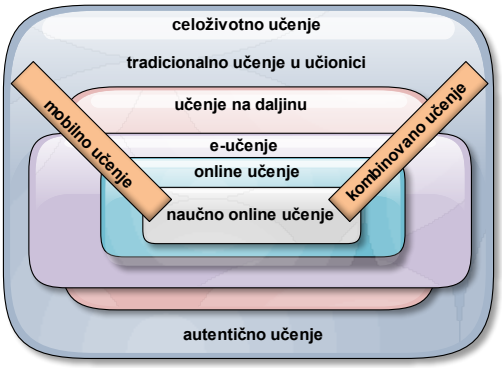
Glavni resurs koji je danas najpotrebniji u informatičkom društvu da bi se ostvarila nova vrednost nisu ni zemlja, ni fizički rad, ni oprema, ni alat, ni neki drugi resurs, nego resurs znanja. Bogastvo je danas produkt znanja i informacije.[4]

Nimalo ohrabrujući podatak je da u Srbiji samo 11% stanovništva ima više i visoko obrazovanje, dok čak 22% nema završenu ni osnovnu školu.[5] (Grafikon 1)



Grafikon 1. Struktura stanovništva u Srbiji prema stručnoj spremi (na osnovu podataka iz [5])

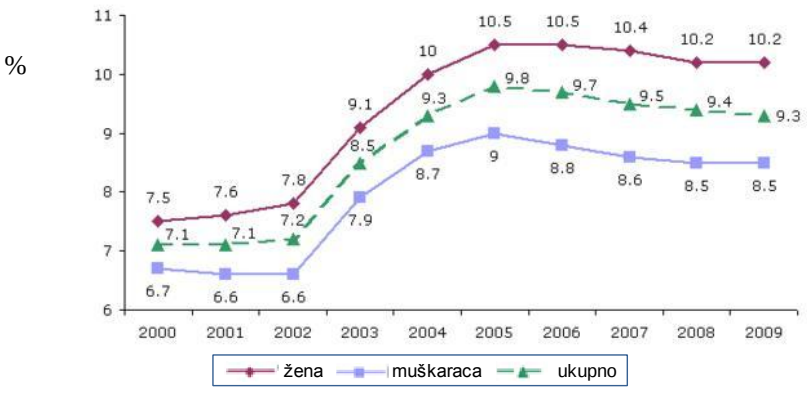
Smatra se da u modernim društvima preko 90% populacije čine potencijalni učesnici učenja za čitav život.[6] Oni su motivisani da uče po manjim modulima i uključuju se u kraće programe učenja koje mogu savladati uz postojeće obaveze na poslu, u porodici i druge socijalne aktivnosti. Zbog toga su oni ciljna grupa za moderne oblike učenja kojima prevazilaze nedostatak vremena i nemogućnost koncentracije isključivo na učenje (Slika 1).



Slika 1. Celoživotno učenje i ostali vidovi učenja[7]

Prema podacima za 2009. godinu 9,3% stanovništva Evropske unije učestvuje u aktivnosti lifelong learning, što je manje u odnosu na 2005. godinu, kada je stopa dostigla svoj maksimum od 9,8% (Grafikon 2). Od tada je stopa u blagom opadanju, što se može pripisati činjenici da su nove članice EU manje razvijene zemlje. Posmatrano pojedinačno po zemljama članicama EU prednjače Danska (31,6%), Švedska (22,2%) i Finska (21,1%), a na začelju su Mađarska (2,7%), Rumunija (1,5%) i Bugarska (1,4%).[8]

Brz razvoj raučnarskih i komunikacionih tehnologija proširio je vidike u edukaciji. Pojavom modernih informacionih tehnologija polje edukacije zauzima novi oblik, pri čemu je ideja elektronskog učenja (e-učenja) postala sve popularnija.



Grafikon 2. Stopa učešća stanovnika EU u lifelong learning [9]

E-učenje omogućava obrazovanje za osobe koje su u nemogućnosti da pohađaju redovnu nastavu, ovo se prevashodno odnosi na zapolsene osobe koje ne mogu da se školuju klasičnim putem. Imajući u vidu da se e- učenje bazira na upotrebi elektronskih medija, pa da su shodno tome svi nastavni materijali u elektronskom formatu, otvara se mogućnost za stvaranje baza znanja unutar organizacije. Obuku kadrova moguće je izvoditi i u specijalizovanim centrima, koji bi svojim polaznicima obezbedili neophodan nastavni materijal u elektronskoj ili nekoj drugoj formi.

CAT testiranje

Sastavni deo edukacije i obuke kadrova predstavlja i samo testiranje. Neophodno je obezbediti adekvatno testiranje koje će objektivno vrednovati stepen usvojenosti nove matrije. Ovde treba imati na umu da je ponekad potrebno testirati veliki broj ispitanika, a samim tim i vreme za praćenje i ispitivanje po jednom ispitaniku je ograničeno. Stoga se sve češće pribegava elektronskim testovima, kako bi, odmah nakon što ispitanik popuni test, program (ili sistem) automatski generisao broj tačnih odgovora, tj. broj bodova koje je osvojio. Na taj način ispitivač je oslobođen pregledanja testova, preciznost bodovanja je veća (izbegnuta je ljudska greška) i u relativno kratkom vremenskom roku moguće je testirati veći broj ispitanika.

Velika manjkavost danas uobičajenih načina testiranja ispitanika je u tome što svi ispitanici dobijaju „ista“ pitanja na e-testu, uz eventualnu podelu testova na različite grupe. Ponekad program ima mogućnost generisanja pitanja i ponuđenih odgovora po slučajnom redosledu. Generisanje sledećeg pitanja nije u korelaciji sa odgovorom ispitanika na prethodno postavljeno pitanje. Ovakav način testiranja nije prilagođen trenutnom znanju ispitanika i ne daje objektivnu sliku radnog učinka ispitanika.

Maksimalna informacija se dobija kada se ispitaniku postavljaju pitanja koja odgovaraju njegovom stepenu znanja. Računarsko-adaptivni testovi (CAT, *Computer-Adaptive Tests*) izuzetno su efikasan način provere znanja. Pri tome se smanjuje i frustracija ispitanika, jer se ispitaniku sa visokim stepenom znanja postavljaju pitanja veće težine i obratno.

Adaptivni test se prilagođava trenutnom znanju ispitanika i specifičan je za njega. Svako naredno pitanje koje ispitanik dobija zavisi od toga da li je na prethodno pitanje odgovorio tačno ili netačno. Takav način individualnog testiranja omogućava da vrlo mali broj ispitanika rešava identičan test. Smanjuje se vreme provere znanja, broj postavljenih pitanja je manji. Za razliku od prethodnih metoda provera, ova se ne može nikako rešiti papirnim testovima i ovde se maksimalno koriste mogućnosti računara što je i glavna prednost ovakvih testova.

CAT modeli za selekciju pitanja

Selekcija pitanja predstavlja jedan od ključnih faktora CAT procesa. Suština nije u tome da se odrede pitanja koja će obezbediti ispitaniku veći broj osvojenih bodova, već pitanja koja će omogućiti bolju preciznost u ocenjivanju ispitanikovog znanja[10]. U praksi se najčešće javlja randomizirana ili slojevita metoda, u kojoj se sledeće pitanje generiše slučajnim izborom (eng. *random*). Drugi metod je Sympson-Hetter metod u kome se slučajni broj generiše iz intervala (0,1), a potom se poredi sa k_i parametrom koji se određuje za svako pitanje koje ispitanik dobija[11]. Ukoliko je slučajni broj veći od k_i smatra se da je sledeće pitanje sa najvećom informativnošću određeno. Wim van der Linden i kolege osmislili su jedan alternativni pristup tzv. „test-senka” (eng. *shadow testing*), koji podrazumeva kreiranje test-senke za selektovano pitanje[12]. Na ovaj način, omogućava se da CAT testovi kriterijum za selekciju narednog pitanja fokusiraju na globalno optimalnom izboru (za razliku od izbora koji su optimalni za date tačke).

Fišerova informaciona funkcija

Jedan od najčešće primenjivanih algoritama za selekciju pitanja koristi Fišerovu informacionu funkciju za određivanje pitanja koje će sledeće biti generisano. Naime, informaciona funkcija je recipročna vrednost od preciznosti parametra koji se procenjuje.

Tako za dvoparametarski IRT model Fišerova funkcija ima sledeći oblik[13]:

$$I_j(\theta) = \alpha_j^2 \cdot \frac{e^{\alpha_j \cdot (\theta - \beta_j)}}{\left[1 + e^{\alpha_j \cdot (\theta - \beta_j)}\right]^2}, \qquad (1)$$

gde su:

$I_j(\theta)$ - Fišerova informacija za pitanje *j*

θ - nivo znanja ispitanika

α_j - diskriminativni parametar za *j-to* pitanje

β_j - težinski parametar za *j-to* pitanje

Ukupna informativnost testa se izračunava kao suma informativnosti svih pitanja:

$$I(\theta) = \sum_{j=1}^{n} I_j(\theta), \qquad (2)$$

pri čemu je *n* – ukupan broj pitanja u banci pitanja.

Informacija dobitka

Drugi pristup za selekciju pitanja je tzv. informacija dobitka (eng. *information gain*) ili Kullback–Leibler divergencija[14]. Ovaj pristup se zasniva na izboru pitanja koji će maksimizirati očekivanu redukciju entropije testa.

Ako se uvede sledeća notacija:

H_j – entropija *j-tog* pitanja

$P(X_j)$ – verovatnoća tačnog odgovora na *j-to* pitanje

$Q(X_j)$ – verovatnoća netačnog odgovora na j-to pitanje, pri čemu važi $Q(Xj)=1- P(Xj)$

onda se entropija $H(X_j)$ *j-tog* pitanja računa prema formuli[15]:

$$H(X_j) = -\{P(X_j)\cdot\log(P(X_j)) + Q(X_j)\cdot\log(Q(X_j))\} \quad (3)$$

Entropija celog testa (H_T) se izračunava kao suma entropijasvih pitanja na testu:

$$H_T = \sum_{j=1}^{n} H(X_j), \quad (4)$$

pri čemu je n - ukupan broj pitanja na testu.

Znači, H_T predstavlja trenutnu entropiju testa, a očekivana vrednost entropije nakon odgovora na *j-to* pitanje je:

$$E_j(H_T') = P(X_j)\cdot H_T'(X_j = 1) + Q(X_j)\cdot H_T'(X_j = 0), \quad (5)$$

gde su:

H_T' - entropija nakon odgovora na *i-to* pitanje

$H_T'(X_j = 1)$ - entropija nakon tačnog odgovora na *j-to* pitanje

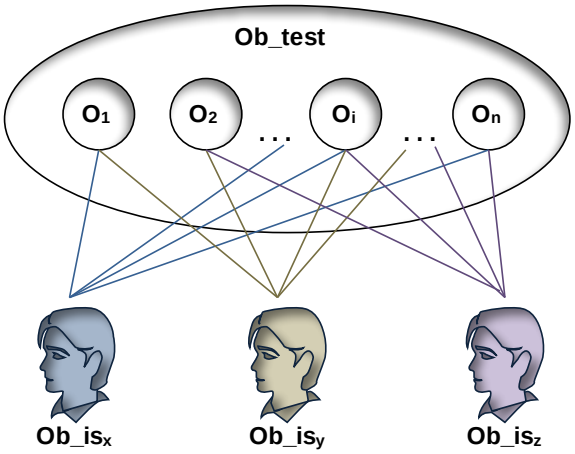
$H_T'(X_j = 0)$ - entropija nakon netačnog odgovori na *j-to* pitanje

Banka pitanja se pretražuje i odabira se pitanje koje ima maksimalnu apsolutnu razliku između trenutne entropije i očekivane entropije nakon odgovora na to pitanje[13]:

$$\{H_T - E_j(H_T')\} \quad (6)$$

Specijalizovani CAT model za selekciju pitanja

Test je podeljen po oblastima (*O*) iz kojih se postavljaju pitanja (Slika 2). Ispitivač određuje koje će oblasti biti obuhvaćene testom (skup *Ob_test*), odnosno ukupan broj oblasti *n* ($n = |Ob_{test}|$).



Slika 2. Struktura testa po oblastima

Ispitanik odgovara na *n_is* oblasti ($n_{is} = |Ob_{is}|$; *n_is* zavisi od konvergencije uslova za završetak testiranja), pri čemu važi: $min_{ob} \le n_{is} \le n$ i $Ob_{is} \subseteq Ob_{test}$. Izbor oblasti po ispitaniku je po metodi slučajnog izbora (*random*).

Ovde prikazani CAT model sadrži test koji je podeljen po različitim nivoima težine, pri čemu su koeficijenti težine pojedinih pitanja izraženi u logitima. Mera od 1 logit odgovara težinskom koeficijentu 0,73, odnosno verovatnoći pozitivnih (tačnih) odgovora od 73%. Ova aproksimacija se koristi u većini CAT modela.

Test se sastoji iz tri nivoa težine.

Na prvom, najtežem, nivou se nalaze tzv. *mozgalice (M),* koje predstavljaju teže zadatke/pitanja. Njihov koeficijent težine je -2 logit.

Drugi, srednji, nivo se sastoji iz: *teorijskih pitanja (P), varijacije teorijskih pitanja (VP)* i *zadataka (Z).* Odnosno, ispitaniku se prvo postavi zadatak (težinski koeficijent je -1 logit) i ako tačno odgovori „podiže“ se na I nivo, na kome dobija mozgalicu koja je vezana za zadatak, ali je kompleksnija. U slučaju pogrešnog odgovora na zadatak postavlja mu se teorijsko pitanje (težinski koeficijent je 0 logit) vezano za taj zadatak. U stvari zadatak je podrazumevao primenu tačnog odgovora na teorijsko pitanje. Dalje, u slučaju da ispitanik ne odgovori tačno na pitanje postavlja mu se varijacija teorijskog pitanja (težinski koeficijent je +1 logit), odnosno isto pitanje iskazano na nešto drugačiji, ispitaniku prihvatljiviji, „lakši“ način (s obzirom da postoji verovatnoća da ispitanik nije dobro pročitao ili razumeo pitanje).

Treći, najlakši, nivo se sastoji iz *osnovnih teorijskih pitanja (OP)* koja su zajednička za jednu oblast. U slučaju da se ispitanik „spusti“ na ovaj nivo, metodom slučajnog izbora dobija maksimalno dva

osnovna teorijska pitanja. Koeficijent težine osnovnih teorijskih pitanja je +2 logit.
Svaka oblast na testu ima svoj skup mozgalica, zadataka, teorijskih pitanja, varijacija teorijskih pitanja i osnovnih teorijskih pitanja. Sam test se sastoji iz više pitanja, pri čemu je $pitanje \in \{M,Z,P,VP,OP\}$ odnosno[16]:

$$pitanje_i = \left\{ \begin{array}{l} x_i \mid x_i \in \{M_{jOi}, Z_{jOi}, P_{jOi}, VP_{jOi}, OP_{kOi}\}, \\ i = 1, n_is \quad j = 1, m, \quad k = 1, s \end{array} \right\} \quad (7)$$

gde su:

m – ukupan broj podoblasti za oblast O_i

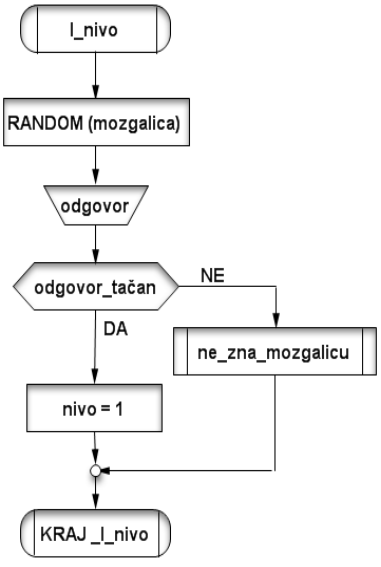
s – ukupan broj osnovnih teorijskih pitanja za oblast O_i

Pri tome je $O_i \in Ob_{is} \subseteq Ob_{test}$.

Treba napomenuti da je svaki zadatak jednoznačno povezan sa mozgalicom, teorijskim pitanjem i varijacijom teorijskog pitanja, odnosno između njih postoji injektivno preslikavanje, tzv. „1:1" preslikavanje.
Na početku testa ispitanik bira jedan od tri ponuđena nivoa težine (I, II ili III). Samo pri startovanju testa ispitanik bira nivo težine, dok ispitivanje svake sledeće oblasti započinje sa nivoa na kome se završila prethodna oblast. Shodno tome, ispitivanje sledi neki od sledeća tri scenarija.

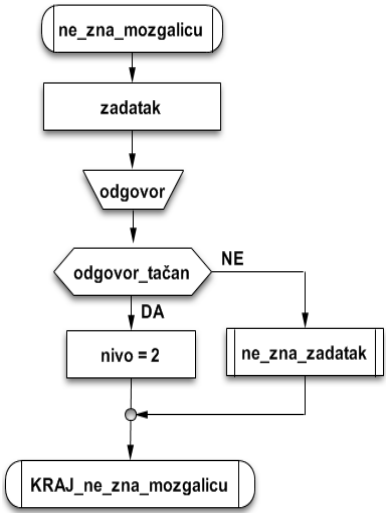
I scenario – I nivo

Ispitanik se izjašnjava da testiranje kreće sa I nivoa (Slika 3).



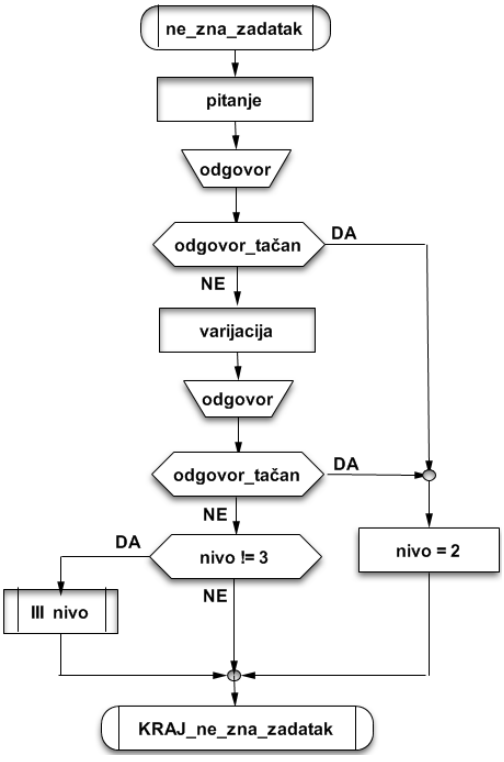
Slika 3. Algoritam CAT testiranja – I nivo

1. Postavlja mu se mozgalica iz slučajno izabrane oblasti. U slučaju tačnog odgovora ide se na korak 8, a u slučaju netačnog odgovora aktivira se funkcija *ne_zna_mozgalicu*, odnosno sledeći korak (Slika 4).



Slika 4. Algoritam CAT testiranja – ne_zna_mozgalicu

2. Ispitaniku se postavlja zadatak, koji je vezan za mozgalicu. Ako je odgovor tačan sledi korak 7, dok za netačan sledi funkcija *ne_zna_zadatak*, odnosno korak 3 (Slika 5).



Slika 5. Algoritam CAT testiranja – ne_zna_zadatak

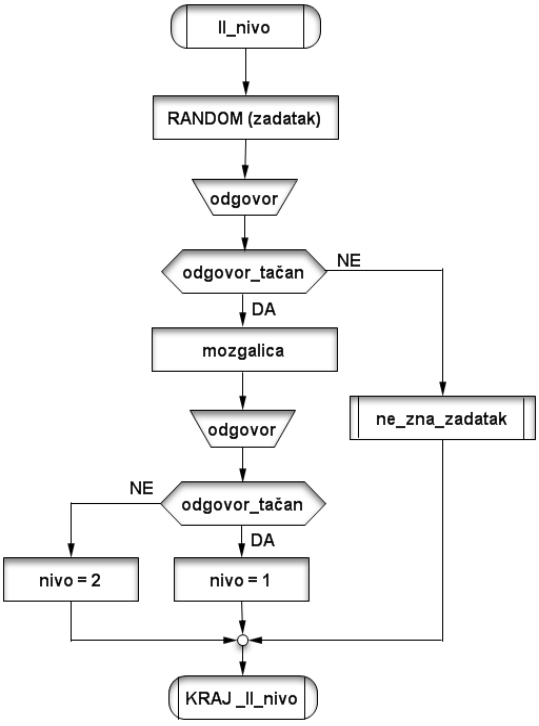
3. Prikazuje se teorijsko pitanje koje je povezano sa zadatkom. Za tačan odgovor skok na korak 7, a za netačan se ide na sledeći korak.
4. Selektuje se odgovarajuća varijacija teorijskog pitanja. Preći na korak 7 za tačan odgovor ili na

naredni korak, odnosno na III nivo, u slučaju netačnog odgovora.

5. Prikazuje se osnovno teorijsko pitanje. Za netačan odgovor preći na korak 6, a za tačan se dobija još jedno osnovno teorijsko pitanje. Bez obzira na tačnost tog odgovora sledi korak 6.
6. Prelazi se na sledeću oblast, koja startuje sa III nivoa.
7. Prelazi se na sledeću oblast, koja startuje sa II nivoa.
8. Prelazi se na sledeću oblast, koja ponovo startuje sa I nivoa.

II scenario – II nivo

Ispitanik započinje testiranje sa II nivoa (Slika 6).

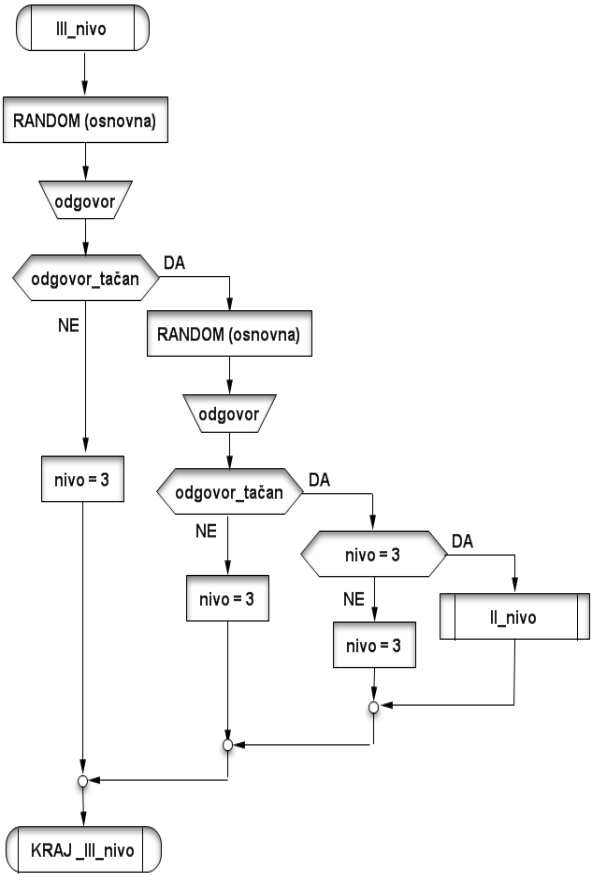


Slika 6. Algoritam CAT testiranja – II nivo

1. Ispitaniku se postavlja zadatak. Ako je odgovor tačan sledi korak 5, dok za netačan sledi funkcija *ne_zna_zadatak*, odnosno naredni korak.
2. Prikazuje se teorijsko pitanje koje je povezano sa zadatkom. Za tačan odgovor skok na korak 7, a za netačan se ide na sledeći korak.
3. Selektuje se odgovarajuća varijacija teorijskog pitanja. Preći na korak 7 za tačan odgovor ili na naredni korak, odnosno na III nivo, u slučaju netačnog odgovora.
4. Prikazuje se osnovno teorijsko pitanje. Za netačan odgovor preći na korak 6, a za tačan se dobija još jedno osnovno teorijsko pitanje. Bez obzira na tačnost tog odgovora sledi korak 6.
5. Postavlja se mozgalica. U slučaju tačnog odgovora skočiti na korak 8, a za netačan na korak 7.
6. Prelazi se na sledeću oblast, koja startuje sa III nivoa.
7. Prelazi se na sledeću oblast, koja ponovo startuje sa II nivoa.
8. Prelazi se na sledeću oblast, koja startuje sa I nivoa.

III scenario – III nivo

Ovaj scenario startuje testiranje sa III nivoa (Slika 7).



Slika 7. Algoritam CAT testiranja – III nivo

1. Prikazuje se osnovno teorijsko pitanje. Za netačan odgovor preći na korak 7, a za tačan na naredni korak.
2. Dobija se još jedno osnovno teorijsko pitanje. U slučaju netačnog odgovora skočiti na korak 7, a za tačan na II nivo, odnosno na naredni korak.

3. Ispitaniku se postavlja zadatak. Ako je odgovor tačan ići na korak 6, dok za netačan sledi funkcija *ne_zna_zadatak*, odnosno naredni korak.
4. Prikazuje se teorijsko pitanje koje je povezano sa zadatkom. Za tačan odgovor skok na korak 8, a za netačan se ide na sledeći korak.
5. Selektuje se odgovarajuća varijacija teorijskog pitanja. Preći na korak 8 za tačan odgovor ili na korak 7 u slučaju netačnog odgovora.
6. Postavlja se mozgalica. U slučaju tačnog odgovora skočiti na korak 9, a za netačan na korak 8.
7. Prelazi se na sledeću oblast, koja se opet startuje sa III nivoa.
8. Prelazi se na sledeću oblast, koja se startuje sa II nivoa.
9. Prelazi se na sledeću oblast, koja startuje sa I nivoa.

Primer

U narednoj tabeli (Tabela 1) je prikazan slučaj jednog ispitanika koji je startovao od I nivoa. Dalji tok testiranja isključivo zavisi od tačnosti odgovora, a shodno prethodno opisanim scenarijima. Kao uslov za kraj testa uzeto je da ispitanik mora da odgovori na 4 oblasti od ukupno *n* razmatranih, a koje su izabrane po metodi slučajnog izbora bez ponavljanja.

Tabela 1. Primer toka testiranja za ispitanika X

Redni broj pitanja	Nivo	Šifra oblasti	Šifra pitanja	Odgovor	Tačnost
1	1	1	M11	a	1
2	1	5	M56	c	0
3	2	5	Z56	d	1
4	2	4	Z41	b	0
5	2	4	P41	a	0
6	2	4	VP41	a	0
7	3	4	OP47	b	0
8	3	2	OP23	a	1
9	3	2	OP27	a	1
10	2	2	Z24	c	1
11	1	2	M24	b	1

Tok ispitivanja po koracima je:

1. nivo = 1, oblast = 1
2. mozgalica (M11) tačna
3. isti nivo (nivo = 1), druga oblast (oblast = 5)
4. mozgalica (M56) netačna
5. nivo se menja (nivo = 2), ista oblast (oblast = 5)
6. zadatak (Z56) tačan
7. isti nivo (nivo = 2), druga oblast (oblast = 4)
8. zadatak (Z41) netačan
9. isti nivo (nivo = 2), ista oblast (oblast = 4)
10. teorijsko pitanje (P41) netačno
11. isti nivo (nivo = 2), ista oblast (oblast = 4)
12. varijacija teorijskog pitanja (VP41) netačna
13. nivo se menja (nivo = 3), ista oblast (oblast = 4)
14. osnovno teorijsko pitanje (OP47) netačno
15. isti nivo (nivo = 3), druga oblast (oblast = 2)
16. osnovno teorijsko pitanje (OP23) tačno
17. isti nivo (nivo = 3), ista oblast (oblast = 2)
18. osnovno teorijsko pitanje (OP27) tačno
19. nivo se menja (nivo = 2), ista oblast (oblast = 2)
20. zadatak (Z24) tačan
21. nivo se menja (nivo = 1), ista oblast (oblast = 2)
22. mozgalica (M24) tačna
23. kraj testiranja

Rezultati istraživanja

Na osnovu opisanog CAT modela kreirana je web aplikacija, koja je rađena u Visual Studio .NET programskom okruženju koristeći C# (C Sharp) programski jezik.

Baza podataka je kreirana u MS SQL. Aplikacija je testirana u web pretraživačima (browser) Internet Explorer i Mozilla Firefox.

S obzirom na to da se ispitivanje zaposlenih ni po čemu ne razlikuje od ispitivanja studenata, a da je za potrebe provere aplikacije lakše formirati bazu pitanja i odgovora za konkretan nastavni predmet, test je obavljen na uzorku od 100 studenata Fakulteta za industrijski menadžment i visoke škole strukovnih studija za poslovno industrijski menadžment u Kruševcu. Studenti su prvo polagali test klasičnim putem (olovka i papir, ukupno 14 pitanja), a potom je kontrolna grupa studenata polagala test i na računaru primenom CAT aplikacije.

Test je obuhvatao gradivo iz tri oblasti, pa je minimalan broj pitanja na koji su ispitanici odgovarali, takođe, tri. Prosečno je bilo odgovarano na 5,6 pitanja, a maksimalno na 11 pitanja[16]. Odnosno, broj postavljenih pitanja je manji od broja pitanja na koja su ispitanici morali da odgovaraju na klasičnom papirnom testu.

Primenom Mann-Whitney testa utvrđeno je da postoji uzajamna povezanost konačnih ocena koje je student dobio nakon klasičnog i CAT testiranja.

Ocene se poklapaju u 82,57% slučajeva[16]. Zaključak je i logičan, jer označava da je razlika u ocenama koje je student dobio na oba testiranja mala i najviše je iznosila jednu ocenu (što se vidi iz neposrednog posmatranja ocena za svakog studenta iz kontrolne grupe).

Među studentima je sprovedena i anketa na kojoj se 74% studenata izjasnilo da im klasično testiranje ne odgovara, dok čak 82% smatra da primenjeno CAT testiranje objektivno oslikava njihovo znanje. Studenti koji su se izjasnili da im ne odgovara CAT testiranje su većinom oni koji slabo koriste računar i starije su uzrasne dobi (između 30 i 50 godina). Oni su naveli sledeća obrazloženja: nedovoljna familijarnost sa upotrebom računara, čak i strah od računara (10% anketiranih studenata), nenaviknutost na interfejs (5%), nemogućnost samostalne provere dobijene ocene (15%)[16].

Svi dobijeni rezultati su analizirani i analiza je pokazala da primena elektronskih testova za vrednovanje rada i rezultata rada ispitanika daje značajan doprinos u objektivnosti vrednovanja rada i rezultata rada, posebno sa stanovišta efikasnosti i efektivnosti.

Zaključak

Promene i prilagođavanje novim uslovima su postali uslov ne samo napretka, već i opstanka na tržištu[17]. Posebno brze promene su u oblasti informacionih tehnologija i primeni informacionih tehnologija u poslovanju.

Zato, znanje postaje jedan od najbitnijih faktora razvoja i napretka. Imajući u vidu važnost učenja, ne samo dok traje formalno obrazovanje, već i tokom čitavog života u cilju unapređenja karijere i stalnog usavršavanja znanja i veština, permanentna je potreba za praćenje tehničke i tehnološke inovacije u ovoj oblasti.

S obzirom na uslove oštre konkurentske borbe u svim oblastima poslovanja, poslodavci su u neprestanoj potrazi za stručnjacima i ekspertima u domenu poslovanja preduzeća. Takođe, s obzirom na specifičnosti poslovanja svakog preduzeća i na brze promene uslova poslovanja, česte su i potrebe za dokvalifikacijom i obučavanjem zaposlenih.

U oba slučaja, poslodavac ima interes da objektivno oceni nivo znanja i obučenosti kandidata ili već zaposlenog radnika. Način i vrsta provere znanje mogu da budu različiti, ali objektivnost ocenjivanja može da bude dovedena u pitanje mnogim spoljnim i subjektivnim faktorima. Bilo bi najpovoljnije ako se u tu svrhu mogu primeniti neki automatizovani postupci. Kao jedno od perspektivnih rešenja može se predlažiti CAT.

Primena CAT testiranja omogućava objektivno vrednovanje stepena usvojenosti novih znanja kandidata i unapređenje njihovog procesa učenja. Pošto se radi o potpuno kompjuterizovanom postupku, kandidati mogu da ga koriste i kao sredstvo za samovrednovanje i da tako sami utvrde stepen svog znanja.

Na konačnu ocenu znanja utiče bezbroj faktora, pa se teško može sa apsolutnom sigurnošću tvrditi da data ocena u potpunosti odgovara nivou znanja ispitanika. Zato nije ni bio cilj sprovedenog istraživanja da pokaže da klasičan način testiranja i ocenjivanja nije dobar i da CAT model daje objektivnu i apsolutno preciznu ocenu znanja ispitanika. Cilj formiranja ovog CAT modela je da omogući procenu znanja ispitanika na način koji će biti oslobođen subjektivnog utiska ispitivača, koji će omogućiti dobijanje najverovatnije ocene znanja ispitanika sa prihvatljivim brojem postavljenih pitanja i na komforan način. Sprovedena ispitivanja su to i potvrdila.

Razvijeni model i aplikacija CAT testiranja je fleksibilna, te pruža mogućnost primene u najrazličitijim oblastima i uslovima. Najveći problem pri primeni aplikacije je formiranje relevantne baze pitanja i odgovora. Uslov za formiranje relevantnih pitanja i njihovu raspodelu po stepenu težine su obimna prethodna testiranja. Zbog toga bi bilo najbolje da se pitanja formiraju za više srodnih i sličnih preduzeća, jer bi se na taj način dobilo na objektivnosti. Slično je i u oblasti obrazovanja, gde bi se pitanja za pojedine predmete mogla formirati na nivou države, ili na nivou univerziteta i grupe univerziteta. Iako se ovaj problem ne može zanemariti, CAT model pruža velike mogućnosti za dalje istraživanje i uz odgovarajuće usavršavanje i nadograđivanje može se dovesti do visokog nivoa ekspertnog sistema i veštačke inteligencije, što bi predstavljalo i konačni cilj.

Literatura

[1] prezentacija sa *seminara Kako upotrebiti multimediju i IT u savremenom školstvu*, LINK Group, Zemun, 2006.

[2] Čekerevac Z., *Internet tehnologije i internet poslovanje*, FIM, ICIM, Kruševac, 2009.

[3] *Why lifelong learning is considered important in today's business environment?*, http://wiki.answers.com/Q/Why_lifelong_learning_is_considered_important_in_today's_business_environment

[4] Milčić D., Mitić D., *Značaj inovacije znanja permanentnog obrazovanja za kvalitet i konkurentnost*, Časopis "IMK-14 - Istraživanje i razvoj", br. 13(1-2), str. 79-85., Kruševac, 2007.

[5] *Statistički godišnjak Srbije 2010*, Republički zavod za statistiku, Beograd, 2010.

http://webrzs.stat.gov.rs/axd/godisnjak/god2010pog04.pdf

[6] Kujačić M., *Izbor modela za upravljanje sistemom daljinskog učenja*, Međunarodni simozijum SYMORG, Zlatibor, 2006.

[7] *Online Science Learning: Best Practices and Technologies* http://www.cerlalc.com/online-science-learning/preface.html

[8] *Life-long learning by gender*, European Commission, European Statistics-Eurostat 2010, http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=tsiem080

[9] *Annual review of working conditions 2009–2010*, http://www.eurofound.europa.eu/ewco/studies/tn1008048s/tn1008048s_4.htm

[10] Linacre J. M., *Computer-Adaptive Testing: A Methodology Whose Time Has Come*, MESA Memorandum No. 69, http://www.rasch.org/memo69.pdf, 2000.

[11] Sympson B. J. & Hetter R. D., *Controlling item-exposure rates in computerized adaptive testing*, Paper presented at the annual conference of the Military Testing Association, San Diego, 1985.

[12] Van der Linden W. J. & Veldkamp B. P., *Constraining item exposure in computerized adaptive testing with shadow tests*, Journal of Educational and Behavioral Statistics, 29, pp. 273-291, 2004.

[13] Desmarias M. C. & Pu X., *A Bayesian Student Model without Hidden Nodes and Its Comparison with Item Response Theory*, International Journal of Artifical Intelligence in Education, 15, pp. 291-323, 2005.

[14] Kullback S., Letter to the Editor: *The Kullback–Leibler distance*, The American Statistician 41 (4), pp. 340–341, 1987.

[15] Schneider T. D., *Information theory primer with an appendix on logarithms*, National Cancer Institute, 2007.

[16] Anđelić S. *Prilog objektivnom vrednovanju rezultata rada studenata primenom računarskog adaptivnog testiranja*, doktorska disertacija, odbranjena 08.10.2010. godine na Fakultetu za industrijski menadžment u Kruševcu, univerzitet Union u Beogradu

[17] Vatovec-Krmac E. *Računalništvo in informatika: izbrana poglavja.* Portorož: Fakulteta za pomorstvo in promet, 2006. VI, 208 str., ilustr. ISBN 961-6044-77-X. [COBISS.SI-ID224217600]

TESTING OF EMPLOYEES USING CAT MODELS

Svetlana Lj. Anđelić, Zoran P. Čekerevac

Abstract: *The paper emphasizes the importance of continuing education of employees and proposes a computerized adaptive test (CAT) in order to provide objective, more efficient and effective process of testing employees after the completion of education and training. Adaptive test adapts itself to the current knowledge of specific employee and it is specific for him. Here are presented and described the two most commonly used CAT models of questions selection. Also, here are presented and explained algorithms which are bases of the original specialized CAT model. Questions for employees testing are created depending on the companies' specific needs. At the end of the paper, as an example, there are demonstrated the possibilities of the proposed model in the case of testing of students.*

Keywords: *lifelong learning, e-learning, CAT, Fisher information function, information gain*

ТЕСТИРОВАНИЕ РАБОТНИКОВ ИСПОЛЬЗУЮЩИХ МОДЕЛИ КАТ

Svetlana Lj. Anđelić, **Zoran P. Čekerevac**

Аннотация: *Доклад подчеркивает важность непрерывного образования сотрудников и предлагает компьютер-адаптивный тест (КАТ), с тем чтобы обеспечить объективный, более эффективный и действенный процесс тестирования сотрудников после окончания образования и профессиональной подготовки. Адаптивный тест адаптируется к текущему знанию конкретного сотрудника, и он специфический для него. Здесь представлены и описаны две наиболее часто используемых КАТ модель выбора вопросов. Кроме того, здесь представлены и объяснены, алгоритмы на которых организованы оригинальные специализированные модели КАТ. Вопросы для тестирования сотрудников создаются в зависимости от конкретных потребностей компаний. В конце статьи, на примере показаны возможности предлагаемой модели в случае тестирования студентов.*

Ключевые слова: *непрерывное обучение, э-обучение, КАТ, информационная функция Фишера, прирост информации*