

# Primjena algoritma evidencijskog zaključivanja u obradi podataka anketiranja

---

**Vrabelj, Matija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:076571>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH  
TEHNOLOGIJA

Matija Vrabelj

**Primjena algoritma evidencijskog zaključivanja u  
obradi podataka anketiranja**

Završni rad

Osijek, 2020.

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>1.1 Zadatak završnog</b> .....	1
<b>1.2 Ciljevi rada</b> .....	2
<b>2. ALGORITAM ZA EVIDENCIJSKO ZAKLJUČIVANJE</b> .....	3
<b>2.1 Prošireni algoritam za evidencijsko zaključivanje</b> .....	3
<b>2.2 Primjena proširenog algoritma za evidencijsko zaključivanje na korisnika</b> .....	13
<b>3. IZRADA WEB APLIKACIJE</b> .....	15
<b>4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA</b> .....	20
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	24
<b>LITERATURA</b> .....	25
<b>SAŽETAK</b> .....	26
<b>ABSTRACT</b> .....	27
<b>PRILOG</b> .....	30

# 1. UVOD

Anketiranje je istraživački postupak kojim se podaci o predmetu istraživanja prikupljaju kroz odgovore ispitanika iz reprezentativnih skupina na unaprijed pripremljeni skup pitanja. Kvaliteta rezultata ankete ovisi o kvaliteti pripremljenih pitanja te iskrenosti ispitanika nad kojima se provodi anketa. Problem se javlja kod analize rezultata anketiranja gdje se na temelju subjektivnih odgovora ispitanika moraju donijeti objektivni zaključci. U svrhu analize rezultata koriste se algoritmi među kojima je i algoritam evidencijskog zaključivanja. Ovim radom se razmatra algoritam evidencijskog zaključivanja kao rješenje za analizu odgovora anketiranih ispitanika. Kako bi se ispitala efikasnost algoritma, izrađena je web aplikacija pomoću koje se mogu prikupiti podaci koji se unose prilikom anketiranja. Napisan je algoritam koji podatke prikupljene anketom može obraditi evidencijskim zaključivanjem uz određenu razinu nesigurnosti u podacima. Rezultati ankete su potom obrađeni standardnim statističkim metodama i algoritmom evidencijskog zaključivanja. U prvom poglavlju rada definiraju se osnovni pojmovi potrebni za bolje razumijevanje teme rada. Opisuju se ciljevi rada i motivacija iza njih. U drugom poglavlju opisuju se algoritam evidencijskog zaključivanja. Predstavlja se motivacija za izradu algoritma, jednadžbe na kojima se algoritam zasniva, te primjena algoritma. U trećem poglavlju predstavlja se osnovni refleksni inteligentni agent i njegova moguća primjena u procjeni pouzdanosti u kvalitetu odgovora ispitanika. U četvrtom poglavlju demonstrira se izrada modela koji povezuje inteligentnog agenta i algoritam za evidencijsko zaključivanje u svrhu bolje procjene odgovora. U petom poglavlju se opisuje implementacija web aplikacije za provođenje ankete i njen način rada. U zaključku rada iznose se rezultati istraživanja s obzirom na ciljeve iz prvog uvodnog poglavlja.

## 1.1 Zadatak završnog

Opisati način rada algoritma evidencijskog zaključivanja. Izraditi web aplikaciju pomoću koje se mogu prikupiti podaci koje unose pristupnici prilikom anketiranja. Napisati algoritam koji podatke prikupljene anketom može obraditi evidencijskim zaključivanjem uz određenu razinu nesigurnosti u podacima. Rezultate ankete obraditi standardnim statističkim metodama i algoritmom evidencijskog zaključivanja te usporediti tako dobivene rezultate.

## 1.2 Ciljevi rada

„Prilikom rada korištena je metoda prikupljanja podataka na temelju iskustva, odnosno dobivenih rezultata na temelju istraživanja, odnosno podaci su prikupljeni entropijskom metodom prikupljanja podataka.

Cilj ovoga istraživanja jest provest anketu na određenu grupu ljudi kako bi se istaknuo problem ponašanja korisnika, a ti ciljevi su sljedeći „[1]:

- a) Osmisliti i provesti eksperiment te dobivenim rezultatima izračunati utjecaj ponašanja korisnika na osobnu sigurnost, stupanj važnosti, stupanj uvjerenja te stupanj učestalosti
- b) Osmisliti model za obradu podataka anketiranja
- c) Primjenom modela za procjenu sigurnosti analizirati trenutno stanje.

## 2. ALGORITAM ZA EVIDENCIJSKO ZAKLJUČIVANJE

Za agregaciju ocjena kroz višerazinsku hijerarhijsku strukturu odabran je algoritam za evidencijsko zaključivanje s pridruženim aksiomima radi matematičkog izračuna procjene razine sigurnosti.

Algoritam je predstavljen 90-ih godina, zasnovan je na Dempster-Shafer [2, 3] teoriji, teoriji odlučivanja (eng. *decision-making theory*) [4] te modelu analize (eng. *evaluation analysis model*) uz proširenje četiri aksioma. Ovaj algoritam je prikladan za rješavanje MCDA (eng. *Multiple-Criteria Decision Analysis*) problema računajući i s kvalitativnim i kvantitativnim mjerenjima te uzimajući u izračun subjektivnost pri procjeni te nesigurnost odnosno nedostatak dijela ili cijelog mjerenja. Algoritam ima mogućnost postavljanja različitih težinskih vrijednosti pri ocjeni elemenata u ovisnosti o važnosti pojedinog elementa, odnosno stupnju utjecaja ocjene elementa na ukupnu ocjenu sustava, no zbog jednostavnosti u ovome radu su svi elementi sustava uzeti kao ravnopravni.

„Na raznim tehničkim sustavima mogu biti primijenjeni algoritmi za evidencijsko zaključivanje, a ovo su neki od primjera, procjena i usporedba kvalitete motocikla različitih proizvođača, predviđanje naftnih rezervi, primjena u autoindustriji, primjena u ekspertnim sustavima, sumiranje znanja, analiza rizika, procjena stanja kvalitete energetskog transformatora. „[1]

### 2.1 Prošireni algoritam za evidencijsko zaključivanje

„Ocjene koje su uzete u obzir tijekom procjene pojedinoga elementa definirane su kao loše, dovoljni, prosječno, vrlo dobro i izvrsno. Navedene ocjene odgovaraju standardnim matematičkim ekvivalentima, odnosno numeričkim ocjenama od 1 do 5. Zbog uspješnog provođenja ocjenjivanja evidencijskim algoritmom potrebno je definirati određenu strukturu među atributima odnosno dijelovima sustava. Vrijednosti atributa nižih razina daju vrijednosti atributa viših razina uz stupanj neodređenosti, ukoliko neko pitanje nije odgovoreno, u procjeni razine sigurnosti pojedinog elementa računalnog sustava.“ [1]

Primjeri distribucije ocjene:

- „Distribucija ocjene bi bila na primjer 50% ocjene „prosječno“ te 50% ocjene „izvršno“, u slučaju dva istovremena odgovora;“ [1]
- „Distribucija ocjene bi bila 100% ocjene „prosječno“, u slučaju jedinstvenog odgovora kako je ocjena zaporke „Prosječna“;“ [1]
- „Distribucija ocjene bi na primjer bila 50% ocjene „dovoljno“ te 30% ocjene „prosječno“, u slučaju odgovora „ne znam“;“ [1]
- „Procjena od 0% za sve ocjene distribucije jeste slučaj kada korisnik nije dao nikakav odgovor te s toga ne može biti ocijenjen.“ [1]

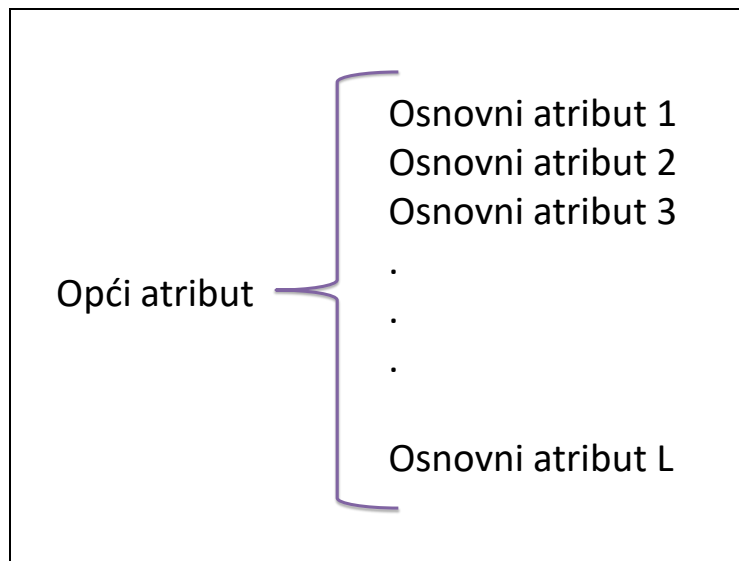
„Stupanj uvjerenja u navedenim procjenama izražen je postocima, te se koristi u decimalnom formatu kao što je 0.2, 0.5, te 1.0. Stupanj uvjerenja vrijednosti 1.0, odnosno 100%, predstavlja potpuno sigurnost u danu procjenu. U trećem primjeru ocjena nije cjelovita, stupanj uvjerenja iznosi 0.8, smatra se da je dio procjene koji nedostaje u iznosu 0.2 stupanj nesigurnosti. Kod četvrtog primjera ocjena predstavlja potpuno ne znanje, odnosno 100% nesigurnost u odgovor.“[1]

Na ovaj način je moguće distribuciju ocjene osnovnog atributa definirati kao skup stupnjeva uvjerenja vezanih uz pojedinu od pet ocjena s dodatnom ocjenom nesigurnosti. Osnovni skup atributa, odnosno ocjena jednoga mrežnoga poslužitelja, može biti sljedeća distribucija:

$$S(\text{procjena sigurnosti poslužitelja}) = \{(\text{loše}, 0.19), (\text{prosječno}, 0.43), (\text{izvršno}, 0.32), (\text{nesigurnost}, 0.06)\}. \quad (2-1)$$

U ovome primjeru zbog nedovoljnog poznavanja općih atributa koji utječu na promatrani opći atribut nesigurnost iznosi 6%, 19% ocjena loše, 43% ocjena prosječno, te 32% ocjene izvršno.

Uz pretpostavku jednostavne dvorazinske hijerarhijske strukture atributa, opće svojstvo ili opći atribut nalazi se na gornjoj razini, a više osnovnih atributa nalazi se na nižoj, donjoj razini (slika 2.1)



Slika 2.1: Hijerarhijska struktura atributa

Uz pretpostavku da postoji  $L$  osnovnih atributa  $e_i$  ( $i = 1, \dots, L$ ) te da su svi oni povezani s općim atributima  $Y$ . Pomoću toga možemo definirati skup osnovnih atributa:

$$E = \{e_1, \dots, e_i, \dots, e_L\}. \quad (2-2)$$

Na isti način može se isto pretpostaviti kako su težinske vrijednosti atributa predstavljene s  $\omega = \{\omega_1, \dots, \omega_i, \dots, \omega_L\}$  gdje je  $\omega_i$  relativna težina  $i$ -tog osnovnog atributa  $e_i$  s vrijednošću između 0 i 1. Kod procjene sigurnosti pojedinog elementa u ovisnosti važnosti tog elementa važne su težinske vrijednosti, odnosno utjecaj ocjene nekog elementa na ukupnu ocjenu sigurnosti cijeloga sustava. Prije nego što je procijenjeno stanje atributa potrebno je definirati skup mogućih ocjena stanja, koje su prikazane sljedećim skupom:

$$H = \{H_1, \dots, H_n, \dots, H_N\}, \quad (2-3)$$

sa pretpostavkom da je ocjena  $H_{n+1}$  veća, odnosno predstavlja bolju razinu sigurnosti od ocjene  $H_n$ , odnosno da je  $H$  uređeni skup elementa koji počinje od najnižeg prema elementu sa



najvišom vrijednošću. Sljedećim izrazom se može predstaviti procjena  $i$ -tog elementa skupa osnovnih atributa  $e_i$ :

$$S(e_i) = \{(H_n, \beta_{n,i}), n = 1, \dots, N\} \text{ gdje je } i = 1, \dots, L; \quad (2-4)$$

„gdje  $\beta_{n,i}$  predstavlja stupanj uvjerenja gdje je  $\beta_{n,i} \geq 0$ ,  $\sum_{n=1}^N \beta_{n,i} \leq 1$ . Ako je  $\sum_{n=1}^N \beta_{n,i} = 1$  tada je procjena stanja potpuna. Ukoliko je  $\sum_{n=1}^N \beta_{n,i} < 1$  tada je procjena stanja promatranog objekta nepotpuna. „[5]A poseban slučaj prikazan je izrazom:

$$\sum_{n=1}^N \beta_{n,i} = 0 \quad (2-5)$$

te nam taj izraz ukazuje na potpuni nedostatak informacije o atributu  $e_i$ . Nije rijetko da se pojave djelomični ili potpuni nedostaci o određenim atributima, nužnih kod donošenja odluka. Tada je vrlo bitno kako će se u danjima postupcima postupati s tim nedostatkom ili manjkom informacije.

$H_n$  je postavljen kao ocjena, a  $\beta_n$  stupanj uvjerenja na koju je procijenjen opći atribut. Zbog potreba rada potrebno je izračunati stupanj uvjerenja  $\beta_n$  tako da se uzimaju u obzir procjene stanja svih odgovarajućih atributa  $e_i$ . Agregacijskim procesom izračunava se ocjena i stupanj uvjerenja za opći atribut na osnovu informacija vezanih uz osnovne attribute. Iz toga razloga koristi se sljedeći algoritam.

Postavljen je  $m_{n,i}$  kao težinsku vrijednost osnovnog atributa odnosno veličinu koja predstavlja vrijednost ili stupanj kojom osnovni  $i$ -ti atribut  $e_i$  podupire tvrdnju da se osnovni atribut  $y$  može procijeniti na vrijednost unaprijed definirano kao ocjena  $H_n$ . Može se unaprijed zaključiti da je  $m_{H,i}$  ostatak težinske vjerojatnosti, odnosno kažemo da je nedijeljena vrijednost vjerojatnosti uzevši u obzir sve dodijeljene ocjene  $N$  za promatrani atribut  $e_i$ . Izračun težinskih vjerojatnosti dan je sljedećim izrazom:

$$m_{n,i} = \omega_i \beta_{n,i} \quad n=1, \dots, N; \quad (2-6)$$

gdje je  $\omega_i$  vrijednost dobivena normiranjem težina osnovnih atributa. Prema izrazu (2-7) prikazan je izračun težinskih vjerojatnosti:

$$m_{H,i} = 1 - \sum_{n=1}^N m_{n,i} = 1 - \omega_i \sum_{n=1}^N \beta_{n,i} \quad (2-7)$$

Pretpostavljeno je da je  $E_{I(i)}$  podskup prvih  $i$  atributa  $E_{I(i)} = \{e_1, e_2, \dots, e_i\}$  i sukladno s time uz pretpostavku da je  $m_{n,I(i)}$  težinska vjerojatnost definirana kao stupanj kojim svi  $i$  atributi podupiru tvrdnju kojom je atribut  $y$  procijenjen na ocjenu  $H_n$ . Uz to  $m_{H,I(i)}$  je ostatak težinske vjerojatnosti nedodijeljen pojedinim ocjenama nakon što su procijenjeni svi osnovni atributi  $E_{I(i)}$ . Težinske vjerojatnosti  $m_{n,I(i)}$ ,  $m_{H,I(i)}$  za  $E_{I(i)}$  mogu se dobiti, odnosno izračunati iz osnovne težinske vjerojatnosti  $m_{n,j}$  i  $m_{H,j}$  za sve  $n=1, \dots, N$ , i  $j=1, \dots, i$ . Uz pomoć sljedećih izraza (2-8), (2-9), (2-10) može se prikazati originalni rekurzivni algoritam evidencijskog zaključivanja, uz to da se uzimaju u obzir sve naveden činjenice.

$$m_{n,I(i+1)} = K_{I(i+1)} (m_{n,I(i)} m_{n,i+1} + m_{n,I(i)} m_{H,i+1} + m_{H,I(i)} m_{n,i+1}) \quad n=1, \dots, N \quad (2-8)$$

$$m_{H,I(i+1)} = K_{I(i+1)} m_{H,I(i)} m_{H,i+1} \quad (2-9)$$

$$K_{I(i+1)} = \left[ 1 - \sum_{t=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq t}}^N m_{t,I(i)} m_{j,i+1} \right]^{-1} \quad i=1, \dots, L-1 \quad (2-10)$$

gdje je normirajući koeficijent  $K_{I(i+1)}$  takav da je uvjet izražen izrazom  $\sum_{n=1}^N m_{n,I(i+1)} + m_{H,I(i+1)} = 1$  zadovoljavajući. Vrlo bitno je naglasiti da su osnovni atributi  $E_{I(i)}$  proizvoljni poredani i da njihove početne vrijednosti iznose  $m_{n,I(1)}=m_{n,1}$  i  $m_{H,I(1)}=m_{H,1}$ . Prije proširenja u originalnom algoritmu evidencijskog zaključivanja aksioma, kombinirani stupanj uvjerenja za opći atribut  $\beta_n$  izražen je sljedećim izrazom:

$$\beta_n = m_{n,I(L)}, \quad n = 1, \dots, N \quad (2-11)$$

$$\beta_H = m_{H,I(L)} = 1 - \sum_{n=1}^N \beta_n \quad (2-12)$$

gdje je sa  $\beta_H$  označen stupanj nepotpune procjene.

Poboljšani algoritam evidencijskog zaključivanja zasnovan je na osnovnom algoritmu evidencijskog zaključivanja proširenjem aksioma za sintezu agregacijskog postupka nužnim za objektivno i smisleno zaključivanje [10, 11]. Na višerazinsku hijerarhijsku strukturu moguće je primijeniti prošireni algoritam za evidencijsko zaključivanje [12].

- „Aksiom 1: opći atribut  $y$  ne može se procijeniti ocjenom  $H_n$  ukoliko niti jedan od osnovnih atributa skupa  $E$  nije procijenjen ocjenom  $H_n$ . Ovaj aksiom se još naziva i aksiom neovisnosti. On znači da ako je  $\beta_{n,i}=0$  za sve  $i=1, \dots, L$ , tada je  $\beta_n=0$ “ [1].
- „Aksiom 2: opći atribut  $y$  trebao bi biti precizno ocijenjen ocjenom  $H_n$  ukoliko su svi osnovni atributi skupa  $E$  precizno ocijenjeni ocjenom  $H_n$ . Ovaj aksiom naziva se još i aksiom konsenzusa. On znači da ukoliko je  $\beta_{k,i}=1$  i  $\beta_{n,i}=0$  za sve  $i=1, \dots, L$  i  $n=1, \dots, N$ ,  $n \neq k$ , tada je  $\beta_k=1$  i  $\beta_n=0$  ( $n=1, \dots, N$ ,  $n \neq k$ )“ [1].
- „Aksiom 3: ukoliko su svi osnovni atributi skupa  $E$  u potpunosti procijenjeni na određeni skup ocjena, tada bi i opći atribut  $y$  trebao biti procijenjen na isti podskup ocjena. Ovo svojstvo naziva se još i aksiom potpunosti“ [1].

- „Aksiom 4: ukoliko je procjena nekog od osnovnih atributa iz skupa  $E$  nepotpuna do određenog stupnja tada će i opći atribut  $y$  biti procijenjen nepotpunom ocjenom. To svojstvo nazivamo aksiomom nepotpunosti „[1].

„Ukoliko algoritam evidencijskog zaključivanja ne zadovoljava navede aksiome [5], tada je predstavljen prošireni algoritam evidencijskog zaključivanja kako bi osigurao ispunjavanje gore navedenih aksioma. Prošireni algoritam evidencijskog zaključivanja trebao bi ispuniti navedene aksiome za sintezu i pružati pouzdanu agregaciju potpunih i nepotpunih informacija koristeći novu težinsku normizaciju prikazanu sljedećim izrazom“[1]:

$$\sum_{i=1}^L \omega_i = 1, \quad (2-13)$$

kojom je zadovoljen aksiom konsenzusa. Kod novog algoritma evidencijskog zaključivanja ostatak težinske vjerojatnosti tretirat će se posebno s obzirom na relativne težine atributa i nepotpunost procijene. Za odabiranje gornjih i donjih vrijednosti stupnjeva uvjerenja mogu se iskoristiti koncept mjerenja stupnja uvjerenja i mjerenja pouzdanosti u Dempster-Shafer [2, 3] teoriji zaključivanja. U proširenom algoritmu za evidencijsko zaključivanje  $m_{H,i}$ , prikazan u izrazu (2-7), rastavljen je na dva dijela:

$$\bar{m}_{H,i} = 1 - \omega_i \quad (2-14)$$

$$\tilde{m}_{h,i} = \omega_i \left( 1 - \sum_{i=1}^N \beta_{n,i} \right) \quad (2-15)$$

Isto tako vrijedi i:

$$\bar{m}_{H,i} + \tilde{m}_{H,i} = m_{H,i}. \quad (2-16)$$

„Linearna funkcija od  $\omega_i$  pronalazi se u prvom dijelu  $\bar{m}_{H,i}$ . Ukoliko težina osnovnog atribut  $e_i$  iznosi nula ili je  $\omega_i = 0$ , tada će i  $\bar{m}_{H,i}$  imati vrijednost 1. U suprotnom ukoliko osnovni atribut  $e_i$  dominira procjenom ili je  $\omega_i = 1$  tada će  $\bar{m}_{H,i}$  imati vrijednost 0. Jednostavnije rečeno  $\bar{m}_{H,i}$  predstavlja stupanj kojim ostali atributi sudjeluju u procjeni. „[1]

„Ostatak težinske vjerojatnosti koji nikada nije dodijeljen niti jednoj ocjeni je  $\tilde{m}_{H,i}$  i iz toga to je posljedica nepotpune procjene osnovnih atributa  $S(e_i)$ . Ako je procjena osnovnog atributa  $S(e_i)$  potpuna tada  $\tilde{m}_{H,i}$  iznosi nula, u suprotnom  $S(e_i)$  je nepotpuna i  $\tilde{m}_{H,i}$  će imati vrijednost proporcionalnu  $\omega_i$  i biti će između 0 i 1. „[1]

„Može se protumačiti kako izrazi  $m_{n,I(i)}$  ( $n = 1, \dots, N$ ),  $\tilde{m}_{H,I(i)}$  i  $\bar{m}_{H,I(i)}$  predstavljaju kombinirane težinske vjerojatnosti nastale kombinacijom prvih  $i$  procjena. Tada je moguće prikazati novi algoritam za evidencijsko zaključivanje kao rekurziju, koja za  $(i+1)$  procjenu uzima u obzir prvih  $i$  procjena, sljedećim izrazom“ [1]:

$$m_{n,I(i+1)} = K_{I(i+1)} \left[ m_{n,I(i)} m_{n,i+1} + m_{H,I(i)} m_{n,i+1} + m_{n,I(i)} m_{H,i+1} \right] \quad (2-17)$$

$$m_{H,I(i)} = \tilde{m}_{H,I(i)} + \bar{m}_{H,I(i)} \quad (2-18)$$

$$\tilde{m}_{H,I(i+1)} = K_{I(i+1)} \left[ \tilde{m}_{H,I(i)} \tilde{m}_{H,i+1} + \bar{m}_{H,I(i)} \tilde{m}_{H,i+1} + \tilde{m}_{H,I(i)} \bar{m}_{H,i+1} \right] \quad (2-19)$$

$$\bar{m}_{H,I(i+1)} = K_{I(i+1)} \left[ \bar{m}_{H,I(i)} \bar{m}_{H,i+1} \right] \quad (2-20)$$

$$K_{I(i+1)} = \left[ 1 - \sum_{t=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq t}}^N m_{t,I(i)} m_{j,i+1} \right]^{-1} \quad i = \{1, \dots, L-1\}. \quad (2-21)$$

Jednom kada su obavljene procjene (L), uz uporabu normizacijskog procesa mogu se izračunati kombinirani stupanj uvjerenja danog sljedećim izrazom:

$$\beta_n = \frac{m_{n,I(L)}}{1 - \bar{m}_{H,I(L)}} \quad n = 1, \dots, N \quad (2-22)$$

$$\beta_H = \frac{\tilde{m}_{H,I(L)}}{1 - \bar{m}_{H,I(L)}} \quad (2-23)$$

Kao što je prikazano izrazima (2-22) i (2-23)  $\beta_n$  je stupanj uvjerenja za ocjenu  $H_n$  koja je dodijeljena procjenom, dok je  $\beta_H$  nedodijeljen stupanj uvjerenja i predstavlja nepotpunost u ukupnom procesu procjene sigurnosti. Stoga svi dobiveni kombinirani stupnjevi uvjerenja zadovoljavaju sva četiri aksioma sinteze.

Budući da na ovaj način dobivene ocjene procjene razine sigurnosti sustava nisu dovoljno jasne da bi se istaknula razlika u procjenama sigurnosti više različitih sustava ili usporedba s referentnim sigurnosnim razinama, uveden je pojam ukupne ili konačne ocjene kako bi se njime prikazala ekvivalentna numerička vrijednost pojedinih ocjena dobivenih procesom kombinacije. Odnosno, distribucija ocjene (2-1) se opisuje jednom ukupnom ocjenom  $U$  te intervalom odstupanja koji proizlazi iz ukupnog stupnja nesigurnosti.

„Uz pretpostavku kako je  $U(H_n)$  ukupna ocjena procjene  $H_n$  uz to da je  $U(H_{n+1}) > U(H_n)$ , gdje je  $H_{n+1}$  povoljnije odnosno bolja ocjena od  $H_n$ , ukupna ocjena procjene  $U(H_n)$  može biti izračunata metodom dodjeljivanja vjerojatnosti ili korištenjem regresijskog modela s parcijalnim ocjenama ili usporedbama. Pomoću sljedećega izraza može se izračunati ukupna procjena općeg atributa  $y$  samo ukoliko su procjene potpune ( $\beta_H = 0$ ). „[1]

$$U(y) = \sum_{n=1}^N \beta_n U(H_n) \quad (2-24)$$

Ocjenom  $a$  predstavljena je razina sigurnosti sustava koja je poželjnija od razine sigurnosti sustava predstavljenog ocjenom  $b$  s time da je ocjena  $a$  veća od ukupne ocjene  $b$  odnosno vrijedi izraz  $U(y(a)) > U(y(b))$ . Pomoću izraza (2.22) stupanj uvjerenja  $\beta_n$  ukazuje na donu granicu procjene na koju je moguće procijeniti opći atribut  $y$ . Gornja granica procjene prikazana je

mjerom validnosti za  $H_n$  ili ispravnije  $(\beta_n + \beta_H)$ . Intervalom  $[\beta_n, (\beta_n + \beta_H)]$  prikazan je raspon ocjena na koje može biti procijenjen opći atribut  $y$ . Ukoliko je procjena sigurnosti promatranog subjekta potpuna tada će se interval reducirati samo na vrijednost  $\beta_n$ , drugim riječima interval stupnjeva uvjerenja je ovisan o nedodijeljenom stupnju uvjerenja  $\beta_H$ . Opći atribut  $y$  u svakom drugom slučaju može se procijeniti intervalom od  $\beta_n$  do  $(\beta_n + \beta_H)$ . Prethodno navedenim tvrdnjama moguće je definirati tri vrijednosti koje jednoznačno karakteriziraju procjenu općeg atributa  $y$ , najveća, najmanja i srednja vrijednost ukupne ocjene procjene koje su dane sljedećim izrazima:

$$U_{\max}(y) = \sum_{n=1}^{N-1} \beta_n U(H_n) + (\beta_N + \beta_H) U(H_N) \quad (2-25)$$

$$U_{\min}(y) = (\beta_1 + \beta_H) U(H_1) + \sum_{n=2}^N \beta_n U(H_n) \quad (2-26)$$

$$U_{\text{avg}}(y) = \frac{U_{\max}(y) - U_{\min}(y)}{2}. \quad (2-27)$$

Jednom kada su sve procjene atributa  $y$  potpune, odnosno kada je  $\beta_H = 0$  vrijedi to da je  $U(y) = U_{\max}(y) = U_{\min}(y) = U_{\text{avg}}(y)$ .

„Na zasnovanim ukupnim ocjenama procjene i odgovarajućim intervalima nesigurnosti ili odstupanja uspoređujemo razine sigurnosti dva sustava  $a_l$  i  $a_k$ . Razina sigurnosti sustava  $a_l$  poželjnije je odnosno bolje od razine sigurnosti sustava  $a_k$  onda i samo onda ako je  $U_{\min}(y(a_l)) > U_{\max}(y(a_k))$ . Dva sustava su jednake razine sigurnosti ako i samo ako su  $U_{\min}(y(a_l)) = U_{\min}(y(a_k))$  i  $U_{\max}(y(a_l)) = U_{\max}(y(a_k))$ . Uspoređivanjem razine sigurnosti dva računalna sustava u svakome drugome slučaju biti će nepotpuno i nepouzdana. Nužno je povećati kvalitetu prvobitnih procjena smanjujući nepotpunost u procjenama osnovnih atributa kako bi se povećala pouzdanost usporedbe razina sigurnosti dva ili više sustava.“[1]

## 2.2 Primjena proširenog algoritma za evidencijsko zaključivanje na korisnika

Za procjenu trenutnog stanja jednog te usporedbu kvalitete više tehničkih sustava koristi se prošireni algoritam za evidencijsko zaključivanje. U svrhe ovoga rada navedeni algoritam evidencijskog zaključivanja koristi se u svrhe procjene stupnja sigurnosti, stupnja učestalosti, stupnja važnosti te stupnja uvjerenja. Radi potreba ovoga rada svaki korisnik ocijenjen je zasebno, algoritam evidencijskog zaključivanja primjenjujemo na korisnika, te na taj način procijenjen je stupanj sigurnosti, učestalosti, važnosti i uvjerenja ponašanja skupine.

Zadatak je formirati distribuciju ocjene korisnika (tablica 2.1) kombinacijom svih osnovnih atributa. Ocjene četiri osnovna atributa u ovome primjeru ulaze u izračun ocjene glavnog atributa, a formiranje ocjene osnovnog atributa se svodi na prebrojavanje i izračun proporcije svake od pet mogućih ocjena.

Tablica 2.1: *Formiranje ocjene osnovnog atributa korisnika*

distribucija skupne ocjene osnovnog atributa	korisnik_1	korisnik_2	korisnik_3	korisnik_4	korisnik_5	korisnik_6	korisnik_7	korisnik_8	korisnik_9	korisnik_10
1(0.3),5(0.7)	1	5	5	5	1	5	5	1	5	5
2(0.1),3(0.5),4(0.3),5(0.1)	5	4	3	3	3	4	3	3	4	2
3(0.5),4(0.2),5(0.3)	3	4	3	5	3	3	5	3	4	5
1(0.1),2(0.4),3(0.1),5(0.4)	5	1	5	2	2	5	2	2	3	5



U prvome retku tablice (2.1) troje od 10 korisnika je dobilo ocjenu „loše“, dok su ostali dobili ocjenu „izvrsno“ te tada distribucija ocjene osnovnog atributa za skupinu dobiva sljedeći oblik:

$$S(\text{procjena rizičnosti elementa ponašanja}) = \{(\text{loše}, 0.30), (\text{izvrsno}, 0.70)\} \quad (2.28)$$

Svi korisnici su ocijenjeni po sve četiri stavke pa iz toga u navedenom primjeru nesigurnost je 0% jer su sve ocjene navedene. Nakon izračuna glavnog atributa skupine u primjeru, distribucija ocjene skupine iznosi:

$$S(\text{procjena rizičnosti ponašanja}) = \{(\text{loše}, 0.092), (\text{dovoljno}, 0.115), \\ (\text{prosječno}, 0.275), (\text{vrlo dobro}, 0.117), (\text{izvrsno}, 0.398)\} \quad (2-29)$$

Ukupna ocjena procjene (2-27) tada iznosi:

$$U(\text{procjena rizičnosti ponašanja}) = 0.689 \quad (2-30)$$

„Interval nesigurnosti ili odstupanja u ovome primjeru ne postoji iz razloga jer ne postoji nesigurnost u ukupnoj procjeni razine rizičnosti ponašanja skupine korisnika u navedenom primjeru.“ [1]

### 3. IZRADA WEB APLIKACIJE

Algoritam evidencijskog zaključivanja primijenjen je za detekciju rizičnosti ponašanja korisnika te identificiranje po pitanjima sigurnosti. Opća pitanja nisu uključena u anketu, ali anketa obuhvaća tri grupe ljudi, a to su: studenti, zaposlenici, učenici. Pitanja su podijeljena u četiri grupe učestalost, stupanj sigurnosti, stupanj uvjerenja, stupanj važnosti.

Datoteke naziva „konekcija“ sadrže skripte koje se spajaju na bazu podataka. Pristupni podaci su definirani s „\$username“, „\$servername“, „\$password“ i predstavljaju ime poslužitelja (hosta), te sadrže korisničko ime i zaporku računa za administraciju podataka. Ime baze nalazi se na liniji koda koja sadrži poziv `mysqli_select_db()` funkcije. Na toj liniji upisano je ime baze „moja\_anketa“. Skripta automatski stvara bazu podataka „moja\_anketa“ ako ona ne postoji. Skripte automatski generiraju, odnosno stvore tablice koje su potrebne za pohranu rezultata ankete ukoliko ne vide da tablice postoje. Primjer povezivanja na bazu podataka prikazan je slikom 3.1.

```
$con = new mysqli($servername, $username, $password);

if($con->connect_error) {
    die("Neuspjelo spajanje na poslužitelj baze podataka: " . $con->connect_error);
}

$db_selected = mysqli_select_db($con, "moja_anketa");
```

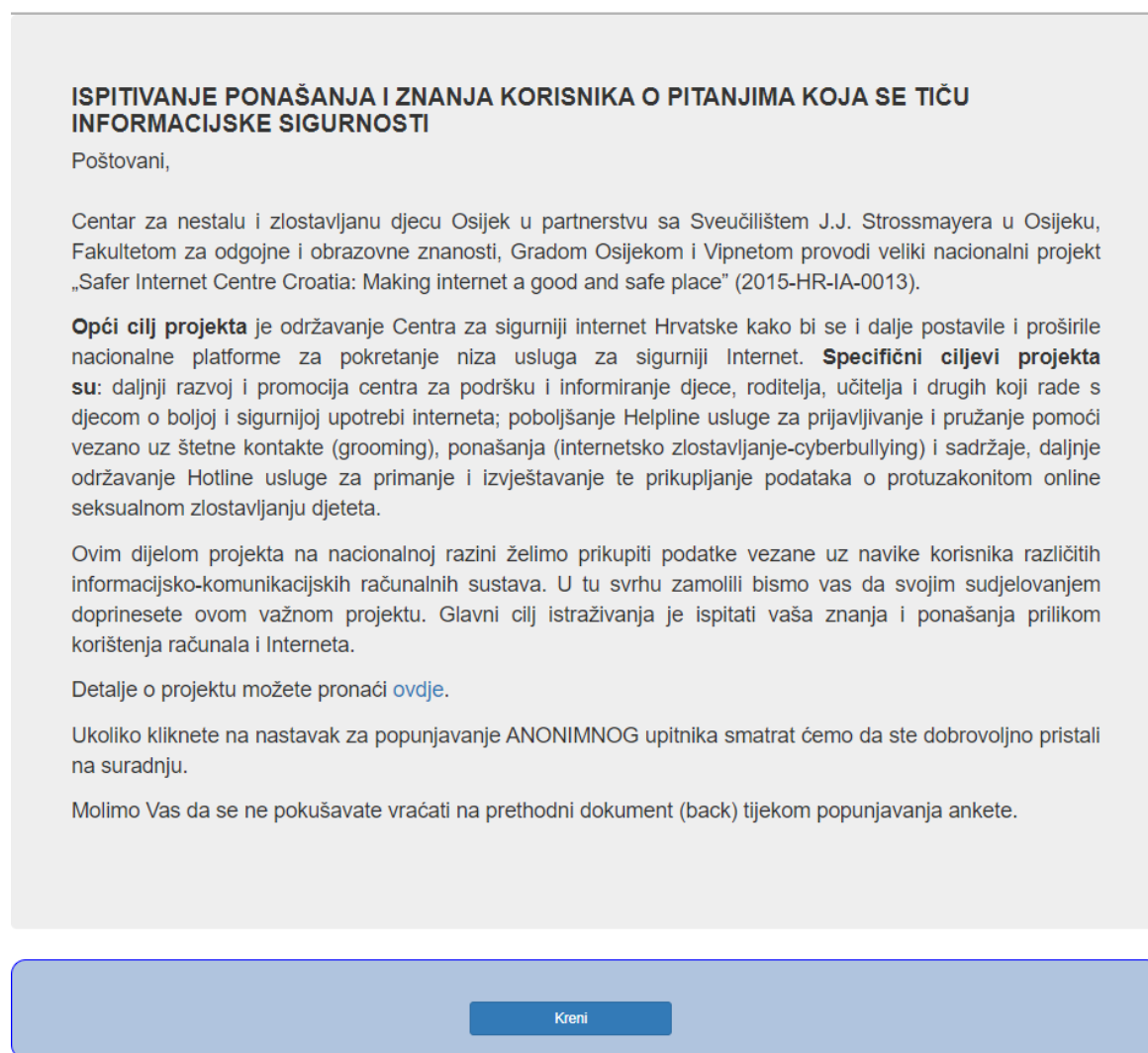
Slika 3.1 Povezivanje na bazu podataka

Konfiguracija ankete nalazi se u `init.php`. Anketa se provodi na tri vrste ispitanika, a to su: učenici, studenti i zaposlenici. Ovisno o vrsti ispitanika otvara se drugi slijed skripti sa pitanjima kao što su: `$scripts_pupils`, `$scripts_students`, `$script_employes`. U konfiguraciji su definirane škole, fakulteti i poduzeća koja mogu pristupiti anketi kroz nizove `$schools`, `$faculties`, `$firms`. Primjer konfiguracije prikazan je slikom 3.2.

```
$schools      = array("ucenici1", "ucenici2"),
$faculties    = array("fax1", "fax2"),
$firms        = array("firm1", "firm2")
```

Slika 3.2 konfiguracije

Index.php sadrži početnu stranicu ankete. U kodu je sadržana logika koja provjerava pristupa li se anketi putem ispravnoga linka. Ukoliko se ne pristupa putem ispravnoga linka, izbacit će se poruka pogreške Ispravan link kojim se pristupa anketi sadrži *query* parametre „tip“ i „ustanova“. Query parametar „tip“ predstavlja jednoga od tri ispitanika (učenici, studenti, zaposlenici). Query parametar „ustanova“ predstavlja, kao što i sam naziv govori, ustanovu na koju se anketa odnosi. Vrijednost parametra „ustanova“ mora postojati u nizu \$schools, \$faculties ili \$firms konfiguracije, ovisno o tome koji je tip zaposlenika. Iz toga razloga ispravan link može izgledati poput: „http://localhost:8080/?tip=ucenici&ustanova=ucenici1“. Izgled početne stranice prikazan je slikom 3.3.



**ISPITIVANJE PONAŠANJA I ZNANJA KORISNIKA O PITANJIMA KOJA SE TIČU INFORMACIJSKE SIGURNOSTI**

Poštovani,

Centar za nestalu i zlostavljaju djeću Osijek u partnerstvu sa Sveučilištem J.J. Strossmayera u Osijeku, Fakultetom za odgojne i obrazovne znanosti, Gradom Osijekom i Vipnetom provodi veliki nacionalni projekt „Safer Internet Centre Croatia: Making internet a good and safe place“ (2015-HR-IA-0013).

**Opći cilj projekta** je održavanje Centra za sigurniji internet Hrvatske kako bi se i dalje postavile i proširile nacionalne platforme za pokretanje niza usluga za sigurniji Internet. **Specifični ciljevi projekta su:** daljnji razvoj i promocija centra za podršku i informiranje djece, roditelja, učitelja i drugih koji rade s djecom o boljoj i sigurnijoj upotrebi interneta; poboljšanje Helpline usluge za prijavljivanje i pružanje pomoći vezano uz štetne kontakte (grooming), ponašanja (internetsko zlostavljanje-cyberbullying) i sadržaje, daljnje održavanje Hotline usluge za primanje i izvještavanje te prikupljanje podataka o protuzakonitom online seksualnom zlostavljanju djeteta.

Ovim dijelom projekta na nacionalnoj razini želimo prikupiti podatke vezane uz navike korisnika različitih informacijsko-komunikacijskih računalnih sustava. U tu svrhu zamolili bismo vas da svojim sudjelovanjem doprinesete ovom važnom projektu. Glavni cilj istraživanja je ispitati vaša znanja i ponašanja prilikom korištenja računala i Interneta.

Detalje o projektu možete pronaći [ovdje](#).

Ukoliko kliknete na nastavak za popunjavanje ANONIMNOG upitnika smatrat ćemo da ste dobrovoljno pristali na suradnju.

Molimo Vas da se ne pokušavate vraćati na prethodni dokument (back) tijekom popunjavanja ankete.

[Kreni](#)

Slika 3.3 Izgled početne stranice

Jednom kada je pristupljeno anketi putem ispravnoga linka otvara se početna stranica ankete sa uvodnim tekstom i opisom ankete. Kada anketa započne, otvara se prva skripta u nizu skripti ankete koje su zabilježene u konfiguraciji za tip ispitanika koji pristupa anketi. Kada započne anketa s prve skripte, u bazu podataka se pod tablicom odgovarajuće ustanove upisuje novi ispitanik. Jedinstvena šifra ispitanika (ID) se sprema u sjednicu na poslužitelju na temelju čega se prati kojem ispitaniku pripadaju odgovori ankete. Kod svakoga ispitanika kreće se od istog tipa pitanja, a to je stupanj uvjerenja, stupanj sigurnosti i učestalost. Tipovi pitanja prikazani su slikama 3.4, 3.5, 3.6.

Molimo Vas da pažljivo pročitate opis pojedinih situacija te da u odgovarajući stupac ispod **Stupnja uvjerenja** označite koliko ste uvjereni da će vam se dogoditi sljedeće situacije.

Koliko ste uvjereni da postoji realna opasnost:	Stupanj uvjerenja				
	nisam uvjeren/a	možda	ne znam	prilično	potpuno
6. Da će vam netko ukrasti službene podatke sa službenog računala (u firmi ili na fakultetu)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Da će vam netko ukrasti privatne podatke s vašeg kućnog računala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Da će vam netko ukrasti privatne podatke s vašeg mobilnog uređaja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Da će vam netko otuđiti novac s vašeg računa u banci	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Da će vam netko ukrasti identitet na Internetu (e-banking, facebook, e-mail)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sljedeći korak >>

Slika 3.4 Stupanj uvjerenja

Molimo Vas da pažljivo pročitate opis pojedinih situacija te da u odgovarajući stupac ispod **Stupnja sigurnosti** označite koliko su prema Vašem mišljenju sljedeće situacije sigurne.

Što mislite koliko je sigurno:	Stupanj sigurnosti				
	potpuno nesigurno	prilično nesigurno	ne znam	prilično sigurno	potpuno sigurno
1. Dopisivanje putem elektroničke pošte (e-mail)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Komunikacija putem društvenih mreža (npr. Facebook, Twitter)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Komunikacija mobitelom (razgovori, SMS)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Komunikacija žičnim telefonom	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Općenito komunikacija putem Interneta (npr. Skype, Viber, chat)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sljedeći korak >>

Slika 3.5 Stupanj sigurnosti

U sljedećoj tablici opisane su neke situacije koje opisuju uobičajena ponašanja korisnika računalnih informacijsko-komunikacijskih sustava. Molimo Vas da pažljivo pročitate opis pojedinih ponašanja i situacija te da u odgovarajućem stupcu ispod **Učestalost** odaberete koliko ste se često ponašali na određeni način.

Situacije Koliko često činite sljedeće?	Učestalost				
	nikad	rijetko	ponekad	često	uvijek
1. Posuđujete službene pristupne podatke (korisničko ime i zaporka) kolegama studentima ili na poslu, koji se nađu u potrebi (npr. za vrijeme bolovanja, godišnjeg)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Posuđujete svojim prijateljima, rođacima, poznanicima svoje privatne pristupne podatke za pristup kućnome računalu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Posuđujete svojim prijateljima, rođacima, poznanicima svoje privatne pristupne podatke za pristup osobnoj/privatnoj adresi elektroničke pošte (e-mail).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Posuđujete svojim prijateljima, rođacima, poznanicima svoje privatne kreditne kartice i pripadajući PIN.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Otkrivате svoj PIN (neskrivanjem, glasnim izgovaranjem prodavaču) kada plaćate karticom u trgovini.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Koristite različite zaporkе za različite sustave, npr. za facebook jedna, za e-mail druga, za poslovni sustav treća zaporka (lozinka), itd.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Održavate zaštitu privatnog računala odnosno radite li nadogradnju (engl. update) antispyware i antivirusnih programa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Višite nadogradnju i ostalih korisničkih programa te operativnog sustava na vašem privatnom računalu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Instalirate razne programe nepoznatih i manje poznatih proizvođača koji su možda zanimivi no nisu stvarno neophodni (npr. razni video playeri, multimedijalni dodaci web preglednicima)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Ostavljate osobne podatke na društvenim mrežama (npr. privatnu adresu, broj mobitela, poruku da ste na godišnjem i sl.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Odgovarate na e-malove nepoznatih/sumnjivih pošiljatelja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. Otvarate, bez provjere, priloge nepoznatih pošiljatelja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13. Prosljeđujete/saljete lančane e-malove (npr. poruke o donacijama, sreći i sl.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14. Koristite više e-mail adresa (npr. privatni i službeni e-mail)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15. Prijavljujete se na vaš e-mail s različitim javnim mjestima (npr. internet kafići, razne ustanove, korištenjem besplatne wi-fi mreže i sl.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16. Odjavljujete se sa informacijskog sustava prilikom završetka rada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17. Zaključavate službeno računalo prilikom kraćeg odlaska iz ureda, učionice, radnog stola na primjer na toalet ili pauzu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sljedeći korak >>

Slika 3.6 Učestalost

Jednom kada se anketa popuni i pošalje, skripta preuzima vrijednost iz ankete i pohranjuje ih u bazu podataka. Nakon pohrane podataka skripta provjerava koja je sljedeća skripta u nizu na temelju konfiguracije i otvara tu skriptu. Ukoliko anketa nije ispravno popunjena, putem JavaScripta se sakupe pogreške i ispišu se upozorenja unutar preglednika.

Anketa je napravljena na način tako da se pitanjima ankete ne može pristupiti po bolji ili ih preskakati. Svaki pokušaj direktnog pristupanja pitanjima ankete bez praćenja ispravnog slijeda popunjavanja rezultira time da se korisnik vrati na početnu stranicu ankete. To je omogućeno unutar datoteke referer.php, gdje se provjerava redosljed prošle, trenutne i sljedeće skripte. Na temelju tih smjernica određuje se smjer kretanja kroz anketu. Primjer koda za referer prikazan je slikom 3.7.

```
<?php
$httpreferer = test_input($_SERVER['HTTP_REFERER']);
if(!empty($httpreferer)){
    $parts = explode('/', $httpreferer);
    $script_referer = array_pop($parts);
    if($script_referer != prev($_SESSION['order'])) {
        header('Location: index.php');
    }
} else {
    header('Location: index.php');
}
function test_input($data) {
    $data = trim($data);
    $data = stripslashes($data);
    $data = htmlspecialchars($data);
    return $data;
}
```

Slika 3.7 provjera redoslijeda „referer“

## 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno na tri grupe ljudi svaka od kojih čini reprezentativan uzorak, a to su učenici, studenti, zaposlenici. Nakon popunjavanja ankete podaci uneseni od strane ispitanika pohranjeni su u bazu podataka radi daljnje analize. Ispitanici su odgovarali na pitanja razvrstana u četiri grupe: učestalost, stupanj uvjerenja, stupanj sigurnosti, stupanj važnosti. Nesigurnost dobivena algoritmom evidencijskog zaključivanja ukazuje na to kako skupina navedenih ispitanika, tablice 3.1, 3.2, 3.3, ima nejasnoće kod odgovaranja, odnosno ti odgovori su bili ne kvalitetni. Nesigurnost dobivena primjenom algoritma evidencijskog zaključivanja daje ključnu informaciju za utvrđivanje kvalitete odgovara ispitanika. Pitanja pod grupom učestalosti obuhvaćaju tip pitanja privatnosti, a primjer pitanja može biti „s kime dijelimo pin, odnosno zaporku“ , „koliko često mijenjamo pin, odnosno zaporku“. Stupanj sigurnosti odnosi se na pitanja sigurnosti na internetu i koliko osoba njemu vjeruje. Stupanj uvjerenja odnosi se na pitanja koliko je osoba uvjeren da su podaci na internetu sigurni, a to može biti primjer pitanja „koliko su podaci sigurni na računalu u školi“. Stupanj važnosti odnosi se na pitanja koliko zapravo čuvamo vlastite podatke na internetu, a primjer toga pitanja može biti „Koliko često mijenjamo pin, odnosno zaporku“. Nesigurnost kod korisnika 1 iznosi 0%, što dolazi do tvrdnje kako je korisnik 1 siguran u svoje odgovore, te je odgovorio na svako pitanje. Korisnik 1 kvalitetno je popunio anketu. U donjoj tablici 3.1 nalaze se rezultati provedeni na grupom studenata. Budući da su svi studenti odgovorili na navedena pitanja nesigurnost za svakoga studenta iznosi 0%. Najbolji rezultat ostvario je student 2 sa ukupnom ocjenom 2.25. Kod stupnja uvjerenja ostvario je najmanji rezultat te ukupna ocjena u toj grupi pitanja iznosi 1. Najgori rezultat ostvario je student 4 sa ukupnom ocjenom 1, odnosno sa potpunim ne slaganjem u zadane tvrdnje, odnosno pitanja. Student 3 ostvario je nešto gori rezultat od studenta 1, odnosno bolji rezultat od studenta 4 sa ukupnom ocjenom 1.47. Student 3 kod učestalosti je ostvario rezultat od 2.88, a dok je u ostalim pitanjima ostvario ocjenu 1. Student 1 ostvario je dobar rezultat sa ukupnom ocjenom od 1.94, te se nalazi na 2. mjestu. Kod stupnja važnosti ostvario je ocjenu 1, te prikazao ne slaganje sa danim tvrdnjama. U tablici 3.2 nalaze se rezultati provedeni nad grupom učenika. Učenik 1 ima tek jedini nesigurnost kod učestalosti te njegova ukupna nesigurnost iznosi 1.5%. Učenik 1, iako je iskazao nesigurnost 1.5%, ostvario je najbolji rezultat sa ukupnom ocjenom od 3.22. Učenik 1 iskazao je slaganje u svim grupama pitanje stoga ni u jednoj grupi nije dobio ocjenu 1. Učenik 2 ostvario je nešto slabiji rezultat od učenika 1 sa svojom ukupnom ocjeno od 2.88. Učenik 2 također je pokazao slaganje sa danim pitanjima, te nije ostvario niti jednu negativnu ocjenu. Učenik 3 isto je pokazao

slaganje sa danim tvrdnjama te nije ni u jednoj grupi pitanja pokazao neslaganje. Učenik 4 jedini je pokazao neslaganje sa danim pitanjima, te u grupi pitanja sigurnosti ostvario ocjenu 1. Tablicom 3.3 prikazani su rezultati ankete provedeni nad grupom zaposlenika. Zaposlenik 1 nesigurnost ima u tipu pitanja učestalosti u visini od 82.35% dok je ostala nesigurnost 0%, te njegova ukupna nesigurnost je 20.58%. Zaposlenik 2 također nesigurnost ima u učestalosti te njegova nesigurnost iznosi 5.88%, a ukupna 1.47%. Zaposlenik 3 u potpunosti je nesiguran u tipu pitanja učestalosti te njegova nesigurnost iznosi 100%, a dok je ukupna nesigurnost 25%. Zaposlenik 4 u potpunosti je siguran u svoje odgovore i njegova nesigurnost iznosi 0%, te je on ostvario najbolji rezultat sa ukupnom ocjenom od 4.41 U grupama pitanja uvjerenja, sigurnosti i važnosti ostvario je rezultat 5 što pokazuje kako u potpunosti uvjeren u svoje odgovore. Nešto slabiji rezultat ostvario je u grupi pitanja učestalosti, te tu je ostvario ocjenu od 2.65 čime je iskazao malo ne slaganje u dane tvrdnje, odnosno pitanja. Zaposlenik 2 ostvario je rezultat sa ukupnom ocjenom od 3.47, te se nalazi na drugom mjestu iza zaposlenika 4. Kod učestalosti zaposlenik 4 iskazao je potpuno slaganje i povjerenje u dane tvrdnje, odnosno pitanja, te je ostvario rezultat od 4.88. Kod stupanj uvjerenja i stupnja sigurnosti zaposlenik 4 ostvario je rezultat 3, odnosno 4. Kod stupanj važnosti zaposlenik 4 ostvario je nešto slabiji rezultat te je ostvario ocjenu 2, te iskazao ne slaganje sa danim tvrdnjama, odnosno pitanjima. Zaposlenik 1 nalazi se na trećem mjestu sa ostvarenom ukupnom ocjenom od 2.95. Kod stupnja učestalosti zaposlenik 1 iskazao je potpuno neslaganje u dane tvrdnje, odnosno pitanja, te je ostvario ocjenu 1. Kod stupnja sigurnosti iskazao je potpuno slaganje u dane tvrdnje i ostvario je rezultat, odnosno ocjenu 5. Nešto slabije slaganje sa danim tvrdnjama, odnosno pitanjima ostvario je u grupi pitanja važnosti gdje ostvario ocjenu 2. Kod stupnja uvjerenja ostvario je rezultat od 3.8. Zaposlenik 3 ostvario je najslabiji rezultat sa ukupnom ocjenom od 2.71. Potpuno neslaganje sa danim tvrdnjama, odnosno pitanjima ostvario je u grupi učestalosti gdje je ostvario rezultat od 1. Kod stupnja sigurnosti zaposlenik 3 ostvario je najbolji rezultat sa ocjenom 4, te iskazao slaganje sa danim tvrdnjama. Nešto slabije slaganje sa danim tvrdnjama iskazao je u grupi pitanja važnosti gdje je ostvario rezultat od 2.83. Kod stupnja uvjerenja ostvario je rezultat 3.



Tablica 3.1: *Rezultati istraživanja grupe studenata*

<b>STUDENTI</b>	Student 1	Student 2	Student 3	Student 4
Učestalost:	2.36	3.0	2.88	1.0
Stupanj uvjerenja:	3.0	1.0	1.0	1.0
Stupanj sigurnosti:	1.4	3.0	1.0	1.0
Stupanj važnosti:	1.0	2.0	1.0	1.0
Ukupna ocjena:	1.94	2.25	1.47	1.0

Tablica 3.2: *Rezultati istraživanja grupe učenika*

<b>UČENIK</b>	Učenik 1	Učenik 2	Učenik 3	Učenik 4
Učestalost:	2.71	3.0	3	2.81
Stupanj uvjerenja:	3.2	3.0	1.8	4.0
Stupanj sigurnosti:	2.8	3.0	2.8	1.0
Stupanj važnosti:	4.16	2.5	3.16	2.0
Ukupna ocjena:	3.22	2.88	2.69	2.45

Tablica 3.3: *Rezultati istraživanja grupe zaposlenika*

<b>ZAPOSLENIK</b>	Zaposlenik 1	Zaposlenik 2	Zaposlenik 3	Zaposlenik 4
Učestalost:	1.0	4.88	1	2.65
Stupanj uvjerenja:	3.8	3.0	3.0	5.0
Stupanj sigurnosti:	5.0	4.0	4.0	5.0
Stupanj važnosti:	2	2.0	2.83	5.0
Ukupna ocjena:	2.95	3.47	2.71	4.41

## **5. ZAKLJUČAK**

Korištenjem algoritma evidencijskog zaključivanja uvelike je olakšana analiza odgovora anketiranih ispitanika. Za lakše prikupljanje izrađena je web aplikacija koja je ponuđena određenoj grupi ljudi, a to su studenti, učenici, zaposlenici. Rezultate ankete obrađivani su standardnim statističkim metodama te su pridonijeli točnom rezultatu. Cilj rada je dobivanje odgovora od već navedene grupe ljudi, te nakon toga ih obraditi pomoću statističkih metoda koje su napisane u php jeziku. Navedeni algoritam nalazi se u prilogu 1. Web aplikacija, odnosno anketa ima 3 grupe pitanja, a to su učestalost, sigurnost, uvjerenje. Anketa napisana je u programu Visual Studio Code, te korišteni jezici su HTML, php, javascript, css te drugi. Aplikacija je pregledna i lako se njome koristi.

## LITERATURA

- [1] K.Šolić, *Model za procjenu razine sigurnosti računalnog sustava zasnovan na ontologiji i algoritmu za evidencijsko zaključivanje*, doktorska disertacija, str. od 23 do 38 Osijek, 2013.
- [2] Dempster A.P., *Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping*, Ann Math Stat, Vol. 38, p.p. 325–339, 1967.
- [3] Shafer G., *A mathematical theory of evidence*, Princeton University Press, New Jersey, 1976.
- [4] Zhou M., Liu X.B., Yang J.B., *Evidential Reasoning-Based Nonlinear*
- [5] Yen, J., *Generalizing the Dempster - Shafer Theory to Fuzzy Sets*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 20, No. 3, p.p. 559-570, 1990.
- [6] Russell S., Norvig P., *Artificial Intelligence, A Modern Approach*, Third Edition, Pearson Education Inc., New Jersey, SAD, 2010.
- [7] *Protege ontološki programski alat*, Sveučilište Stanford, Kalifornija SAD, <http://protege.stanford.edu/>, 2012.
- [8] Klaic A., Hadjina N., *Methods and Tools for the Development of Information Security Policy*, Proc IEEE MIPRO, 2011.
- [9] Prcela M., *Predstavljanje znanja zasnovano na integraciji ontologija i Bayesovih mreža* (disertacija) FER Zagreb, 2010.
- [10] Zhang Z.J., Yang J.B., Xu D.L., *A hierarchical analysis model for multiobjective decision making*, Analysis, Design and Evaluation of Man–Machine Systems, Pergamon, Oxford, UK, p.p. 13–18, 1990.
- [11] Yang J.B., Xu D.L., *On the Evidential Reasoning Algorithm for Multiple Attribute Decision Analysis Under Uncertainty*, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics - part A: Systems and Humans, Vol. 32, No. 3, p.p. 289-304, 2002.
- [12] Yang J.B., Singh M.G., *An evidential reasoning approach for multiple attribute decision making with uncertainty*, IEEE Trans Syst Man Cybern, Vol. 24, No. 1, p.p. 1-18, 1994.

## SAŽETAK

Opisan je način rada algoritma evidencijskog zaključivanja sa određenom razinom nesigurnosti u podacima. Izrađena je web aplikacija pomoću koje se prikupljaju podaci koji unose pristupnici prilikom anketiranja. Pristupnici su podijeljeni u tri grupe, a to su učenici, studenti, zaposlenici. Pitanja sadržana u anketi isto se dijele na četiri grupe, a to su učestalost, sigurnost, uvjerenje i važnost. Napisan je algoritam koji podatke prikupljene anketiranjem obrađuje evidencijskim zaključivanjem uz određenu razinu sigurnosti u podacima. Rezultati ankete obrađeni su standardnim statističkim metodama i algoritmima evidencijskog zaključivanja, te su dobiveni rezultati uspoređeni.

Ključne riječi: algoritam, evidencijsko zaključivanje, PHP, JavaScript, anketa

## **ABSTRACT**

### **APPLICATION OF EVIDENTIAL REASONING ALGORITHM IN DATA PROCESSING**

This final paper describes work mode of algorithm for evidential reasoning with a certian level of uncertainty in the data. It's created a web application to collect data entered by applicants during the survey. Respondents are divided into three groups: pupils, students, and employees. Survey questions are divided into four groups: frequency, safety, belief and importance. Algorithm is written that processes the data collected by the survey by the evidential reasoning with a certain level of securty in the data. The results of the survey were processed by standard statistical methods and algorithms of evidential reasoning and obtained results were compared.

Key word: algorithm, evidential reasoning, questionnaire, students, employees

## **POPIS SLIKA**

Slika 2.1: Hijerarhijska struktura atributa

Slika 3.1 Povezivanje na bazu podataka

Slika 3.2 konfiguracije

Slika 3.3 Izgled početne stranice

Slika 3.4 Stupanj uvjerenja

Slika 3.5 Stupanj sigurnosti

Slika 3.6 Učestalost

Slika 3.7 provjera redoslijeda „referer“

## **POPIS TABLICA**

Tablica 2.1: *Formiranje ocjene osnovnog atributa skupine*

Tablica 3.1: *Rezultati istraživanja grupe studenata*

Tablica 3.2: *Rezultati istraživanja grupe učenika*

Tablica 3.3: *Rezultati istraživanja grupe zaposlenika*



**PRILOG**  
**Prilog 1. CD**