

TEORIJA GRUBIH SKUPOVA KAO ALAT ZA OTKRIVANJE KRAĐE KUPACA ELEKTRIČNE ENERGIJE

J. SPIRIĆ, Leskovac, Srbija
S. STANKOVIĆ, JP „Elektroprivreda“ Srbije, Tehnički centar Niš, Srbija
M. DOČIĆ, JP „Elektroprivreda“ Srbije, Odsek za tehničke usluge Leskovac, Srbija

UVOD

Rešavanje problema velikih netehničkih gubitaka u distributivnoj električnoj mreži zahteva uključivanje potrebnih znanja iz oblasti elektroenergetike, matematike, ekonomije, prava, sociologije, psihologije i informatike.

Ovaj problem se u Elektroprivredi Srbije rešava uz pomoć Jedinственоg operativnog programa – JOP (2003. godine), Akcionog plana za smanjenje gubitaka u distributivnom delu elektroenergetskog sistema (2009. godine) i planiranih godišnjih aktivnosti. Glavni akcenat je stavljen na masivnu kontrolu kupaca, a ovaj zadatak se potvrđivao procentom izvršenih kontrola, a ne procentom otkrivenih krađa. Mali procenat otkrivenih krađa su rezultat kontrola koje su uglavnom vršene bez odgovarajuće pripreme pre odlaska u kontrolu. Rezultat ovih aktivnosti je delovao od zaustavljanja porasta gubitaka do njihovog blagog pada.

Aktivnosti na izbegavanju i smanjivanju netehničkih gubitaka su pretežno nepovezane, jer ne proizilaze iz odgovarajuće organizacije poslova. Jednom rečju, postojeća organizacija sa gledišta kontrole gubitaka ne obezbeđuje potrebnu povezanost procesa u prodaji, tehničkim, ekonomskim i pravnim aktivnostima [1].

Namera ovog rada je i da ukaže na veliki značaj dobrog korišćenja baze podataka „billing“ sistema kojom raspolaže svako distributivno preduzeće. Analiza netehničkih gubitaka električne energije zahteva dopunu „billing“ sistema sa raspoloživom bazom iz domena tehnike.

Osnovni zadatak „billing“ sistema je da omogući tekuće trgovinske transakcije između prodavca i kupca električne energije, da vodi računa o ukupnom trgovinskom saldu, promenama zakonske regulative, itd. To omogućava ogroman broj podataka smeštenih i organizovanih u transakcionim bazama podataka. Vrednost izgrađenih transakcionih baza podataka nije samo u postojećim sirovim podacima ili njihovim agregacijama, već i u implicitnim pravilnostima koje su u njima skrivene.

Do „otkrivanja znanja u skupovima podataka“ (engl. *Knowledge Discovery in Data Sets, KDD*) dolazi se dubinskom analizom podataka (engl. *Data Mining*).

Imajući u vidu odnos prodavca i kupca električne energije, za dubinsku analizu podataka se može reći da je to alat koji omogućava nalaženje pravilnosti u ponašanju kupca. Na osnovu otkrivanja navika i namera kupaca, može se ostvariti procena predviđanja njihovog budućeg ponašanja.

Najprostije rečeno, dubinska analiza podataka je analiza ogromnog skupa podataka sa ciljem otkrivanja očekivanih/neočekivanih veza u podacima koje su za vlasnika podataka novi i korisni.

Krađa električne energije od strane registrovanih kupaca se manifestuje na vremenskim serijama registrovanih mesečnih energija. Takve serije se nazivaju anomalničnim i mogu se otkriti najčešće pomoću statističkih tehnika [2–5]. Sredstvo za nalaženje sumnjivih kupaca može biti i teorija „fuzzy“ skupova [9].

Rad se zasniva na zatečenim kupcima u krađi u ranijem periodu. Radi se o kupcima kod kojih samo jedan deo energije prelazi preko mernog uređaja, a merni uređaj se redovno očitava. Preostali deo energije koristi se kod tih kupaca van mernog uređaja. Drugim rečima, ti kupci krađu električnu energiju i u daljem tekstu će se nazivati lopovima. Na osnovu njihovih karakterističnih podataka potrošnje formiraju se profili takvih kupaca. Traže se zatim kupci koji imaju identične profile sa već registrovanim profilima krađe. U ovoj vrsti krađe, skup kupaca u kome se realno očekuje da ima lopova, ali se ne isključuju i oni koji to nisu, naziva se skupom sumnjivih kupaca. Svi kupci čiji se profili poklapaju sa profilima lopova, proglašavaju se sumnjivim kupcima. Za realizaciju ovog načina u ovom radu koristiće se teorija grubih skupova [10]. Tarifni sistemi za prodaju i kupovinu električne energije drugih zemalja utiču na različite odgovarajuće karakteristične parametre potrošnje koji, u skladu sa učinjenim izborom od strane supervizora, mogu da formiraju različite profile lopova. Ističe se da različitost tarifnih sistema ne utiče na opštost primene kako statističkih tehnika tako i teorije grubih i „fuzzy“ skupova.

OSNOVE TEORIJE GRUBIH SKUPOVA

Teorija grubih skupova koju je 1982. godine postavio Z. Pawlak [7] je matematički alat za analizu raspoloživih podataka. Teorija grubih skupova se koristi u medicini, ekonomiji, tehnici, farmaciji, teoriji odlučivanja, softverskom inženjeringu, itd.

Filozofija grubih skupova se zasniva na pretpostavci da se svaki objekat *univerzuma* može opisati nekim karakterističnim informacijama.

Neka je dat konačni skup U objekata (instanci, slučajeva ili posmatranja), koji se naziva *univerzum* i neka je dat konačan skup A atributa (osobina, karakteristika, promenljivih). Svakom atributu $a \in A$ pridružuje se skup V_a čije se vrednosti nazivaju *domenom* od a . Par $S = (U, A)$ predstavlja *informacioni sistem*. Skup atributa A može se podeliti na skup C uslovnih atributa i skup D odlučujućih atributa, uz uslov da su oni disjunktni ili $C \cap D = \emptyset$. Bilo koji podskup $B \subseteq A$ određuje I_B , binarnu relaciju od U , koja se naziva *relacija nerazlučivosti* i označava se sa:

$$I_B = \{(x, y) \in U \times U : a(x) = a(y), \forall a \in B\}, \quad (1)$$

gde $a(x)$ i $a(y)$ označavaju vrednosti atributa a za objekte x i y , respektivno.

Prostije rečeno, relacijom (1) se kaže da su dva različita objekta x i y opisana istim atributima i da se takav njihov odnos iskazuje relacijom nerazlučivosti.

Poenta teorije grubih skupova je formiranje aproksimacionih skupova. Za dati informacioni sistem $IS = (U, A)$ i neka je $B \subseteq A$ i $X \subseteq U$. Pomoću teorije grubih skupova može se odrediti skup kupaca električne energije u kategoriji „domaćinstva“ za koje postoje pretpostavke da ima izgleda da krađu električnu energiju. U skladu sa uvedenim oznakama, neka je X skup kupaca koji krađu električnu energiju (u daljem tekstu, skup lopova), U konačan skup kupaca (u našem slučaju N kupaca) i B klasa ekvivalencije.

\underline{B} - *donja aproksimacija* skupa X definiše se kao unija svih elementarnih skupova sadržanih u X :

$$\underline{B}(X) = \bigcup_{x \in X} \{B(x) : B(x) \subseteq X\}, \quad (2)$$

i predstavlja kupce koji sigurno pripadaju posmatranom skupu X .

\overline{B} - *gornja aproksimacija* skupa X definiše se kao unija onih elementarnih skupova koji imaju neprazni presek sa skupom X ili:

$$\bar{B}(X) = \bigcup_{x \in U} \{B(X) : B(X) \cap X \neq \emptyset\} \quad (3)$$

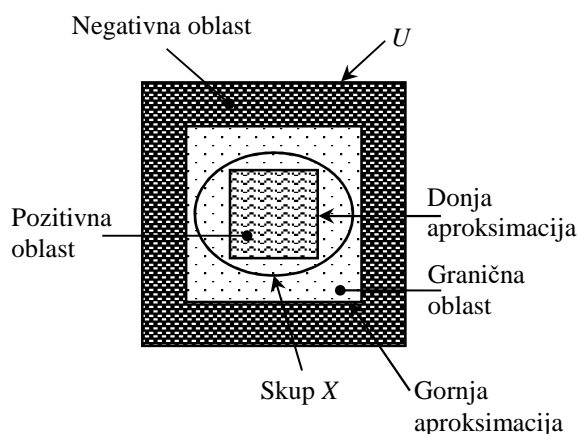
i predstavlja kupce koji verovatno pripadaju posmatranom skupu.

Razlika gornje i donje aproksimacije definiše $BN_B(X)$ - **graničnu oblast** skupa X :

$$BN_B(X) = \bar{B}(X) - \underline{B}(X) \quad (4)$$

i predstavlja kupce koji mogu, ali ne i sigurno da pripadaju skupu X na osnovu raspoloživog saznanja u B .

Ako je granična oblast skupa X prazan skup, tj. $BN_B(X) = \emptyset$, tada je skup X klasičan (tačan) u odnosu na B . U slučaju da je $BN_B(X) \neq \emptyset$, skup X je grub (netačan) u odnosu na B .



Slika 1 – Grafička interpretacija aproksimacionih skupova

Mogu se takođe definisati **pozitivna oblast** skupa X u kojoj su elementi skupa sigurno članovi skupa kao:

$$pos B(X) = \underline{B}(X) \quad (5)$$

i **negativna oblast** skupa X u kojoj se nalaze elementi koji sigurno nisu članovi skupa X kao:

$$neg B(X) = U - \bar{B}(X) . \quad (6)$$

Da bi ocenili koliko je dobro izvršena aproksimacija na A , definiše se tačnost aproksimacije:

$$\alpha_B(X) = \frac{|\underline{B}(X)|}{|\bar{B}(X)|} \quad (7)$$

kao odnos kardinalnosti skupa donje aproksimacije $\underline{B}(X)$ i kardinalnosti skupa gornje aproksimacije $\bar{B}(X)$.

Očigledno je $0 \leq \alpha_B(X) \leq 1$. Ako je $\alpha_B(X) = 1$, tada je skup X tačan u odnosu na B , a ako je $\alpha_B(X) < 1$, tada je skup X grub u odnosu na B .

IZBOR I DISKRETIZACIJA ATRIBUTA

Veliku ulogu u određivanju tačnosti aproksimacije grubog skupa ima izbor atributa i njihov broj. Može se koristiti više uslovnih atributa C_i , a njihova mera može imati kontinualne ili diskretne vrednosti. Izbor atributa zavisi od njegovog uticaja na suštinu zahteva koji se postavlja pred proces određivanja performansi grubog skupa. Taj izbor je u čvrstom odnosu sa filozofijom tarifnog sistema, klimatskim prilikama, cenom drugih energenata, urbanizacijom, standardom, geografskom lokacijom kupca, mrežnim naponom na koji je kupac

priključen, brojem faza instalacije kupca, urednošću plaćanja i dr. Atribut odluke D ima samo dve klase i to: a) DA (kupac krađe) i b) NE (kupac ne krađe).

Diskretizacijom se naziva tehnika kojom se raspon brojnih vrednosti za dati atribut deli na intervale. Naznačeni interval se tada koristi da zameni aktuelne vrednosti iz baze podataka. U ovom radu se koristi nesupervizorska diskretizacija, koju karakteriše statička diskretizacija na svakom atributu, nezavisno od ostalih atributa. Svaki atribut se na celom skupu kupaca diskretizuje, čime se ostvaruje globalna diskretizacija. Na ovaj način, moguće je dobiti n_1, n_2, \dots, n_i podskupova, gde je n_i broj intervala i -tog atributa. Koristiće se metod jednakih učestanosti (*equal frequency*).

Konačnu odluku o tome mora doneti korisnik ili neka od supervizorskih metoda [9–12]. Za optimalno rešenje diskretizacije domena svakog od atributa potrebno je naći kriterijum u obliku pogodno izabranog indikatora i odrediti ograničenje njegove vrednosti. U nesupervizorskim metodama kriterijum i njegovo ograničenje bira vlasnik ili ekspert. U supervizorskim metodama ovaj posao obavlja algoritam sa ugrađenom naredbom za pravovremeno stopiranje diskretizacionog procesa.

U sledećem odeljku biće predstavljen kriterijum za definisanje procene granične oblasti analiziranog skupa kupaca, a koji se zasniva na veličini netehničkih gubitaka električne energije na mreži niskog napona, sa koje se napaja skup U od N kupaca.

FORMIRANJE KRITERIJUMA ZA PROCENU BROJA SUMNJIVIH KUPACA PREKO GUBITAKA

Posmatra se skup U od N kupaca u kategoriji „široka potrošnja“. Merenje energije svakog kupca vrši se na niskom naponu. Ukupno fakturisana energija na skupu U je W_f . Analiza gubitaka se vrši za period T od godinu dana.

Mreža niskog napona je sa tipiziranim presecima, sa istim nazivnim naponom, sa približno istom gustinom površinskog opterećenja, te se može smatrati da su na nivou svih reona transformatorskih stanica gubici električne energije približno isti. Uvodi se i pretpostavka da je pojava krađe električne energije približno ravnomerno raspoređena na mrežama niskog napona sa ukupno N kupaca.

Neka su procentualni *normirani* tehnički gubici na godišnjem nivou u mreži niskog napona l_n (%). Neka su procentualni ukupni gubici na godišnjem nivou u mreži niskog napona l_u (%).

U skupu od N kupaca je N' kupaca koji su ranije već uhvaćeni u krađi električne energije. Za ove kupce su formirane vrednosti uslovnih atributa u periodu od jedne godine unazad od datuma otkrivanja krađe. U daljoj analizi u ovom odeljku, ovi kupci će poslužiti za formiranje profila lopova. Prema teoriji grubih skupova razlika skupa gornje aproksimacije $\bar{B}(X)$ i donje aproksimacije $\underline{B}(X) = N'$ (broj uhvaćenih lopova) predstavlja *graničnu (boundary) oblast* $BN_B(X)$. Broj kupaca u graničnoj oblasti $BN_B(X)$ predstavljaće sumnjive kupce. Skup svih sumnjivih kupaca se može podeliti na skup kupaca sa profilom lopova, ali koji ne krađu i skup kupaca sa profilom lopova koji krađu.

Na slici 2 date su karakteristične energije koje treba pripisivati nađenom stanju kupaca sa obzirom na sumnju u krađu, a nakon sprovedene diskretizacije i konačno dobijene vrednosti $BN_B(X)$. Istovremeno se imaju u vidu ukupna fakturisana energija W_f , kao i ukupni gubici L_u i normirani tehnički gubici L_n koji se nalaze prema:

$$L_u = \frac{100}{100 - l_u} \cdot 100 \quad (8)$$

$$L_n = \frac{100}{100 - l_n} \cdot 100. \quad (9)$$

Uz pretpostavku da ranije uhvaćeni kupci u krađi više ne krađu, prosečna potrošnja kupaca iz negativne oblasti i kupaca iz oblasti donje aproksimacije predstavlja prosek potrošnje kupaca koji sada ne krađu. Ova vrednost, označena sa w , je:

$$w = \frac{W_f - W_{BN_B(X)}}{N - BN_B(X)}. \quad (10)$$

U graničnoj oblasti kupci imaju na raspolaganju energiju:

$$C = W_{BN_B(X)} + L_u - L_n. \quad (11)$$

Konačan izraz za C dobija se zamenom vrednosti za L_u i L_n u (11):

$$C = W_{BN_B(X)} + \frac{100 \cdot (l_u - l_n)}{(100 - l_u) \cdot (100 - l_n)} \cdot W_f. \quad (12)$$

Ako u graničnoj oblasti ne bi bilo krađe, prosečna potrošnja u njoj bi prema relaciji (10) iznosila w . Broj kupaca sa takvom potrošnjom, a koji bi trošio raspoloživu energiju C označimo sa D :

$$D = \frac{C}{w}. \quad (13)$$

Pošto u razmatranoj oblasti ima krađe, gubici se povećaju sa vrednosti L_n na vrednost L_u .

Na osnovu analize većeg broja mreža na područjima sa gubicima većim od normiranih, došlo se do zaključka da za proces diskretizacije treba koristiti kriterijum za određivanje broja sumnjivih u graničnoj oblasti:

$$[BN_B(X)] = \frac{l_n}{l_u} \cdot D. \quad (14)$$

Dobijena vrednost iz procesa diskretizacije $BN_B(X)$ ne treba da značajnije odstupa od gore postavljenog kriterijuma. U tom smislu može se postaviti relacija:

$$(100 - p) \cdot [BN_B(X)] \leq BN_B(X) \leq (100 + p) \cdot [BN_B(X)], \quad (15)$$

gde je p dozvoljena procentualna vrednost odstupanja vrednosti broja sumnjivih na osnovu diskretizacije i vrednosti broja sumnjivih prema kriterijumu zasnovanom na osnovu bilansa energija. Autori smatraju da dozvoljena mera odstupanja ne treba biti veća od $p = 10\%$.

Sumnjivi kupci određeni postupkom diskretizacije mogu se razdvojiti na one koji ne krađu i one koji krađu energiju:

$$BN_B(X) = \alpha + \beta, \quad (16)$$

gde je α broj kupaca koji krađu energiju sa prosečnim iznosom po kupcu w'' , a β broj kupaca koji ne krađu i ima prosečnu energiju po kupcu w . Može se postaviti odnos $w'' = r \cdot w$, gde je r broj koji se prema analizama krađa koje su vršene može definisati sa $r = [2 \div 4]$.

Može se postaviti relacija:

$$C = \alpha \cdot w'' + \beta \cdot w. \quad (17)$$

Rešenje gornje dve jednačine po α je:

$$\alpha = \frac{C}{(r-1) \cdot w} - \frac{BN_B(X)}{r-1} = \frac{D - BN_B(X)}{r-1}. \quad (18)$$

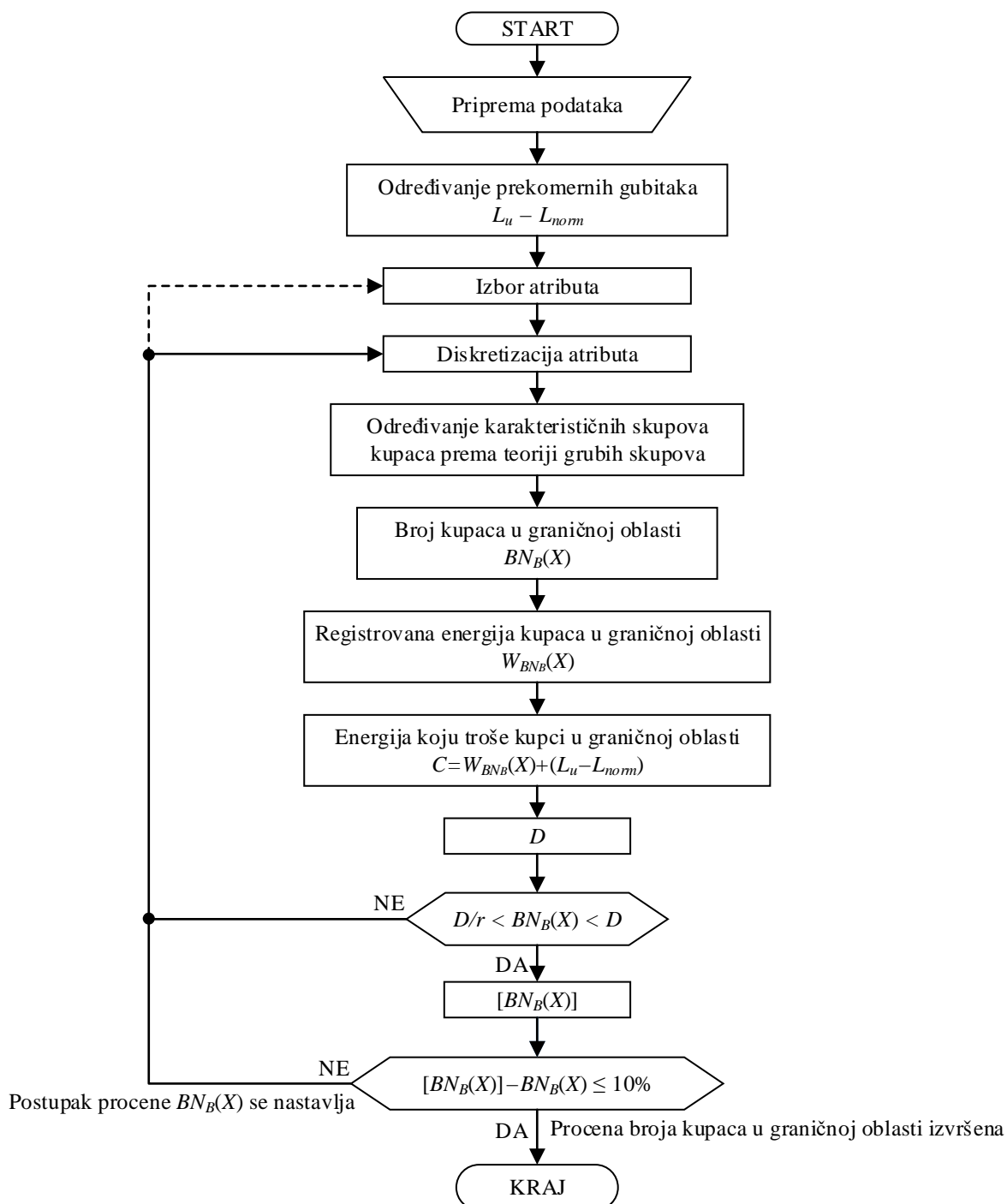
Za nađenu vrednost α , vrednost β se nalazi iz relacije (16).

Granična oblast koja se definiše teorijom grubih skupova ima smisla uz ograničenja $r \neq 1$ i $D/r < BN_B(X) < D$. Ističe se da je α samo analitički procenjena vrednost broja kupaca koji krađu. Realna vrednost dobija se samo

nakon kontrolnih pregleda kupaca na licu mesta. Predmet ovog rada je samo određivanje broja nerazlučivih kupaca $BN_B(X)$ koji potencijalno učestvuju u prekomernim gubicima energije.

PROCES PROCENE BROJA SUMNJIVIH KUPACA

Na slici 2 je predstavljena principijelna šema procesa procene broja sumnjivih kupaca u graničnoj oblasti, koji je razvijen softverom RSAPP.



Slika 2 – Šema procesa procene broja sumnjivih kupaca u graničnoj oblasti

Predstavljeni metod procene broja sumnjivih kupaca omogućava iterativni postupak ne samo delovanjem na promenu broja intervala, već i delovanjem na promenu atributa (prikazano isprekidanom linijom). Moguće su situacije da ima i više od jedne kombinacije broja atributa i broja intervala po atributima koje daju vrednosti

$BN_B(X)$ unutar kriterijuma (15). Tada treba izabrati kombinaciju čiji $BN_B(X)$ je po svojoj vrednosti najbliža vrednošću $[BN_B(X)]$. Preciznije, izbor definiše najmanja relativna greška $e(\%)$, pri čemu se $[BN_B(X)]$ smatra tačnom, a $BN_B(X)$ merenom vrednošću.

PRIMER PRIMENE

Tehničke karakteristike mreže niskog napona i energetske pretpostavke na razmatranoj oblasti su već date u četvrtom poglavlju. Koristi se 7 atributa i to četiri kontinualna i tri ordinalna. Prvi atribut je definisan sa $C_1 = W_{i,z}/W_{i,l}$, gde je $W_{i,z}$ potrošnja i -tog kupca u zimskom periodu, a $W_{i,l}$ potrošnja i -tog kupca u letnjem periodu za godinu dana. Drugi je definisan sa $C_2 = W_{i,z}/W_{z,TS}$, gde je $W_{z,TS}$ prosečna potrošnja po kupcu u zimskom periodu na nivou stanice koja napaja i -tog kupca. Treći je definisan sa $C_3 = W_{i,l}/W_{l,TS}$, gde je $W_{l,TS}$ prosečna potrošnja po kupcu u letnjem periodu na nivou stanice koja napaja i -tog kupca. Četvrti atribut C_4 je prosečna kupljena energije kupca za period od godinu dana. Peti atribut C_5 predstavlja broj faza i ima oznaku 1 (monofazni) ili 3 (trofazni). Šesti atribut C_6 predstavlja urednost plaćanja i ima oznaku DA (uredno plaćanje) ili NE (neuredno plaćanje). Sedmi atribut C_7 predstavlja urednost jednomesečnog očitavanja i ima oznaku DA (uredno očitavanje) ili NE (neuredno očitavanje).

Atribut odluke ima samo dve klase: (a) DA (kupac krade) i (b) NE (kupac ne krade). U tabeli 1 prikazani su rezultati predstavljenog metoda procene za oblast sa procenjenim ukupnim gubicima od $l_u = 11,32\%$ i procenjenim normiranim gubicima od $l_n = 5\%$. Diskretizacija kontinualnih atributa je realizovana sa 17 intervala.

TABELA 1 – PROCENA BROJA SUMNJIVIH KUPACA U GRANIČNOJ OBLASTI

| | |
|--------------------------|------------|
| W_f [kWh/god.] | 63.301.248 |
| N | 9931 |
| B | 250 |
| W_B [kWh/god.] | 1.786.877 |
| $BN_B(X)$ | 509 |
| $W_{BN_B(X)}$ [kWh/god.] | 3.147.125 |
| l_u (%) | 11,32 |
| l_n (%) | 5 |
| C [kWh/god.] | 7.895.883 |
| D | 1237 |
| $[BN_B(X)]$ | 546 |
| e [%] | -6,78 |
| r | 3,72 |
| α [kupaca] | 268 |

ZAKLJUČAK

Teorija grubih skupova je moćan matematički alat za otkrivanje krađe električne energije na osnovu analize odgovarajućeg raspoloživog informacionog sistema. Najvažnije je napraviti pravilan izbor atributa i odrediti meru njihovog broja. Attribute treba izabrati u skladu sa aktuelnim tarifnim sistemom, klimatskim uslovima i cenom drugih energenata. Sledeći korak po važnosti je diskretizacija domena atributa. U radu se predlaže nesupervizorski metod diskretizacije zasnovan na metodu jednakih učestanosti Sigurnost dobre diskretizacije obezbeđuje se *predloženom* ekspertskom procenom broja sumnjivih kupaca $BN_B(X)$ u graničnoj oblasti. Ova procena se zasniva na proceni ukupno ukradene električne energije od strane kupaca. Poenta ovog rada je da proceni veličinu skupa i odredi članove skupa koje treba prekontrolisati.

LITERATURA

1. Spirić J, 2010, „Proces izbegavanja komercijalnih gubitaka električne energije u distributivnom sistemu“, Međunarodno regionalno tematsko savetovanje „Neovlašćena potrošnja električne energije i zaštita elektroenergetskih objekata od krađe i fizičkih oštećenja“, Iriški Venac, 23. i 24. septembar, str. 121-137.

2. Spirić J, Dočić M, Stanković S, 2015, „*Fraud detection in registered electricity time series*“, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 71, pp. 42-50.
3. Singh K, Upadhyaya Sh, 2012, „*Outlier Detection: Application and Techniques*“, International Journal of Computer Science Issues, Vol. 9, Issue 1, No. 3, pp. 307-323.
4. Monedero I, Biscarri F, León C, Guerrero JI, Biscarri J, Millán R, 2012, „*Detection of frauds and other non-technical losses in a power utility using Pearson coefficient, Bayesian networks and decision trees*“, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 34, Issue 1, pp. 90-98.
5. León C, Biscarri F, Monedero I, Guerrero JI, Biscarri J, Millán R, 2011, „*Integrated expert system applied to the analysis of non-technical losses in power utilities*“, Expert Systems with Applications, Vol. 38, Issue 8, pp. 10274-10285.
6. Chandola V, Banerjee A, Kumar V, 2009, „*Anomaly Detection: A survey*“, ACM Computing Surveys (CSUR), Vol. 41, Issue 3, Article No. 15.
7. Riki M, Rezaei, 2014, „*Introduction of Rough Set Theory and Application in Data Analysis*“, Journal of Mathematics and Computer Science, Vol. 9, pp. 25-32.
8. Zhang J, Li T, Chen H, 2014, „*Composite rough sets for dynamic data mining*“, Information Sciences, Vol. 257, pp. 81-100.
9. Spirić J, Janjić A, 2006, „*Application of fuzzy logic in detection of unauthorized electricity consumption by customers with single-rate tariff meters*“, Second Regional Conference and Exhibition on Electricity Distribution, CIRED 2006, October 17-20, Zlatibor, Serbia.
10. Spirić J, Stanković S, Dočić M, Popović T, 2014, „*Using the rough set theory to detect fraud committed by electricity customers*“, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 62, pp. 727-734.
11. Chin JE, Chen BT, 2012, „*A Fuzzy System for VSI X-Bar Control Chart*“, International Journal of Engineering and Technology, Vol. 4, No. 4, pp. 427-429.
12. Slimany T, 2013, „*Application of Rough Set Theory in Data Mining*“, International Journal of Computer Science & Network Solutions, Vol. 1, No. 3, pp. 1-10.
13. Costa BC, Alberto BLA, Portela AM, Maduro W, Eler EO, 2013, „*Fraud Detection in Electric Power Distribution Networks Using an ANN-Based Knowledge-Discovery Process*“, International Journal of Artificial Intelligence & Applications, Vol. 4, No. 6, pp. 17-23.
14. Kotsiantis S, Kanellopoulos D, 2006, „*Discretization Techniques: A recent survey*“, GESTS International Transactions on Computer Science and Engineering, Vol. 32 (1), pp. 47-58.
15. Coaquira F, Acuña E, 2007, „*Applications of Rough Sets Theory in Data Preprocessing for Knowledge Discovery*“, Proceedings of World Congress on Engineering and Computer Science (WCECS) 2007, October 24-26, San Francisco, USA.
16. Garcia S, Luengo J, Sáez JA, López V, Herrera F, 2013, „*A Survey of Discretization Techniques: Taxonomy and Empirical Analysis in Supervised Learning*“, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 25, No. 4, pp. 734-750.
17. Pisciă I, Postolache P, 2010, „*Rough Set Theory and Its Applications in Electrical Power Engineering. A Survey*“, U. P. B. Sci. Bull., Series C, Vol. 72, Issue 1, pp. 211-222.