

Davorin Brkić, mag. ing. el. techn. inf.
Hrvatska energetska regulatorna agencija
dbrkic@hera.hr

dr. sc. Srđan Žutobradić
Hrvatska energetska regulatorna agencija
szutobradic@hera.hr

GRUPIRANJE OBRAČUNSKIH MJERNIH MJESTA POTROŠNJE IZ KATEGORIJE PODUZETNIŠTVO PREMA MJESEČNIM POTROŠNJAMA

SAŽETAK

Dani su rezultati promišljanja o mogućoj primjeni grupiranja obračunskih mjernih mjesta preuzimanja (dalje: OMM)¹. Prikazani su pokazatelji potrošnje za 69.352 OMM-ova preuzimanja kategorije poduzetništvo tijekom 2014., u Republici Hrvatskoj, na mjesečnoj razini i po distribucijskim područjima. Prikazana je povezanost potrošnji OMM-ova s priključnom snagom bez provedenog grupiranja. Dan je dio grupa krivulja potrošnje² kao rezultat grupiranja tih OMM-ova uz primijenjeni i prezentirani algoritam za grupiranje.

Ključne riječi: grupiranje, potrošnja, priključna snaga, opskrba električnom energijom

CLUSTERING METERING POINTS OF COMMERCIAL CONSUMERS ACCORDING TO MONTHLY CONSUMPTION

SUMMARY

Considerations about clustering metering points is given in the paper. The paper comprises statistical indicators for 69,352 consumption metering during 2014, in the Republic of Croatia, on a monthly basis. It shows the correlation between consumption of metering points with contracted power, without prior grouping. The result of grouping these metering points with applied and presented algorithm for clustering is given.

Key words: clustering, consumption, contracted power, supply

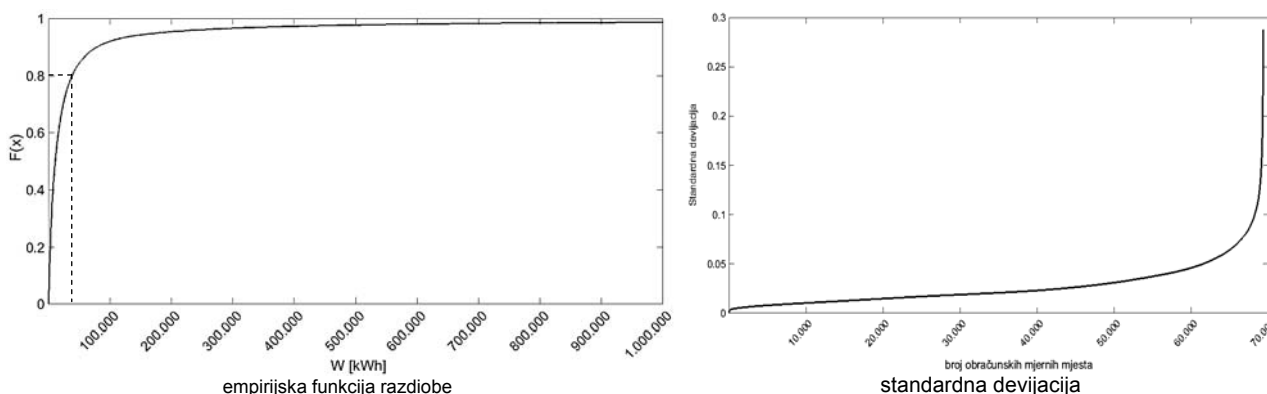
¹ obračunsko mjerno mjesto - mjesto u mreži na kojem se pomoću brojila i ostale mjerne opreme mjere parametri električne energije radi obračuna, koje je u pravilu mjesto preuzimanja i/ili predaje električne energije - prema pojmovniku iz Općih uvjeta za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom ("Narodne novine", broj 85/15) [1] - pod preuzimanjem se misli na preuzimanje iz elektroenergetske mreže što je drugim riječima potrošnja poduzetnika

² pod krivuljom se ne misli na kontinuiranu funkciju u zadanom području, nego na vremensku seriju diskretnih vrijednosti (mjesečne potrošnje)

1. SVOJSTVA UZORKA

Uzorak ne sadržava sve OMM-ove poduzetništva u Republici Hrvatskoj, nego samo one OMM-ove koji su tijekom cijele 2014. bili izvan javne usluge opskrbe³ i čija je potrošnja u svim mjesecima bila veća od 0 kWh. Dio OMM-ova nije opremljen s daljinskim očitanjem. OMM-ovi bez daljinskog očitavanja očitavaju se prema Pravilima o mjernim podacima [2]. OMM-ovi bez daljinskog očitavanja nisu uvijek očitani od neposrednog početka mjeseca do neposrednog kraja, dok se za dio OMM-ova u slučaju nemogućnosti pristupa OMM-u potrošnja procjenjuje. Iznosi mjesečnih potrošnji predstavljaju iskazanu i fakturiranu električnu energiju krajnjim kupcima⁴ za te OMM-ove.

Na Slici 1. prikazana je empirijska funkcija razdiobe⁵ godišnjih potrošnji OMM-ova $F(W)$ (1) i iznosi standardne devijacije od najmanje prema najvećoj. Iz lijevog prikaza na Slici 1. slijedi kako 80 % OMM-ova u uzorku ima manju godišnju potrošnju od oko 40.000 kWh, odnosno da je vjerojatnost 80 % da će slučajno odabrani OMM iz uzorka imati godišnju potrošnju manju od 40.000 kWh. Na desnoj strani Slike 1. prikazana je standardna devijacija s izračunata prema (2) poredana od najmanje do najveće, s obzirom da je taj parametar korišten u grupiranju na način kako je to kasnije objašnjeno, zbog povezanosti standardne devijacije s oblikom krivulje. Veća standardna devijacija povlači veća odstupanja mjesečnih vrijednosti od prosječne mjesečne vrijednosti što je vidljivo iz (2).



Slika 1. Empirijska funkcija razdiobe mjesečnih potrošnji u uzorku i iznosi standardnih devijacija obračunskih mjernih mjesta poredani od najmanje do najveće

$$F(W) = \frac{1}{69.352} \cdot \sum_{i=1}^{69.352} I_{W_i \leq W} \quad (1)$$

gdje su:

$I_{W_i \leq W}$ indikacijska varijabla koja je jednaka 1 kada je iznos potrošnje OMM-a i W_i manji ili jednak od iznosa potrošnje W , a inače je jednaka nuli.

$$s = \left(\frac{1}{11} \cdot \sum_{i=1}^{12} (W_i - \bar{W})^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad \bar{W} = \frac{1}{12} \cdot \sum_{i=1}^{12} W_i \quad (2)$$

gdje su:

s standardna devijacija,
 W_i iznos normirane krivulje OMM-a u mjesecu i .

Na Slici 2. dani su grafički i tablični prikazi pokazatelja potrošnje po distribucijskim područjima. Vidljivo je da za distribucijsko područje Slavonski Brod vrijedi sljedeće: razmatrano je 2.218 OMM-a; njihova godišnja je 128,6 GWh; udio 3,2 % u broju OMM-ova u uzorku; udio 2,38 % u potrošnji električne energije u uzorku; OMM-ovi najmanje troše tijekom toplijeg dijela godine (od travnja do rujna - vidljivo iz vrijednosti agregiranih normiranih krivulja po kupcu).

³ univerzalna i zajamčena opskrba električnom energijom koju je u trenutku pisanja rada obavljao operator distribucijskog sustava - prema [1]

⁴ krajnji kupac – kupac koji kupuje električnu energiju za vlastito korištenje - prema [1]

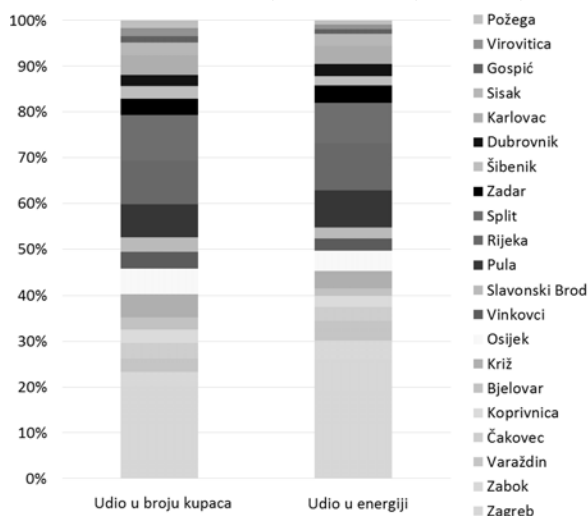
⁵ prikaz nastao korištenjem funkcije "ecdf" u Matlabu

Pod normiranom krivuljom unutar rada misli se na iznose potrošnje OMM-ova na mjesečnoj rezoluciji u jednoj godini, koji su dobiveni na način da je potrošnja u svakom mjesecu podijeljena s godišnjom potrošnjom tog obračunskog mjernog mjesta u toj godini. Zbroj svih mjesečnih iznosa u jednoj normiranoj krivulji svakog OMM-a dobivenih na taj način jednak je jedan. Agregirana normirana krivulja po kupcu dobije se tako da se za pojedini mjesec zbroje mjesečne vrijednosti normirane krivulje u tom mjesecu i distribucijskom području te podijele s brojem kupaca u tom distribucijskom području. Kada se ne bi primjenjivala normirana krivulja opterećenja, krivulje jednakog oblika i različite godišnje potrošnje ne bi se mogle svrstati u istu grupu prema odabranom algoritmu za grupiranje. Pri izračunu mjesečnih prosjeka bez normiranja, OMM-ovi s većom potrošnjom imali bi veći utjecaj na te iznose, od OMM-ova s manjom potrošnjom.

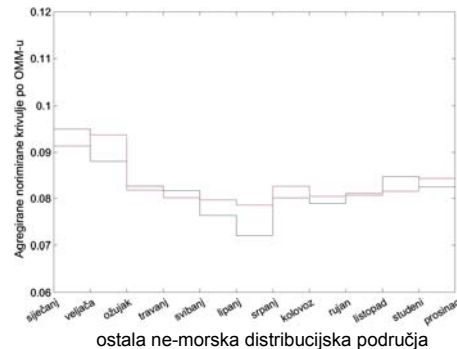
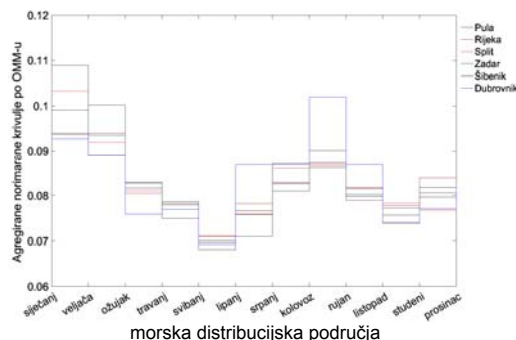
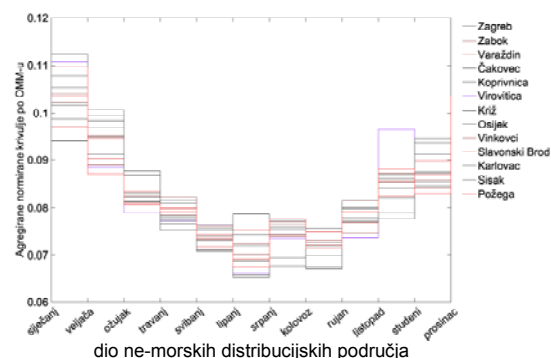
Na Slici 2. prikazani su procjeci normiranih krivulja po distribucijskim područjima po OMM-ovima.

Distribucijsko područje	Broj OMM u uzorku	Energija kWh	Energija po OMM kWh/OMM	Udio u broju OMM %	Udio u energiji %
Zagreb	13.973	1.394.709.411	99.815	20,15%	25,84%
Zabok	2.162	234.065.403	108.263	3,12%	4,34%
Varaždin	2.041	231.017.422	113.188	2,94%	4,28%
Čakovec	2.386	166.168.078	69.643	3,44%	3,08%
Koprivnica	2.057	125.839.004	61.176	2,97%	2,33%
Bjelovar	1.852	92.372.632	49.877	2,67%	1,71%
Križ	3.463	194.800.498	56.252	4,99%	3,61%
Osijek	3.790	241.954.337	63.840	5,46%	4,48%
Vinkovci	2.525	142.980.641	56.626	3,64%	2,65%
Slavonski Brod	2.218	128.453.410	57.914	3,20%	2,38%
Pula	4.978	442.744.151	88.940	7,18%	8,20%
Rijeka	6.624	553.041.542	83.491	9,55%	10,25%
Split	6.920	480.278.214	69.404	9,98%	8,90%
Zadar	2.461	204.621.801	83.146	3,55%	3,79%
Šibenik	1.997	110.476.138	55.321	2,88%	2,05%
Dubrovnik	1.654	139.533.546	84.361	2,38%	2,58%
Karlovac	2.935	213.071.597	72.597	4,23%	3,95%
Sisak	1.953	145.289.731	74.393	2,82%	2,69%
Gospić	988	54.690.731	55.355	1,42%	1,01%
Virovitica	1.263	55.942.440	44.293	1,82%	1,04%
Požega	1.112	45.910.800	41.287	1,60%	0,85%
Ukupno	69.352	5.397.961.527	-	100%	100%

tablični prikaz osnovnih svojstva po distribucijskim područjima



grafički prikaz dijela osnovnih svojstva po distribucijskim područjima

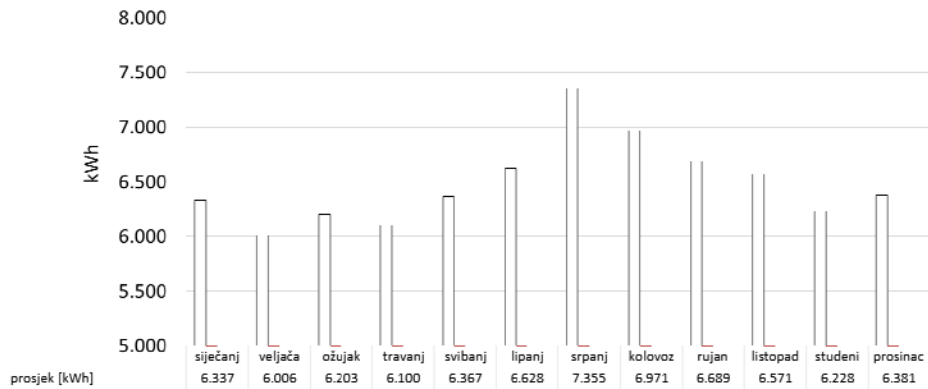


Slika 2. Grafički i tablični prikaz svojstva - uzorak sadrži OMM-ove koji su imali u svim mjesecima iznos potrošnje veći od nule⁶

Na Slici 3. prikazane su prosječne mjesečne potrošnje po mjesecima na razini uzorka. Vidljivo je da je najveća prosječna potrošnja OMM-ova u uzorku bila u srpnju i iznosila je 7.355 kWh/OMM-u.

Više informacija o karakteristikama potrošnje OMM-ova u proteklim razdobljima prezentirana je i može se pronaći u godišnjim izvješćima Hrvatske energetske regulatorne agencije [3].

⁶ Funkcija u Mathlabu "stairs" iako preuzima 12 vrijednosti svake krivulje crta samo prvih 11 vrijednosti



Slika 3. Iznosi na razini uzorka

2. PRIKLJUČNA SNAGA KAO KRITERIJ ZA GRUPIRANJE

Povezanost priključne snage i potrošnje OMM-ova u uzorku može se kvantificirati putem koeficijenta linearne korelacije, ukoliko se pretpostavi linearna povezanost. Povezanost iznosa priključne snage i potrošnje električne energije prema kriteriju koeficijenta linearne korelacije nije značajna ($R^2 < 0,5$) kada se OMM-ovi razmatraju istodobno. Jača povezanost mogla bi se pronaći u grupama OMM-ova, s OMM-ovima koji bi bili grupirani prema dodatnim parametrima (lokacija, tip djelatnosti, aktivnost, godišnja potrošnja) i uz provjeru pretpostavke o linearnoj povezanosti. Jednadžbe koje povezuju priključnu snagu kao i R^2 (3) dobiveni su prema ugrađenim funkcijama u Excelu.

$$W_{\max} = 182 \cdot P + 926, \quad R_{W_{\max}}^2 = 0,48$$

$$W_{\text{god}} = 1.465 \cdot P + 1.145, \quad R_{\text{god}}^2 = 0,46, \quad R_j = \frac{\sum_{i=1}^{69.352} W_i P_i - 69.352 \bar{W} \bar{P}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{69.352} W_i^2 - 69.352 \bar{W}^2 \right) \left(\sum_{i=1}^{69.352} P_i^2 - 69.352 \bar{P}^2 \right)}}, \quad -1 \leq R_j \leq 1 \quad (3)$$

gdje su:

- W_{\max} maksimalna mjesečna potrošnja obračunskog mjernog mjesta [kWh],
- W_{god} godišnja potrošnja obračunskog mjernog mjesta [kWh],
- P priključna snaga obračunskog mjernog mjesta [kW],
- $R_{W_{\max}}$ koeficijent linearne korelacije jednadžbe za W_{\max} ,
- R_{god} koeficijent linearne korelacije jednadžbe za W_{god} ,
- \bar{P} prosječna vrijednost priključnih snaga [kW],
- \bar{W} prosječna vrijednost potrošnji [kWh].

3. GRUPIRANJE

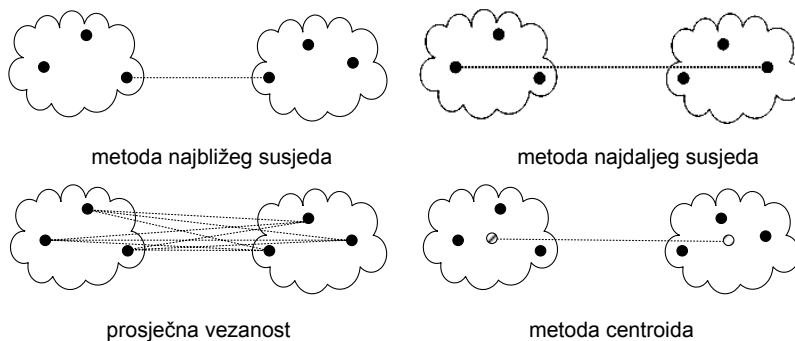
3.1. Algoritam

Istovremeno grupiranje putem odabranog algoritma za 69.352 obračunska mjerna mjesta uz opis algoritma koji slijedi, pokazalo se kao dugotrajan proces, prema izrađenom algoritmu za potrebe ovoga rada u Matlab-u i prema performansama konkretnog računala (procesor 2,5 GHz, 4 GB radne memorije).

Implementirani algoritam za grupiranje odabran je nakon analize matematički opisanih i primijenjenih metoda grupiranja (*engl. clustering*) na primjeru iz prakse [4].

U algoritmima grupiranja iz [4] za sve kombinacije normiranih krivulja i grupa, grupa ili krivulja međusobno, treba se računati odabrani kriterij. Nakon što su kriteriji za sve kombinacije izračunati pridružuju se one grupe, ili krivulje s grupama, ili krivulje međusobno, za slučaj gdje je taj kriterij najpovoljniji. Nakon toga se postupak ponavlja dok ne ostane samo jedna grupa.

Nakon prve iteracije postoji jedna grupa koja sadržava dvije krivulje, dok je kasnije broj grupa koje sadržavaju više normiranih krivulja opterećenja veći te je nakon prve iteracije potrebno odabrati kriterij za povezivanje između grupa i krivulja, ili između grupa ili krivulja međusobno. U [4] su opisana i primijenjena četiri različita kriterija za povezivanje, koja su i grafički prikazana na Slici 4. preuzetoj iz [4].



Slika 4 Grafički orijentirane definicije udaljenosti grupa ili krivulja [4]

Odabrana je metoda centroida prema kojoj se promatra udaljenost između centroida grupa $d(\mathbf{C}_r, \mathbf{C}_s)$ koja se računa iz (4), dok se centroid grupe \mathbf{C}_r računa prema (5). Metoda centroida odabrana je prema kriteriju jednostavnosti u implementaciji.

$$d(\mathbf{C}_r, \mathbf{C}_s) = \sum_{j=1}^{12} |c_{rj} - c_{sj}| \quad (4)$$

gdje su:

c_{rj} iznos centroida r , u mjesecu j ,
 c_{sj} iznos centroida s , u mjesecu j .

$$\mathbf{C}_r = \frac{1}{n_r} \sum_{i=1}^{n_r} \mathbf{W}_{ri} \quad (5)$$

gdje su:

\mathbf{W}_{ri} vektor i -te normirane krivulje u grupi centroida \mathbf{C}_r ,
 n_r broj normiranih krivulja u grupi centroida \mathbf{C}_r .

Zbog dugotrajnosti istovremenog grupiranja svih OMM-ova, odabran je modificirani postupak kojim će se opisani algoritam primijeniti na način opisan kroz sljedeće korake: (i) potrošnje obračunskih mjernih mjesta normirane su na način da je ukupna godišnja potrošnja obračunskog mjernog mjesta jednaka jedan, (ii) za svako obračunsko mjerno mjesto izračunata je standardna devijacija, (iii) obračunska mjerna mjesta poredana su od najmanje do najveće standardne devijacije, (iv) obračunska mjerna mjesta podijeljena u grupe od 1.000 članova, prema redoslijedu od OMM-ova s najmanjom do OMM-ova s najvećom standardnom devijacijom, (v) odabrani algoritam se primjenjuje odvojeno za svaku grupu od 1.000 članova, (vi) rezultati grupiranja se pohranjuju na radni disk, (vii) nakon završetka svakog grupiranja odabiru se najbolje grupe prema kriteriju broja članova u grupama i prema odstupanju članova od prethodno definiranog centroida.

Kada se OMM-ovi podjele u jednake grupe s bliskim standardnim devijacijama, broj krivulja u prostoru za grupiranje se smanjuje što čini algoritam bržim. U takvim grupama očekuje se da su krivulje međusobno sličnije, u odnosu na sličnost krivulja u tim grupama s krivuljama u ostalim grupama.

Drugačiji rezultati bi se očekivano postigli kada bi se istovremeno stvarale grupe (*engl. klusters*) za sve OMM-ove istovremeno. Također, kvaliteta grupiranja očekivano ovisi i o odabiru metode za grupiranje. Postoje i metode s drugačijim konceptima koje bi se mogle razmotriti, na primjer metoda K-prosjeka (*engl. K-means*). U [5] je opisano više metoda grupiranja pa i metoda K-prosjeka.

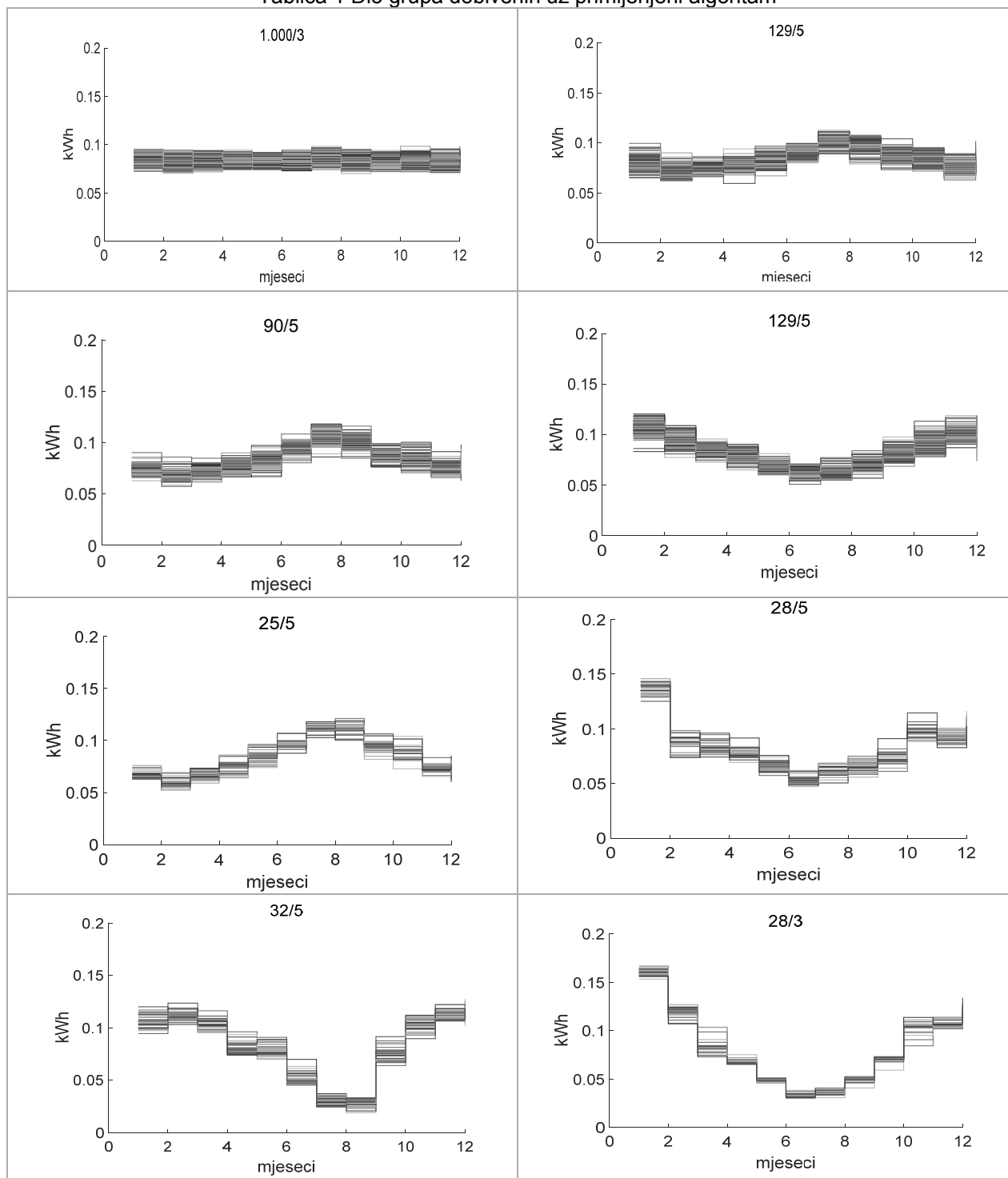
Grupiranje prije primjene algoritma bi se moglo provesti kada bi se umjesto standardne devijacije koristio drugačiji parametar, nakon čega bi se mogla usporediti sličnost krivulja u grupama u tom slučaju.

Grupiranje prije primjene algoritma bi se moglo provesti na razini OMM-ova prema kriteriju pripadnosti distribucijskom području.

3.2. Prikaz rezultata grupiranja

Dio rezultata primjene grupiranja unutar ovoga rada grafički prikazuje Tablica 1. Oznake pri vrhu pojedinih prikaza označava broj krivulja u grupi i postotno odstupanje tih krivulja od centroida (5). U grupi gdje piše 224/4 znači da se unutar grupe nalaze se 224 krivulje od 1.000 u domeni grupiranja, dok 4 znači da je postotno odstupanje od centroida (5) u iznosu 4%.

Tablica 1 Dio grupa dobivenih uz primijenjeni algoritam



4. MOGUĆE PRIMJENE GRUPIRANJA OMM-OVA PREMA MJESEČNOJ POTROŠNJI

Za neke primjene grupiranja u praksi moglo bi se reći da je potrebno raspolagati s informacijama o konkretnim OMM-ovima. Te informacije mogu biti primjerice informacije o razvoju turističke djelatnosti, informacije o tipu djelatnosti koja se obavlja na OMM-u, načinu grijanja ili hlađenja, tipu i količini proizvoda u izdanim računima i dr., a za što je nužno voditi baze podataka. Vođenje baze podataka zahtijeva informatičku infrastrukturu, dosljednost i ustrajnost. Možda bi ti podaci u bazama podataka morali biti klasificirani kao tajni podaci. U trenutku kada se počne s razvojem za neku od primjena, poželjno bi bilo raspolagati s tim podacima, umjesto da se s prikupljanjem krene u trenutku odluke o početku razvoja. Prikupljanje podataka na početku razvoja moglo bi dovesti do nemogućnosti određivanja povijesnih podataka, a i vremenskog kašnjenja zbog samog procesa prikupljanja što može predstavljati objektivno ograničenje za razvoj.

Grupiranje bi možda moglo pronaći primjenu u odabiru grupa za istraživanje krivulja opterećenja OMM-ova poduzetništva, kada se takvo istraživanje provodi pri određivanju nadomjesnih krivulja opterećenja za odabrane grupe iz mjerenja njihovih krivulja, na razini vremenskih intervala za koje se određuje krivulja. Povezano s prethodno navedenim, možda bi primjenu moglo pronaći u svrstavanju OMM-ova za koje ne postoje izmjerene krivulje u grupe za koje su određene pojedine nadomjesne krivulje opterećenja. Trenutačno se prema [6] i [7] nadomjesne krivulje opterećenja koriste za potrebe izračuna ostvarenja, onog dijela OMM-ova kojima se ne mjeri ostvarenje u obračunskim intervalima za potrebe rada tržišta električne energije. Nadomjesne krivulje opterećenja se koriste posredno za potrebe obračuna odstupanja⁷ bilančnim grupama⁸.

S obzirom da je potrošnju velikog broja OMM-ova potrošnje na satnoj razini trenutačno opravdano prognozirati za potrebe rada tržišta korištenjem stohastičkih zakonitosti, grupiranje putem mjesečnih potrošnji bi možda moglo pronaći primjenu u tom području. Srodno grupiranju temeljem mjesečnih potrošnji. U [8] je dan primjer grupiranja potrošnji za dnevnu razinu na satnoj rezoluciji temeljem pet parametara, nakon čega se određuje o kakvom se tipu potrošača (očekivani oblik satne krivulje) radi. U [9] je dan pregled pet metoda za kratkoročno planiranje potrošnje električne energije.

S obzirom da se prilikom planiranja može pretpostaviti da tijekom pojedinih mjeseci neće biti jednake očekivane cijene na veleprodajnom tržištu električne energije, grupiranje bi se možda moglo koristiti kao jedan od ulaznih podataka u slučaju kada opskrbljivač formira ponudu za krajnjeg kupca konkretnog OMM-a potrošnje, odnosno kada procjenjuje svoju tržišnu marginu, uz ostale kriterije. Naime, ukoliko je potrošnja OMM-a veća u mjesecima kada se očekuju veće cijene, troškovi nabave su možda u tome slučaju veći, što možda može imati utjecaj na ponudu krajnjem kupcu. Povezano s prethodno navedenim, u [10] je dana metodologija za način procjene tržišne margine opskrbljivača na razini pojedine države (*engl. mark-up*).

Grupiranje bi možda moglo pronaći primjenu pri planiranju ili razmatranju mogućnosti priključenja novih OMM-a potrošnje na izvodima u distribucijskim mrežama. Moglo bi se možda pokazati da se vršno opterećenje izvoda na koji su priključeni OMM-ovi poduzetnika, zajedno s ostalim OMM-ovima na izvodu, može bolje procijeniti koristeći očekivane oblike mjesečnih krivulja potrošnje i očekivane potrošnje pojedinih grupa OMM-ova poduzetnika. U tom slučaju potrebno je promisliti o tome ima li smisla te podatke koristiti za tu svrhu. Ukoliko ima, tada bi trebalo razmotriti dosljednost oblika krivulje tijekom više godina. Takav pristup možda bi se mogao primijeniti pri analizi elektroenergetske mreže iz koje se napajaju radijalni izvodi u fazi planiranja, ili tijekom analize mogućnosti priključenja novih OMM-ova potrošnje ili proizvodnje. Jedan od načina izračuna vršnog opterećenja OMM-ova potrošnje pomoću godišnjih potrošnji dan je u [11].

Poteškoće za početak razvoja u nekom od područja mogu biti uzrokovane zbog prijenosa podataka, nedostupnosti podataka, zbog vremena izvođenja pojedinih algoritama, zbog tajnosti podataka, nedovoljne koristi za društvo (*engl. social welfare*), zbog nedovoljne koristi iz primjene s obzirom na uloženo onih koji za svoje potrebe mogu ulagati u razvoj te možda zbog nezainteresiranosti znanstvene ili stručne zajednice.

⁷ odstupanje – razlika između ostvarenja i iznosa u ugovornom rasporedu bilančne grupe - prema [12]

⁸ bilančna grupa – grupa koju čini jedan ili više sudionika na tržištu električne energije za čije je odstupanje odgovoran voditelj bilančne grupe - prema [12]

S razvojem bi se možda trebalo početi, ukoliko se pronađu dovoljno dobra rješenja za uočene probleme na putu prema željenom cilju, i ukoliko se pronađe dovoljno dobra svrha za očekivani rezultat razvoja, uvažavajući analizu koristi i troškova (*engl. cost benefit analysis*).

5. ZAKLJUČAK

Grupiranje se pokazalo kao dugotrajan proces uz opisani algoritam, korištenjem konkretnog programskog paketa i na konkretnom računalu. Možda bi trebalo provjeriti učinkovitost drugačijih metoda za grupiranje.

Pokazano je da ne postoji jaka linearna korelacija između godišnje ili maksimalne mjesečne potrošnje s priključnom snagom u slučaju kada se istovremeno promatraju sva OMM-a u uzorku bez prethodnog grupiranja. Ipak, možda ne bi trebalo zanemariti priključnu snagu kao kriterij za grupiranje.

Pokazano je da se prema obliku normirane krivulje opterećenja distribucijska područja mogu podijeliti na ne-morska i morska distribucijska područja. Razlog tome vjerojatno leži u činjenici da je veći broj poduzetnika aktivniji tijekom ljeta u distribucijskim područjima uz more, pa je i normirana krivulja opterećenja veća u tom dijelu godine. Suprotno vrijedi za ne-morska distribucijska područja. Prethodno navedeno vidljivo je na Slici 2.

Nije dokazan potencijal primjene grupiranja krivulja potrošnji na mjesečnoj razini u praksi te se može istražiti potencijal za moguće primjenu.

4. LITERATURA

- [1] Opći uvjeti za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom ("Narodne novine", broj 85/15)
- [2] Pravila o mjernim podacima, HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o., 2008.
- [3] Godišnja izvješća Hrvatske energetske regulatorne agencije https://www.hera.hr/hr/html/god_izv.html
- [4] Lahorko Wagmann, "Stohastički proračun strujnih harmonika u razdjelnim mrežama", doktorska disertacija, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2010.
- [5] Pang-Ning Tan, Michael Steinbach, Introduction to Data Mining, Chapter 8
- [6] Pravila primjene nadomjesnih krivulja opterećenja, HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o., 2011.
- [7] Pravila o uravnoteženju elektroenergetskog sustava ("Narodne novine", broj 133/06 i 135/11)
- [8] Frank A. Monforte, Short - Term Forecasting in Retail Energy Markets, Itron Inc, 2006.
- [9] Ibrahim Moghram, Saifur Rahman, Analysis and evaluation of five short-term load forecasting techniques, IEEE on Transactions on Power Systems, Vol. 4., No. 4, listopad 1989.
- [10] ACER/CEER Annual Report on the Results of Monitoring the Internal Electricity and Natural Gas Markets in 2013., Annex 1: Methodology to calculate mark-ups in gas and electricity retail markets, 2013.
- [11] Ernest Mihalek, "Niskonaponske distribucijske mreže - Uvod u planiranje i zaštitu", Zagreb, 2014.
- [12] Zakon o tržištu električne energije ("Narodne novine", broj 22/13 i 102/15)